

PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)

**Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación
de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la
cuenca del río Corrientes**

Preparado para:



Elaborado por:



Av. La Paz N° 1381, Miraflores, Lima – Perú
RPM: #943903565, Tel. 255-8500 / 986664361
proyectos@jci.com.pe, www.jci.com.pe

PY-1801

**Julio, 2019
LIMA-PERÚ**

ÍNDICE GENERAL

ACRÓNIMOS.....	21
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	24
INTRODUCCIÓN	34
1. DATOS GENERALES.....	35
1.1 Nombre y/o Razón Social del responsable que presenta el Plan de Rehabilitación.....	35
1.2 Nombre y firma del representante legal (en su caso).	35
1.3 Domicilio para recibir notificaciones.	35
1.4 Datos de las empresas (consultoras, laboratorios, etc.) que intervinieron en la elaboración del Plan de Rehabilitación.....	35
2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	37
2.1 Ubicación.....	37
2.2 Descripción de las condiciones ambientales: geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de suelo y cobertura vegetal entre otras.	39
2.2.1 Geología.....	39
2.2.2 Hidrogeología	41
2.2.3 Hidrología	47
2.2.4 Topografía	50
2.2.5 Climáticas.....	51
2.2.6 Suelos	51
2.2.7 Geomorfología.....	52
2.2.8 Cobertura vegetal.....	52
2.3 Grupos de interés (actores sociales y claves).	53
3. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO IMPACTADO.....	73
3.1 Antecedentes históricos del sitio impactado por las actividades de hidrocarburos (incluye todos los documentos ambientales).	73
3.1.1 Investigación histórica	74
3.2 Uso actual del área.....	84
3.3 Características del entorno: fuentes asociados a las actividades de hidrocarburos, focos, vías de propagación, otros aspectos relevantes del entorno de los sitios impactados y el listado de residuos existentes (entiéndase equipos obsoletos, restos de equipos o tuberías y similares).	85
3.3.1 Fuentes potenciales de contaminación en el entorno.....	85
3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno.....	87
3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio	87
3.3.4 Focos de potencial contaminación dentro del sitio	87

3.3.5	Vías de propagación.....	89
3.4	Fuentes de contaminación asociadas a fugas, derrames visibles, zonas de tanques de combustibles, insumos químicos, pozos, tuberías, pozas de lodos petroleros áreas de almacenamiento de sustancias, residuos y otras fuentes, productos de las actividades de hidrocarburos; e identificación de aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.....	90
3.5	Método para la caracterización del sitio impactado:	91
3.5.1	Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance.	91
3.5.2	Descripción del trabajo en campo.	96
3.5.3	Materiales y aspectos logísticos.	107
3.5.4	Custodia y procedimientos de aseguramiento de la calidad de los resultados, aplicando las guías, protocolos emitidos por las autoridades respectivas.	108
3.6	Descripción de los resultados de campo y de laboratorio.	111
3.6.1	Resultados de campo (época húmeda).....	111
3.6.2	Resultados de campo (época seca)	128
3.6.3	Resultados de laboratorio.....	135
3.7	Interpretación de los resultados.....	144
3.7.1	Suelos	144
3.7.2	Agua superficial	157
3.7.3	Sedimentos	158
3.7.4	Geofísica	158
3.7.5	Agua subterránea	162
3.7.6	Componente flora y fauna	162
3.7.7	Hidrobiología	171
3.8	Delimitación del sitio impactado (técnico y topográfico) y estimación de áreas y volúmenes.	183
3.9	Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:	187
3.9.1	Fuentes de los contaminantes.....	191
3.9.2	Potenciales receptores de la contaminación.	191
3.9.3	Potenciales rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte).	193
3.9.4	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.	195
3.9.5	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	195
3.9.6	Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados.	195
3.9.7	Resultados de campo.....	196
3.10	Interpretación de los resultados.....	201
3.10.1	Determinación de los contaminantes.....	207

3.10.2	Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.	207
3.11	Base de información en el sistema informático respectivo.	208
4.	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS Y/O RIESGOS PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LA PERSONA	210
4.1	Definición del problema. Para los contaminantes identificados se debe evaluar:.....	213
4.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	241
4.2.1	Determinación de los Contaminantes de Preocupación (CP).....	241
4.2.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	259
4.3	Evaluación de la toxicidad de los CP.....	262
4.3.1	Toxicidad para seres humanos.....	262
4.3.2	Toxicidad para receptores ecológicos.	263
4.4	Evaluación de la exposición.	279
4.5	Rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte) de los contaminantes asociados a las actividades de hidrocarburos.	287
4.6	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.	290
4.7	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	292
4.8	Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.....	293
4.9	Factores culturales y sociales.....	295
4.10	Análisis de Riesgo en el Ambiente y la Salud de las personas según Guía de Evaluación de Riesgos para la Salud y el Ambiente (ERSA) de MINAM.	314
4.11	Análisis de incertidumbres incluyendo los aspectos relacionados de los costos estimados.	372
4.12	Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos).	380
4.13	Conclusiones y recomendaciones.	383
5.	ACCIONES DE REMEDIACIÓN Y REHABILITACIÓN	388
5.1	Objetivos generales y específicos de la rehabilitación del sitio considerando los resultados del ERSA y factores socioculturales de las poblaciones locales.....	388
5.2	Justificación.	388
5.3	Propuesta de uso futuro del sitio impactado, en función de las consideraciones técnicas posibles y la vocación del suelo intrínsecamente, incluyendo el uso actual y el proyectado.	388
5.4	Alcance de la rehabilitación.	391
5.5	Descripción y análisis de las alternativas de remediación.	392
5.5.1	Descripción de las alternativas de remediación.....	392

5.5.2	Análisis de alternativas de remediación en base a una matriz de selección de tecnologías con criterios económicos ambientales y sociales incluyendo si al aplicarla requiere transportar equipos y demás aspectos claves para su puesta en marcha.	406
5.5.3	Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto similares.....	416
5.5.4	Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.....	428
5.5.5	Propuesta seleccionada de acciones de remediación.....	432
5.5.6	Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.....	432
5.5.7	Lista de alternativa de remediación aplicable.....	437
5.6	Planificación detallada de la alternativa seleccionada.....	437
5.6.1	Superficie y volumen a remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.	437
5.6.2	Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.	442
5.6.3	Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.	445
5.6.4	Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.	446
5.6.5	Descripción de los residuos y/o emisiones.....	451
5.7	Plan de Manejo Ambiental.....	453
5.7.1	Permisos ambientales	453
5.7.2	Identificación de impactos ambientales	453
5.7.3	Medidas de manejo ambiental.....	457
5.7.4	Programa de manejo de instalaciones auxiliares	458
5.7.5	Programa de manejo de paisaje visual.....	458
5.7.6	Programa de manejo de ruido ambiental y calidad de aire.....	459
5.7.7	Programa de manejo del recurso suelo.....	459
5.7.8	Programa de manejo del recurso hídrico.....	460
5.7.9	Programa de manejo de flora y fauna terrestre	460
5.7.10	Programa de manejo de sustancias o materiales peligrosos.....	461
5.7.11	Programa de relaciones comunitarias	462
5.7.12	Plan de contingencias y emergencias	462
5.8	Plan de Manejo de Residuos.....	462
5.8.1	Residuos sólidos	463
5.8.2	Aguas residuales (residuos líquidos).....	467
5.9	Plan de control y monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación.	468
5.9.1	Programa de monitoreo de la calidad de aire y ruido	468
5.9.2	Programa de monitoreo de emisiones.....	469

5.9.3	Plan de monitoreo de calidad de agua superficial y sedimentos	470
5.9.4	Programa de monitoreo de la revegetación.....	471
5.10	Plan de Muestreo de comprobación o verificación.	471
5.11	Cronograma y presupuesto de las actividades de remediación y rehabilitación ambiental, incluyendo las especificaciones técnicas, costos y actividades de ejecución de obra.	474
5.12	Plan de monitoreo post ejecución de obra.	481
5.13	Matriz de beneficios de los impactos sociales.....	482
5.14	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en el proceso de elaboración a las poblaciones locales.	484

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2-1	Distribución de los sitios impactados por sectores	37
Cuadro 2-2	Acceso al sitio S0112 (Sitio 35).....	37
Cuadro 2-3	Características generales de la cuenca del río Corrientes	48
Cuadro 2-4	Precipitación media mensual (mm) (2000-2006).....	48
Cuadro 2-5	Ficha social de relevamiento.....	53
Cuadro 2-6	Ficha de observación participante.....	54
Cuadro 2-7	Ficha de percepciones	55
Cuadro 2-8	Entrevistas en comunidades	55
Cuadro 2-9	Distancia del sitio S0112 (Sitio 35) a la CN José Olaya.....	56
Cuadro 2-10	Población de la CN José Olaya.....	56
Cuadro 2-11	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	59
Cuadro 2-12	Pesca para consumo humano	63
Cuadro 2-13	Morbilidad en la CN José Olaya.....	65
Cuadro 2-14	Reconocimiento y Titulación de la CN José Olaya.....	67
Cuadro 3-1	Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio impactado	73
Cuadro 3-2	Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0112 (Sitio 35)	83
Cuadro 3-3	Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0112 (Sitio 35)	83
Cuadro 3-4	Fuentes potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0112 (Sitio 35)	86
Cuadro 3-5	Focos potenciales de contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35).....	88
Cuadro 3-6	Vías de propagación de contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35).....	89
Cuadro 3-7	Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: época húmeda	93

Cuadro 3-8	Cálculo del número de sondeos total	94
Cuadro 3-9	Sondeos complementarios	94
Cuadro 3-10	Rango de lecturas de COV's	98
Cuadro 3-11	Ubicación de sondeos manuales	112
Cuadro 3-12	Ubicación de los puntos de muestreo y código de muestra enviada al laboratorio	113
Cuadro 3-13	Ubicación de los sondeos con equipo	114
Cuadro 3-14	Ubicación de las muestras duplicadas	115
Cuadro 3-15	Ubicación de los puntos de muestreo sedimentos	116
Cuadro 3-16	Caudales aforados en el sitio S0112 (Sitio 35) (época húmeda y seca)	116
Cuadro 3-17	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	119
Cuadro 3-18	Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)	119
Cuadro 3-19	Características técnicas de la instalación de los piezómetros	121
Cuadro 3-20	Medición del nivel freático	121
Cuadro 3-21	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	123
Cuadro 3-22	Ubicación puntos de muestreo de flora y fauna	123
Cuadro 3-23	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	125
Cuadro 3-24	Ubicación de estaciones de muestreo de peces	127
Cuadro 3-25	Ubicación de sondeos manuales (complementarios)	128
Cuadro 3-26	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	129
Cuadro 3-27	Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos	130
Cuadro 3-28	Variación del nivel freático	130
Cuadro 3-29	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	131
Cuadro 3-30	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	132
Cuadro 3-31	Ubicación de estaciones de muestreo de peces	134
Cuadro 3-32	Resumen de la normativa utilizada para evaluación de resultados	135
Cuadro 3-33	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)	137
Cuadro 3-34	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época seca)	139
Cuadro 3-35	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época húmeda)	139
Cuadro 3-36	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época seca)	140
Cuadro 3-37	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época húmeda)	140
Cuadro 3-38	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época seca)	141

Cuadro 3-39	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época húmeda).....	141
Cuadro 3-40	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época seca)	142
Cuadro 3-41	Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época húmeda)	142
Cuadro 3-42	Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época seca)	142
Cuadro 3-43	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola	143
Cuadro 3-44	Análisis de los niveles de fondo	145
Cuadro 3-45	Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas (S0112 (Sitio 35)).....	154
Cuadro 3-46	Resultados de Bario para el sitio 112 (Sitio 35)	155
Cuadro 3-47	Concentraciones de TCLP – Temporada húmeda	156
Cuadro 3-48	Concentraciones de MEH	156
Cuadro 3-49	Lista de especies de flora registrada con uso potencial.....	164
Cuadro 3-50	Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio	167
Cuadro 3-51	Lista de especies de fauna registrada con uso potencial.....	169
Cuadro 3-52	Índice de ocurrencia e índice de actividad de Boddicker para mamíferos ..	171
Cuadro 3-53	Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo.....	172
Cuadro 3-54	Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo	172
Cuadro 3-55	Número de especies, individuos e índices de diversidad de fitoplancton....	173
Cuadro 3-56	Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo.....	173
Cuadro 3-57	Abundancia del zooplancton por estación de monitoreo.....	174
Cuadro 3-58	Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton...	175
Cuadro 3-59	Número de especies de perifiton por estación de monitoreo	175
Cuadro 3-60	Abundancia del perifiton por estación de monitoreo	176
Cuadro 3-61	Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton	177
Cuadro 3-62	Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por orden	177
Cuadro 3-63	Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo	178
Cuadro 3-64	Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos	178
Cuadro 3-65	Lista de especies de peces en época húmeda y época seca	179
Cuadro 3-66	Número de especies de peces por orden taxonómico	180
Cuadro 3-67	Abundancia de especies de peces por orden en las estaciones de monitoreo	181
Cuadro 3-68	Número de especies, individuos e índices de diversidad del neoton	181

Cuadro 3-69	Valores de metales pesados en peces durante muestreo del sitio S0112 (Sitio 35) respecto a LMP en RDE N°057-2016-SANIPES-DE y el D. S. 004-2017 MINAM	182
Cuadro 3-70	Volúmenes y superficies contaminadas por profundidad para el sitio impactado S0112 (Sitio 35)	183
Cuadro 3-71	Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre y peces por parte de las poblaciones locales	193
Cuadro 3-72	Resultados del análisis de suelos - sitio S0112 (Sitio 35)	197
Cuadro 3-73	Resultados del análisis de peces - sitio S0112 (Sitio 35)	199
Cuadro 3-74	Resultados del análisis de las muestras de sedimentos - sitio S0112 (Sitio 35)	199
Cuadro 3-75	Resultados del análisis de las muestras de agua subterránea – sitio S0112 (Sitio 35)	200
Cuadro 3-76	Resultados del análisis de las muestras de agua superficial – sitio S0112 (Sitio 35)	200
Cuadro 4-1	Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0112 (Sitio 35)	214
Cuadro 4-2	Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo	243
Cuadro 4-3	Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua subterránea	244
Cuadro 4-4	Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua superficial ..	245
Cuadro 4-5	Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos	245
Cuadro 4-6	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación	246
Cuadro 4-7	Contaminantes de preocupación para el escenario humano	249
Cuadro 4-8	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Suelo	254
Cuadro 4-9	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Agua superficial	255
Cuadro 4-10	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico – Sedimentos ..	256
Cuadro 4-11	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Peces	257
Cuadro 4-12	EPA Ecotox usados para la comunidad hidrobiológica encontrada en el - sitio S0112 (Sitio 35)	264
Cuadro 4-13	Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)	270
Cuadro 4-14	Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del Sitio S0112 (Sitio 35)	271
Cuadro 4-15	Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)	272
Cuadro 4-16	Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)	273
Cuadro 4-17	Evaluación de toxicidad de la comunidad béntica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)	274

Cuadro 4-18	Evaluación de toxicidad de la comunidad béntica en agua superficial del Sitio S0112 (Sitio 35)	275
Cuadro 4-19	EPA Ecotox usados para peces y otros estudios ecotoxicológicos - sitio S0112 (Sitio 35).....	276
Cuadro 4-20	Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35).....	277
Cuadro 4-21	NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0112 (sitio 35).....	278
Cuadro 4-22	Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0112 (Sitio 35).....	281
Cuadro 4-23	Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0112 (Sitio 35).....	282
Cuadro 4-24	Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0112 (Sitio 35).....	283
Cuadro 4-25	Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos	284
Cuadro 4-26	Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos	284
Cuadro 4-27	Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos.....	285
Cuadro 4-28	Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición	286
Cuadro 4-29	Vías de exposición del sitio S0112 (Sitio 35)	292
Cuadro 4-30	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación.....	294
Cuadro 4-31	Ficha social de relevamiento.....	295
Cuadro 4-32	Ficha de observación participante.....	296
Cuadro 4-33	Ficha de percepciones	296
Cuadro 4-34	Entrevistas en comunidades	297
Cuadro 4-35	Distancia del sitio S0112 (Sitio 35) a la CN José Olaya	297
Cuadro 4-36	Población de la CN José Olaya.....	298
Cuadro 4-37	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	301
Cuadro 4-38	Pesca para consumo humano	305
Cuadro 4-39	Morbilidad en la CN José Olaya.....	307
Cuadro 4-40	Reconocimiento y Titulación de la CN José Olaya.....	309
Cuadro 4-41	Vías de exposición para los escenarios humanos considerados	315
Cuadro 4-42	Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo	316
Cuadro 4-43	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 1	318
Cuadro 4-44	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 2 - Adulto	321
Cuadro 4-45	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 2 - Niño	322
Cuadro 4-46	Riesgo no cancerígeno - Criterios.....	324
Cuadro 4-47	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 1 ...	326
Cuadro 4-48	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Adulto	330

Cuadro 4-49	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Niño	333
Cuadro 4-50	Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado	337
Cuadro 4-51	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 3 ...	340
Cuadro 4-52	Factor corrector para evaluación de biodisponibilidad de metales (Tessier)	344
Cuadro 4-53	Parámetro I_{ECA}	345
Cuadro 4-54	Parámetro I_{MEDIO} (N.º medios afectados)	345
Cuadro 4-55	Parámetro $I_{PARA EXCED}$	346
Cuadro 4-56	Parámetro in-situ (suelo)	347
Cuadro 4-57	Parámetro $F_{in-situ}$ (sedimentos)	347
Cuadro 4-58	Parámetro $F_{in-situ}$ (agua superficial)	348
Cuadro 4-59	Parámetro $F_{in-situ}$ (flora/fauna)	348
Cuadro 4-60	Parámetro F_{EXT} (factor extensión)	349
Cuadro 4-61	Parámetro F_{ACT} (actividad foco)	349
Cuadro 4-62	Parámetro F_{Inund} (Inundabilidad)	350
Cuadro 4-63	Parámetro topografía	351
Cuadro 4-64	Parámetro K (Permeabilidad)	351
Cuadro 4-65	Parámetro CV (Cobertura vegetal)	351
Cuadro 4-66	Parámetro PGw1 (Profundidad agua)	352
Cuadro 4-67	Parámetro PGw2	352
Cuadro 4-68	Índice transporte (Agua superficial)	352
Cuadro 4-69	Índice transporte (Cadena trófica)	353
Cuadro 4-70	Categoría de protección (RE1)	353
Cuadro 4-71	Presencia de ecosistemas frágiles (RE2)	354
Cuadro 4-72	Distancia a ecosistemas frágiles (RE3)	354
Cuadro 4-73	Calculo del NRS - I_{foco}	354
Cuadro 4-74	Calculo del I_{ECA} , I_{medio} e I_{clases}	356
Cuadro 4-75	Calculo del Factor <i>in situ</i>	356
Cuadro 4-76	Cálculo del I_{trans} (ESC)	358
Cuadro 4-77	Calculo del I_{trans} (SUBT)	358
Cuadro 4-78	Rangos del riesgo para $I_{receptor}$ ecológico	359
Cuadro 4-79	Rangos del riesgo para escenario ecológico	359
Cuadro 4-80	Criterios para estimar el riesgo en el suelo	361
Cuadro 4-81	Clasificación de los HAP's por el N° de anillos bencénicos	363

Cuadro 4-82	Movilidad de los HAP's en el suelo	363
Cuadro 4-83	Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP	366
Cuadro 4-84	Determinación del riesgo para sedimentos por CP	367
Cuadro 4-85	Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico	371
Cuadro 4-86	Rangos de incertidumbres	373
Cuadro 4-87	Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres	379
Cuadro 4-88	Niveles de remediación específicos calculados para los CP	381
Cuadro 4-89	Niveles de remediación para sedimentos – sitio S0112 (Sitio 35) – Escenario Humano	382
Cuadro 4-90	Niveles de remediación para suelo – sitio S0112 (Sitio 35)	383
Cuadro 4-91	Niveles de remediación para sedimentos – sitio S0112 (Sitio 35)	383
Cuadro 5-1	Elemento contaminante por componente evaluado	393
Cuadro 5-2	Niveles de remediación específicos en suelos para TPH	393
Cuadro 5-3	Lista de remediación aplicables para el sitio S0112 (Sitio 35)	404
Cuadro 5-4	Aspectos, variables y ponderación por sitio	407
Cuadro 5-5	Evaluación de alternativas de remediación sitio S0112 (Sitio 35)	414
Cuadro 5-6	Resultados de alternativas de matriz sitio S0112 (Sitio 35)	416
Cuadro 5-7	Experiencias en la aplicación del Tratamiento Térmico (Desorción Térmica)	423
Cuadro 5-8	Resumen de alternativa sitio S0112 (Sitio 35)	430
Cuadro 5-9	Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0112 (Sitio 35)	430
Cuadro 5-10	Área y volumen de suelo con valores de TPH (F2 y F3) mayores al NR requerido en el sitio S0112 (Sitio 35)	438
Cuadro 5-11	Estimación de personal para la remediación del suelo impactado	445
Cuadro 5-12	Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de suelos en el sitio impactado S0112 (Sitio 35)	447
Cuadro 5-13	Generación de residuos sólidos domésticos	451
Cuadro 5-14	Generación de efluentes domésticos	451
Cuadro 5-15	Emisiones de material particulado y gases	453
Cuadro 5-16	Actividades durante la etapa de construcción	454
Cuadro 5-17	Actividades durante la etapa de operación	454
Cuadro 5-18	Actividades durante la etapa de abandono	454
Cuadro 5-19	Componentes y factores ambientales	455
Cuadro 5-20	Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del plan de remediación - Etapa de construcción, operación y abandono	456

Cuadro 5-21	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de construcción	463
Cuadro 5-22	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de operación	463
Cuadro 5-23	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de abandono	463
Cuadro 5-24	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de construcción	464
Cuadro 5-25	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de operación	464
Cuadro 5-26	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de abandono	464
Cuadro 5-27	Identificación de recipientes por tipo de residuos.....	465
Cuadro 5-28	Fuentes y medidas de manejo de efluentes.....	468
Cuadro 5-29	Estación de evaluación de calidad de aire y niveles de ruido	468
Cuadro 5-30	Parámetros de evaluación - Calidad de aire	469
Cuadro 5-31	Parámetros de evaluación - Emisiones.....	470
Cuadro 5-32	Estaciones a monitorear	470
Cuadro 5-33	Parámetros a evaluar.....	471
Cuadro 5-34	Parámetros de evaluación	471
Cuadro 5-35	Muestreo de comprobación - Técnica desorción térmica.....	472
Cuadro 5-36	Cálculo del número total de muestras.....	472
Cuadro 5-37	Costo estimado de la aplicación de las medidas ambientales	473
Cuadro 5-38	Cronograma de ejecución	479
Cuadro 5-39	Presupuesto general (estimado de costos).....	480
Cuadro 5-40	Estaciones a monitorear	482
Cuadro 5-41	Parámetros a evaluar.....	482
Cuadro 5-42	Estaciones a monitorear	482
Cuadro 5-43	Parámetros a evaluar.....	482
Cuadro 5-44	Matriz de impactos sociales	483
Cuadro 5-45	Percepción acerca del entorno y medio ambiente	484
Cuadro 5-46	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales	486

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1	Ubicación de los 13 sitios impactados	38
Figura 2-2	Modelo de columna litoestratigráfica del área de estudio	40
Figura 2-3	Perfil litológico del sitio S0112 (Sitio 35)	42
Figura 2-4	Perfil hidrogeológico del sitio S0112 (Sitio 35).....	45

Figura 2-5	Isolíneas de la profundidad del nivel freático del sitio S0112 (Sitio 35), época húmeda	47
Figura 2-6	Histograma de precipitación (2000-2006) estación teniente López.....	49
Figura 2-7	Histograma de precipitación estaciones cercanas al Lote 192 (Ex lote 1AB) (2000-2006)	50
Figura 3-1	Desarrollo histórico de las actividades de perforación en el Lote 192.....	75
Figura 3-2	Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio	81
Figura 3-3	Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio	82
Figura 3-4	Imagen histórica del sitio S0112 (Sitio 35)	85
Figura 3-5	Imagen actual del sitio S0112 (Sitio 35).....	86
Figura 3-6	Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0112 (Sitio 35)	91
Figura 3-7	Número de puntos de muestreo (identificación).....	92
Figura 3-8	Número de puntos de muestreo (caracterización)	93
Figura 3-9	Detalles constructivos típicos de terminación de pozos	99
Figura 3-10	Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo.....	103
Figura 3-11	Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica. 103	
Figura 3-12	Diagrama de traslado de muestras y conservación de temperatura	108
Figura 3-13	Acta de conformidad del traslado de muestras	109
Figura 3-14	Acta de conformidad del traslado de muestras	109
Figura 3-15	Ubicación de los puntos de aforo superficial.....	118
Figura 3-16	Vista en planta de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT).....	120
Figura 3-17	Ubicación de los piezómetros en el sitio S0112 (Sitio 35).....	122
Figura 3-18	Concentraciones del bario	146
Figura 3-19	Concentraciones del cadmio	146
Figura 3-20	Concentraciones del plomo.....	147
Figura 3-21	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2	148
Figura 3-22	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3	150
Figura 3-23	Concentraciones de naftaleno	150
Figura 3-24	Concentraciones de benceno	151
Figura 3-25	Imagen satelital histórica donde se puede apreciar por su color tres fosas de lodos de perforación.....	152
Figura 3-26	Modelamientos de Isoconcentraciones	153
Figura 3-27	Perfil Tomográfico Eléctrico 1 (S0112-GEO-001)	160
Figura 3-28	Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0112-GEO-001)	161
Figura 3-29	Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F2.....	185

Figura 3-30	Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F3.....	186
Figura 3-31	Área potencial de interés (API) de acuerdo con el MCI	188
Figura 3-32	Proceso del modelo conceptual	189
Figura 3-33	Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios	190
Figura 3-34	Mapa sinóptico	192
Figura 3-35	Sitio impactado S0112 (Sitio 35)	202
Figura 3-36	Composición textural.....	203
Figura 3-37	Conceptualización dinámica hidrogeológica	206
Figura 4-1	Diagrama de Flujo de las etapas del ERSA	212
Figura 4-2	Modelo conceptual inicial del sitio S0112 (Sitio 35)	258
Figura 4-3	Esquema de los criterios de valoración y puntuación del nivel de riesgo por sustancias	342
Figura 5-1	Ubicación del sitio S0112 (Sitio 35).....	390
Figura 5-2	Diagrama de los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación	394
Figura 5-3	Proceso para la evaluación de la lista larga de alternativa tecnológicas.....	396
Figura 5-4	Universo de alternativas tecnológicas de remediación	397
Figura 5-5	Relación costo-efectividad	431
Figura 5-6	Resultado Gráfico del ACE por técnica evaluada	432
Figura 5-7	Distribución espacial del área de suelo con TPH ($\sum(F1 F2 F3) > 4400$ mg/kg) en el sitio S0112 (Sitio 35)	440
Figura 5-8	Representación de TPH para remediar en el del perfil estratigráfico del sitio S0112 (Sitio 35)	441
Figura 5-9	Representación de tornillo sinfín	444
Figura 5-10	Esquema representativo de desorción térmica	445
Figura 5-11	Esquema de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora	449
Figura 5-12	Flujograma de actividades del PMA.....	450
Figura 5-13	Esquema de localización de puntos de muestreo en un área irregular	472
Figura 5-14	Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)	475
Figura 5-15	Distribución de trochas de acceso	476

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1	Comunidad Nativa José Olaya.....	57
Fotografía 2-2	Áreas de recreación y espacios educativos Comunidad Nativa José Olaya .	58

Fotografía 2-3	Planta de tratamiento comunal	60
Fotografía 2-4	Preparación de masato en base a yuca	61
Fotografía 2-5	Alimentación basada en la caza.....	62
Fotografía 3-1	Infraestructura cercana al sitio S0112 (Sitio 35).....	87
Fotografía 3-2	Evidencias de contaminación o focos asociados al sitio S0112 (Sitio 35)	88
Fotografía 3-3	Residuos sólidos encontrados en el sitio S0112 (Sitio 35).....	89
Fotografía 3-4	Muestreo de suelos con sondeo manual - sitio S0112 (Sitio 35).....	97
Fotografía 3-5	Muestreo de suelos con equipo - sitio S0112 (Sitio 35)	98
Fotografía 3-6	Construcción de piezómetros - sitio S0112 (Sitio 35).....	100
Fotografía 3-7	Desarrollo de piezómetros - sitio S0112 (Sitio 35)	101
Fotografía 3-8	Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0112 (Sitio 35)	102
Fotografía 3-9	Tomografía - sitio S0112 (Sitio 35).....	104
Fotografía 3-10	Medición de caudal en campo	117
Fotografía 3-11	<i>Theobroma cacao</i> “Cacao” (Uso alimentario) en sitio S0112 (Sitio 35)	165
Fotografía 3-12	<i>Inga edulis</i> “Guaba” (Uso alimentario) en sitio S0112 (Sitio 35).....	165
Fotografía 3-13	<i>Anacardium occidentale</i> “Casho” (Uso medicinal) en sitio S0112 (Sitio 35)	166
Fotografía 3-14	Plumas de <i>Amazona sp.</i> “Loro verde” en sitio S0112 (Sitio 35)	169
Fotografía 3-15	Huellas de <i>Pecari tajacu</i> “Sajino” en sitio S0112 (Sitio 35)	170
Fotografía 3-16	Huellas de <i>Cuniculus sp.</i> “Majaz” en sitio S0112 (Sitio 35)	170
Fotografía 3-17	Áreas de no bosque amazónico en sitio S0112 (Sitio 35)	194
Fotografía 3-18	Evidencia de recolección de frutos en sitio S0112 (Sitio 35).....	194
Fotografía 4-1	Posibles pozas en sitio S0112 (Sitio 35)	213
Fotografía 4-2	Especies de flora identificada en el sitio S0112 (sitio 35)	280
Fotografía 4-3	Especies de fauna identificada en el sitio S0112 (Sitio 35)	280
Fotografía 4-4	Comunidad Nativa José Olaya.....	299
Fotografía 4-5	Áreas de recreación y espacios educativos Comunidad Nativa José Olaya	300
Fotografía 4-6	Planta de tratamiento comunal	302
Fotografía 4-7	Preparación de masato en base a yuca	303
Fotografía 4-8	Alimentación basada en la caza.....	304
Fotografía 4-9	Evidencias de contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35)	356
Fotografía 4-10	Áreas de no bosque amazónico en sitio S0112 (Sitio 35)	357

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1	Grupos de interés CN José Olaya.....	68
Gráfico 4-1	Concentraciones del bario	216
Gráfico 4-2	Concentraciones del cadmio	217
Gráfico 4-3	Concentraciones del plomo.....	218
Gráfico 4-4	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2	219
Gráfico 4-5	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3	220
Gráfico 4-6	Concentraciones de naftaleno	221
Gráfico 4-7	Concentraciones de benceno	222
Gráfico 4-8	Excedencias en potencial de hidrógeno.....	223
Gráfico 4-9	Excedencias en oxígeno disuelto - Época húmeda.....	224
Gráfico 4-10	Excedencias en oxígeno disuelto - Época seca	224
Gráfico 4-11	Excedencias en fósforo - Época seca	225
Gráfico 4-12	Excedencias en fósforo - Época húmeda.....	225
Gráfico 4-13	Excedencias en fósforo - Época seca	226
Gráfico 4-14	Excedencias en cloruro - Época húmeda.....	226
Gráfico 4-15	Excedencias en aluminio - Época húmeda	227
Gráfico 4-16	Excedencias en aluminio - Época seca.....	227
Gráfico 4-17	Excedencias en arsénico - Época seca	228
Gráfico 4-18	Excedencias en hierro - Época húmeda	228
Gráfico 4-19	Excedencias en hierro - Época seca.....	229
Gráfico 4-20	Excedencias en manganeso - Época húmeda.....	229
Gráfico 4-21	Excedencias en manganeso - Época seca	230
Gráfico 4-22	Excedencias en mercurio - Época húmeda.....	230
Gráfico 4-23	Excedencias en mercurio - Época seca	231
Gráfico 4-24	Excedencias en selenio - Época seca.....	231
Gráfico 4-25	Excedencias en zinc - Época húmeda	232
Gráfico 4-26	Excedencias en zinc - Época seca.....	232
Gráfico 4-27	Excedencias en arsénico - Época húmeda	233
Gráfico 4-28	Excedencias en arsénico - Época seca	233
Gráfico 4-29	Excedencias en cobre - Época húmeda.....	234
Gráfico 4-30	Excedencias en cromo total - Época seca	234
Gráfico 4-31	Excedencias en mercurio - Época seca	235
Gráfico 4-32	Excedencias en benzo (a) antraceno - Época seca	235

Gráfico 4-33	Excedencias en fenantreno - Época seca	236
Gráfico 4-34	Excedencias en fluoreno - Época seca	236
Gráfico 4-35	Excedencias en naftaleno - Época seca	237
Gráfico 4-36	Excedencias en bario total (ambas épocas)	238
Gráfico 4-37	Excedencias en cadmio (ambas épocas).....	238
Gráfico 4-38	Grupos de interés CN José Olaya.....	310

LISTA DE ANEXOS

6.1	Planos, mapas y demás gráficos didácticos, para el entendimiento de las poblaciones locales
6.1.1	Figura didáctica del sitio S0112 (Sitio 35)-Comunidad Nativa José Olaya
6.2	Mapas de ubicación (generales, por cuenca y microcuencas)
6.2.1	Mapa de ubicación general del área de estudio
6.2.2	Mapa geológico del sitio S0112 (Sitio Sitio 35)
6.2.3	Mapa geomorfológico del sitio S0112 (Sitio Botadero Sitio 35)
6.2.4	Mapa hidrogeológico del sitio S0112 (Sitio Botadero Sitio 35)
6.2.5	Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0112 (Sitio 35)
6.2.6	Mapa climático del sitio S0112 (Sitio Sitio 35)
6.2.7	Mapa de suelos del sitio S0112 (Sitio Sitio 35)
6.2.8	Mapa de cobertura vegetal del sitio S0112 (Sitio Sitio 35)
6.2.9	Mapa de comunidades del sitio S0112 (Sitio Sitio 35)
6.3	Planos detallados de cada sitio y/o grupo de sitios
6.3.1	Mapa de ubicación del sitio S0112 (Sitio Sitio 35)
6.4	Mapa con la ubicación de los puntos de muestreo (suelo, agua, sedimentos, u otros del plan de muestreo de detalle) por época húmeda y seca
6.4.1	Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos y niveles de fondo del sitio S0112 (Sitio Sitio 35) - Época húmeda
6.4.2	Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0112 (Sitio Botadero Comunidad Olaya) - Época seca
6.4.3	Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio Sitio 35) - Época húmeda
6.4.4	Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio Sitio 35) - Época seca
6.4.5	Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0112 (Sitio Sitio 35) - Época húmeda

- 6.4.6 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0112 (Sitio Botadero Sitio 35) - Época seca
- 6.4.1 Mapas con los resultados del muestreo de suelos diferenciado por tipo de contaminante, por época húmeda y seca
 - 6.4.1.1 Mapa de excedencias en suelos del sitio S0112 (Sitio Sitio 35) - Época húmeda y seca
- 6.4.2 Mapas con los resultados de muestreo de agua subterráneas, superficiales, sedimentos, hidrobiología por época húmeda y seca
 - 6.4.2.1 Mapa de Excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio Sitio 35) - Época húmeda
 - 6.4.2.2 Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio Sitio 35) - Época seca
 - 6.4.2.3 Mapa de excedencias de hidrobiología - Época húmeda
 - 6.4.2.4 Mapa de excedencias de hidrobiología - Época seca
- 6.4.3 Mapas de las zonas a intervenir con las acciones de rehabilitación
 - 6.4.3.1 Mapa de la zona a intervenir con las acciones de rehabilitación del sitio S0112 (Sitio Sitio 35)
 - 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0112 (Sitio 35)
- 6.4.4 Planos con propuestas de infraestructuras de soporte para remediación
- 6.5 Documentación del muestreo de detalle
 - 6.5.1 Niveles de fondo
 - 6.5.2 Barrenos
 - 6.5.3 Percusión
 - 6.5.4 Agua superficial y sedimentos
 - 6.5.5 Construcción de pozos
 - 6.5.6 Purga y monitoreo de agua subterránea
 - 6.5.7 Hidrobiología
 - 6.5.8 Flora y fauna
 - 6.5.9 Tomografía
 - 6.5.10 Especificaciones técnicas y certificados de calibración de equipos
 - 6.5.11 Formatos de verificación de equipos
 - 6.5.12 Fichas de relevamiento y entrevista al monitor
- 6.6 Tablas y representación gráfica de resultados
 - 6.6.1 Análisis Statist UCL95
 - 6.6.2 Tablas de los CPP
 - 6.6.3 Propiedades físicas de los CP

- 6.6.4 Parámetros de exposición
- 6.6.5 Parámetros del Sitio
- 6.6.6 Dosis de agua superficial
- 6.6.7 Cálculo de riesgo humano
- 6.6.8 Resumen del cálculo de riesgo humano
- 6.6.9 Modelo conceptual detallado
- 6.6.10 Niveles de remediación
- 6.6.11 Datos RBCA
- 6.6.12 Entrevistas ERSA
- 6.7 Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados
- 6.8 Documentos sobre procedimientos administrativos (MINEM, OEFA, u otros)
- 6.9 Hojas de datos de seguridad de materiales
- 6.10 Informes de ensayo de laboratorio
 - 6.10.1 Época Húmeda
 - 6.10.2 Época Seca
 - 6.10.3 Ensayos de suelo agrícola (Época seca y húmeda)
 - 6.10.4 Muestras de control (Época seca y húmeda)
 - 6.10.5 Cadena de custodia (Época seca y húmeda)
 - 6.10.6 Acreditación de los laboratorios
- 6.11 Estudios técnicos básicos y específicos (topográficos, hidrológicos, precipitaciones y otros de soporte para las obras de ingeniería)
- 6.12 Acta de socialización del Plan de Rehabilitación en la comunidad de José Olaya

ACRÓNIMOS

AF:	Área fuente
AGQ:	Laboratorio AGQ Perú SAC
Al:	Aluminio
API:	Área de potencial interés
As:	Arsénico
ASTM:	American Society for Testing & Materials
ASTM:	Sociedad Americana de Ensayos de Materiales.
AT:	Área de transporte
AV:	Área de validación
B:	Boro
Ba:	Bario
BTEX:	Familia de los alquilbencenos (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos).
Ca:	Calcio
Cd:	Cadmio
CdP1:	Coefficiente de peligro determinado para el receptor humano 1
CdP2:	Coefficiente de peligro determinado para el receptor 2
CN:	Comunidad Nativa
Co:	Cobalto
COSV:	Compuestos orgánicos semi volátiles
COV:	Compuestos orgánicos volátiles
CP:	Contaminante de preocupación.
CPP:	Contaminantes de Preocupación Potencial
Cr:	Cromo
Cu:	Cobre
DBO:	Demanda Bio-química de Oxígeno
DdR (Derm.):	Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)
DdR (Oral):	Dosis de referencia oral (mg/kg/día)
DIRESA:	Dirección Regional de Salud
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
DQO:	Objetivos de Calidad de los Datos
ECA:	Estándar de Calidad Ambiental.
Eco-SSLs:	Ecological Soil Screening Levels
Eh:	Potencial Redox
EPA:	Agencia de Protección Ambiental
ERSA:	Evaluación de Riesgos a la Salud y al Ambiente.
ERT:	Perfil de tomografía eléctrica
F1, F2, F3:	Fracción 1, Fracción 2 y Fracción 3 de hidrocarburos.
FBC:	Factor de bioconcentración:
FBDR:	Factor de biodisponibilidad relativa
Fe:	Hierro
FECONACO:	Federación de Comunidades Nativas del Corrientes
FECONACOR:	Federación de Comunidades Nativas de la Cuenca del Corrientes
FECONAT:	Federación de Comunidades Nativas del Tigre

FONAM:	Fondo Nacional del Ambiente
FONCODES:	Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social
f-SSDs	field-based species sensitivity distributions
GPR:	Georadar o Radar de Penetración en el Suelo.
HAPs:	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Hg:	Mercurio
IARC:	International Agency for Research on Cancer
IdR1:	Índice de riesgo determinado para el receptor humano 1
IdR 2:	Índice de riesgo determinado para el receptor 2
INACAL:	Instituto Nacional de Calidad
IPT:	Índice de peligrosidad (acumulativo)
IRT:	Índice de riesgo total (acumulativo)
JCI-HGE:	Consorcio J.C. Ingenieros & Consultores S.A.C. - Hidrogeocol Cía Ltda
K:	Potasio
Kp:	Coefficiente de permeabilidad
LDA:	Límite de detección analítico
LDM:	Límite de detección del método
Li:	Litio
LOAEL:	Lowest observed adverse effect level
Log (Kd):	Coefficiente de distribución suelo-agua (@ 20 – 25 °C)
Log (Koc):	Constante de partición octano agua (@ 20 – 25 °C)
MBC:	Muestra Blanco de Campo
MBE:	Muestra Blanco de Equipo
mbns:	Metros bajo el nivel del suelo
MC:	Muestreo Comprobatorio
MD:	Muestreo detallado
MDUC:	Muestra Duplicada de Campo
ME:	Muestreo Exploratorio
MF:	Muestreo de Fondo
mg/L:	Miligramos por litro
Mg:	Magnesio
MINAM:	Ministerio del Ambiente
MINEM:	Ministerio de Energía y Minas
Mn:	Manganeso
Mo:	Molibdeno
N:	Nitrógeno
Na:	Sodio
Ni:	Níquel
NOAEL:	No observed adverse effect level
NRE:	Niveles de remediación, conocido también como SSTL en RBCA
OEFA:	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OPCP	Occidental Petroleum Corporation del Perú
OSINERGMIN:	Organismo Supervisor de Energía y Minería
OXY:	Occidental Petroleum Corporation
P:	Fósforo
P0:	Presión de vapor (@ 20 – 25 °C) mm Hg
PAC:	Plan Ambiental Complementario

PAH:	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Pb:	Plomo
PCB	Polychlorinated Biphenyls = Bifenilos policlorados
PDS:	Plan de Descontaminación de Suelos.
pH:	Potencial de hidrógeno
PID:	Photoionization Detector = Detector portátil de fotoionización
PMA:	Peso Molecular Alto
PMA:	Plan de Manejo Ambiental
PMB:	Peso Molecular Bajo
ppm:	Partes por millón (= mg/Kg = % x 104)
PPN:	Pluspetrol Norte S.A.
QA/QC:	Quality Assurance / Quality Control = Aseguramiento de la Calidad/Control de la Calidad
QA:	Aseguramiento de la Calidad
RECV:	Riesgo extra de cáncer de por vida
RME:	Exposición Máxima Razonable
S:	Azufre
SANIPES:	Organismos Nacional de Sanidad Pesquera
Si:	Silicio
SO2:	Dióxido de Azufre
SPT:	Prueba de Penetración Estándar
TCLP:	Procedimiento de Lixiviación de Características Tóxicas.
Ti:	Talio
TPH:	Total Petroleum hydrocarbons = Hidrocarburo de petróleo total
UCL95:	Límite Superior del Intervalo de Confianza Unilateral del 95% de la media aritmética
UTM:	Universal Transverse Mercator = Sistema de Coordenadas Transversal de Mercator
V:	Vanadio
VRT	Valores de Toxicidad de Referencia
WGS 84	World Geodetic System 84 = Sistema Geodésico Mundial 1984
WWF	World Wildlife Fund = Fondo Mundial para la Naturaleza
Zn:	Zinc
µg/L:	Microgramos por litro

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Absorción: Proceso por el cual una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo a través de la piel, pulmones, tracto digestivo o branquias y luego es transportado hacia otros órganos.

Actividad cinegética: Actividad antrópica de caza de animales silvestres.

Acuífero: Formación de cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

Agente: Cualquier entidad biológica, química o física que puede producir un efecto adverso.

Agua potable: Agua que puede beberse sin riesgos para la salud.

Agua subterránea: Se consideran aguas subterráneas las que, dentro del ciclo hidrológico, se encuentran en la etapa de circulación o almacenadas debajo de la superficie del terreno y dentro del medio poroso, fracturas de las rocas u otras formaciones geológicas, que para su extracción y utilización se requiere la realización de obras específicas.

Agua subterránea afectada: Es aquella agua subterránea cuyas funciones ecosistémicas se encuentran deterioradas o que presenta una calidad que no es apta para su uso por el hombre, como consecuencia de la alteración de sus características naturales por influencia antropogénica.

Agua: Líquido inodoro, incoloro e insípido, ampliamente distribuido en la naturaleza. Representa alrededor del 70 % de la superficie de la Tierra. Componente esencial de los seres vivos. Está presente en el planeta en cada ser humano, bajo la forma de una multitud de flujos microscópicos.

Aguajal: Hábitat natural de muchas especies vegetales de suma importancia, especialmente el aguaje.

Aguas residuales: También llamadas "aguas negras". Son las contaminadas por la dispersión de desechos humanos, procedentes de los usos domésticos, comerciales o industriales. Llevan disueltas materias coloidales y sólidas en suspensión. Su tratamiento y depuración constituyen el gran reto ecológico de los últimos años por la contaminación de los ecosistemas.

Aire: Capa delgada de gases que cubre La Tierra y está conformado por nitrógeno, oxígeno y otros gases como el bióxido de carbono, vapor de agua y gases inertes. Es esencial para la vida de los seres vivos. El hombre inhala 14.000 litros de aire al día.

Alterador endocrino: Agente químico exógeno o mezclas que alteran la(s) función(es) del sistema endócrino, tanto en la producción, liberación, transporte, metabolismo, enlace, acción, o eliminación de hormonas naturales, y por consecuencia, causa efectos adversos en el organismo, su descendencia o (sub) poblaciones.

Amazonia: Se denomina a la zona de Sudamérica ubicada en la parte septentrional central del continente, comprendiendo parte de los países de Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Guayana, Perú, Bolivia, Surinam y Venezuela, cubriendo una superficie aproximada es de 6 millones de Km² por lo que se le considerada la "Reserva Forestal del Mundo".

Ambiente: Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua). Todo en su conjunto condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos.

Ambiente acuático: Ambientes localizados en cuerpos de agua. Por ejemplo: ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, canales.

Ambiente terrestre: Ambientes localizados en tierra. Por ejemplo: bosques, selvas, desiertos.

Área de influencia: Perímetro inmediato del emplazamiento donde hay indicio o alguna evidencia de contaminación potencial del suelo.

Área de potencial interés (API): Extensión de terreno sobre el que se realizarán efectivamente las labores de muestreo. Se trata de áreas identificadas durante la Fase de Identificación en las cuales existe alguna evidencia de potencial contaminación del suelo.

Área de transporte (AT): Polígono que comprende la ruta de transporte por el cual el contaminante se desplazó desde la AF hasta el área potencialmente impactada.

Área de validación (AV) o confirmatoria: Representa aquella área continúa al API, donde no se tiene evidencia de contaminación, pero se requiere validar el área API con mayor precisión.

Área fuente (AF): Polígono que engloba el lugar donde potencialmente se originó el evento que dio lugar a la contaminación de cada sitio (área donde se encuentra la fuente).

Área natural protegida: Espacios continentales y/o marinos del territorio nacional, expresamente reconocidos y declarados como tales, incluyendo sus categorías y zonificaciones, para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país.

Atmósfera: Es la envoltura gaseosa del planeta Tierra. Está conformada por un 78 % de nitrógeno, 21 % de oxígeno y otros elementos como el argón, dióxido de carbono, trazos de gases nobles como neón, helio, kriptón, xenón, además de cantidades aún menores de hidrógeno libre, metano, y óxido nítrico.

Bajiales: Son áreas de playa dejadas por un río después de una avenida.

Baritina o Barita: Es un sulfato de Bario, es usado para incrementar la densidad de todos los fluidos de perforación y es químicamente inerte con los aditivos de los fluidos de perforación.

Barrera fisiológica. - Elementos que impiden o limitan la interacción entre elementos internos y externos de un organismo. Ejemplos: bombas de intercambio iónico (barreras fisiológicas), tejido epitelial, mucosidades, escamas (barreras anatómicas).

Basura: Desechos, generalmente de origen urbano y de tipo sólido. Hay basura que puede reutilizarse o reciclarse. En la naturaleza, la basura no sólo afea el paisaje, sino que además lo daña; por ejemplo, puede contaminar las aguas subterráneas, los mares, los ríos etc.

Bentónico: Organismos que viven en el fondo de un ambiente acuático (lago, laguna, mar entre otros), que se desplazan desde la superficie hasta la zona más profunda.

Bioacumulación: Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento.

Biodegradable: Sustancia que puede descomponerse a través de procesos biológicos realizados por acción de la digestión efectuada por microorganismos aerobios y anaerobios. La biodegradabilidad de los materiales depende de su estructura física y química. Así el plástico es menos biodegradable que el papel y este a su vez menos que los detritos.

Biodisponibilidad: Característica de las sustancias tóxicas que indica la facilidad de incorporarse a los seres vivos mediante procesos o mecanismos, inhalación, ingesta o absorción, y que están influenciados por diferentes parámetros como, las rutas de exposición, las características fisiológicas del receptor y las características químicas del xenobiótico (se puede interpretar como la fracción soluble de un elemento potencialmente tóxico que puede atravesar barreras biológicas de intercambio del organismo receptor).

Bioensayo de toxicidad: Prueba para establecer la magnitud y la naturaleza del efecto que producirá un agente químico sobre organismos expuestos a él bajo condiciones específicas. Es preciso tener en cuenta que, en el área de la ecotoxicología, los agentes incluyen muestras ambientales de agua, suelo o sedimentos, efluentes domésticos e industriales, extractos de sedimentos o suelos contaminados, etc. Un bioensayo de toxicidad evalúa la porción de organismos afectados (resultado cuantitativo) o el grado de efecto (resultado cualitativo) después de la exposición a niveles específicos de un estímulo (concentración o dosis de un químico o mezcla de químicos).

Biota: Es el conjunto formado por la fauna y flora de una región.

Botadero: Donde se depositan -de forma no controlada-, los residuos de tipo orgánico, inorgánico e industriales.

Cadena de Custodia: Procedimiento documentado de la obtención de muestras, su transporte, conservación y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas de análisis fisicoquímico, realizado por el personal responsable.

Calidad de suelos: Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones como por ejemplo ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas.

Cancerígeno(a): Cualquier sustancia que pueda causar cáncer.

Caracterización de sitios contaminados: Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

Cauce o Álveo: Continente de las aguas durante sus máximas avenidas, constituye un bien de dominio público hidráulico.

Componente ecológico: Cualquier parte del sistema ecológico incluyendo individuos, poblaciones, comunidades, sus interacciones, relaciones y al mismo ecosistema.

Comunidad: Grupo de poblaciones de diferentes especies que interaccionan entre sí y que habitan en una misma área.

Comunidad nativa: Tienen origen en los grupos tribales de la selva y ceja de selva y están constituidas por conjuntos de familias vinculadas por los siguientes elementos principales: idioma o dialecto; características culturales y sociales; y tenencia y usufructo común y permanente de un mismo territorio con asentamiento nucleado o disperso (Decreto - Ley 22175)

Concentración: La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia.

Concentración total: Masa del elemento químico regulado por unidad de masa del suelo en estudio, expresada en términos del Sistema General de Unidades de Medida, extraído del suelo por digestión ácida (agua regia) o alcalina.

Contaminación: (Del latín contaminare = manchar). Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.

Contaminación del suelo: Es el depósito de desechos degradables o no degradables que se convierten en fuentes contaminantes del suelo.

Contaminación hídrica: Cuando la cantidad de agua servida pasa de cierto nivel, el aporte de oxígeno es insuficiente y los microorganismos ya no pueden degradar los desechos contenidos en ella, lo cual hace que las corrientes de agua se asfixien, causando un deterioro de la calidad de estas, produciendo olores nauseabundos e imposibilitando su utilización para el consumo.

Contaminado: Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente.

Contaminante: Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

Contaminante de preocupación: Contaminante elegido por su toxicidad y peligrosidad para realizar la caracterización del riesgo.

Contaminante de preocupación potencial: Sustancia con propiedades potencialmente dañinas para la salud humana o el ecosistema determinados en la fase de identificación.

Cuenca hidrográfica: Es una porción del terreno definido, por donde discurren las aguas en forma continua o intermitente hacia un río mayor, un lago o el mar.

Degradación: Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

Dérmico(a): Relativo a la piel. La absorción dérmica significa absorción de algún elemento a través de la piel.

Derrame: Cualquier descarga, liberación, rebose o vertido debido a una práctica inadecuada o hecho accidental de hidrocarburos o líquidos peligrosos en el suelo.

Desechos tóxicos: También denominados desechos peligrosos. Son materiales y sustancias químicas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables que los hacen peligrosos para el ambiente y la salud de la población.

Diversidad Biológica: Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Dosis. Cantidad de una sustancia disponible que interactúa con el proceso metabólico o biológico de los receptores una vez que ha cruzado las barreras externas del organismo.

Dosis de exposición (DE). Cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto. La dosis de exposición determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica.

Dosis de referencia (DdR). Es el índice de toxicidad que más se utiliza en la evaluación de riesgos por exposición a sustancias no-cancerígenas. Es el nivel de exposición diaria que no produce un riesgo apreciable de daño en poblaciones humanas, incluyendo las subpoblaciones sensibles.

Dosis suministrada. Cantidad o concentración del agente químico que está presente en la superficie de contacto durante un período especificado y que se expresa por unidad de masa corporal del individuo expuesto.

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

Ecosistemas frágiles: Son ecosistemas importantes, con características y recursos singulares, incluyendo sus condiciones climáticas importantes y su relación con desastres naturales. Son ecosistemas en peligro de que sus poblaciones naturales, su diversidad o sus condiciones de estabilidad decrezcan peligrosamente o desaparezcan debido a factores exógenos. Comprenden, entre otros, desiertos, tierras semiáridas, montañas.

Emergencia: Cuando la contaminación de sitios derive de una circunstancia o evento, indeseado o inesperado, que ocurra repentinamente y que traiga como resultado la liberación no controlada, incendio o explosión de uno o varios materiales peligrosos o residuos peligrosos que afecten la salud humana o el ambiente, de manera inmediata.

Emplazamiento. Las áreas en las que el titular tiene instaladas sus facilidades para el desarrollo de sus actividades productivas, extractivas o de servicios.

Envase: Recipiente de diferente material, forma y tamaño destinado a contener muestras de suelos para su conducción desde el lugar de muestreo hacia el laboratorio y que reúne características para conservar las propiedades de la muestra a ser analizadas.

Especie análoga: Especie con una similitud importante pero no se originan de un ancestro común. Ocupan el mismo nicho ecológico en diferentes escenarios de estudio.

Especie crítica. Especie con interés ecológico o económico, o que es clasificada con algún estatus de protección por la legislación peruana y por lo tanto se requiere conocer su vulnerabilidad a los efectos de un contaminante y es elegida para realizar el estudio de riesgo ambiental. Término relacionado: especie de interés especial u organismo blanco.

Especie receptora: Especie crítica que recibe o está en contacto con los contaminantes.

Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al

ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Evaluación de la toxicidad: Selección de los valores adecuados de los parámetros que miden la peligrosidad de las sustancias tóxicas presentes en el sitio, acompañados por la calificación de la calidad de esa información. El parámetro que se usa en evaluación de riesgos es el índice de toxicidad.

Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA): Es el estudio que tiene por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para la salud humana como para el ambiente, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable y las acciones de remediación que resulten necesarias.

Exposición: Coocurrencia del contacto entre el agente estresante y el componente ecológico.

Factor de incertidumbre: Factor aplicado a una concentración de exposición o a una concentración o dosis de efecto para corregirlo por una fuente de incertidumbre identificada.

Foco de contaminación: Comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales. Se conoce también como fuente secundaria.

Fracción de hidrocarburos F1 o hidrocarburos fracción ligera: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre cinco (5) y diez (10) átomos de carbono (C5 a C10). Los hidrocarburos fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fracción de hidrocarburos F2 o hidrocarburos fracción media: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre diez (10) y veintiocho (28) átomos de carbono (C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diésel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasavión, gasolvente, gasolinas, gas nafta.

Fracción de hidrocarburos F3 o hidrocarburos fracción pesada: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre veintiocho (28) y cuarenta (40) átomos de carbono (C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos contaminantes: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, combustóleo, parafinas, petrolatos, aceites derivados del petróleo.

Fuente de contaminación: Comprende cualquier componente, instalación o proceso de actividades antrópicas, que puede liberar contaminantes al medio ambiente. Se conoce también "fuente primaria".

Geo-referenciación: Es el procedimiento técnico-científico por el cual se define la localización espacial de un objeto, en un sistema de coordenadas y datum determinado.

Gestión ambiental: Es el conjunto de actividades dirigidas a manejar de manera integral el ambiente de un territorio dado y así contribuir con el desarrollo sostenible del mismo. Sus componentes principales, como son: las políticas ambientales, los instrumentos jurídicos, normativas y reglamentos ambientales y los procesos administrativos (gubernamentales).

GPS: Sistema de posicionamiento Global o, NAVSTAR GPS (Navigation System and Ranging-Global Positioning System, sistema de navegación y determinación de alcance, y sistema de posicionamiento mundial") es el sistema que permite determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o nave y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta.

Incertidumbre: Conocimiento imperfecto relacionado con el estado presente y futuro de un sistema en consideración. Componente del riesgo que resulta de un conocimiento imperfecto del grado de peligrosidad o de su patrón de expresión especial o temporal.

Índice de peligro: Es la relación entre la concentración de exposición y un valor de referencia.

Infiltración: Penetración de un líquido a través de los poros o intersticios de un suelo, cualquier material poroso natural o sintético.

Ingestión: Tragar (como cuando se come o se bebe). Las sustancias químicas pueden ser ingeridas en el alimento, la bebida, utensilios, manos, suelo. Luego de la ingestión, las sustancias químicas pueden ser absorbidas en la sangre y distribuidas en todas partes del cuerpo.

Inhalación: Respiración. La exposición puede ocurrir por inhalación de los contaminantes, porque éstos se pueden depositar en los pulmones, transportarse en la sangre o ambos.

Límite máximo de exposición: Límite legal para la exposición de una persona, el cual es socialmente aceptable, y se expresa por lo general en partes por millón (ppm) de la sustancia en el aire, o a veces en miligramos por metro cúbico (mg/m³).

Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

Logueo: Término en geología para indicar el proceso de descripción litológica.

Marcador biológico: Parámetro que se puede usar para identificar un efecto tóxico en un organismo y también en la extrapolación entre especies o como un indicador que señala un evento o condición en un sistema biológico o muestra y proporciona una medida de la exposición, efecto o sensibilidad. Sinónimo de Biomarcador.

Materiales y residuos peligrosos: Aquellos que por sus características fisicoquímicas y/o biológicas o por el manejo al que son o van a ser sometidos, pueden generar o desprender polvos, humos, gases, líquidos, vapores o fibras infecciosas, irritantes, inflamables, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos o de otra naturaleza peligrosa o radiaciones ionizantes en cantidades que representan un riesgo significativo para la salud, el ambiente o a la propiedad.

Matriz ambiental: Elemento de un ecosistema en donde pueda estar incidiendo un contaminante después de su emisión. Puede ser el agua (de un río, laguna, estero o mar), el sedimento, el suelo o el aire.

Mecanismo de acción tóxica: Proceso por el cual el efecto de un tóxico es inducido, por ejemplo: narcosis aguda, inhibición de la enzima acetil colinesterasa.

Mecanismo de liberación: Proceso físico, químico o biológico mediante el cual se hacen disponibles los contaminantes que se encuentran en un medio ambiental o compartimiento, como por ejemplo la fase sólida del suelo.

Mecanismo de transporte: Proceso físico mediante el cual los contaminantes migran hacia un ambiente y de él hacia otro medio.

Medio ambiente: Es el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la sociedad en que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia.

Medios ambientales: Cualquier elemento natural (suelo, el agua, el aire, las plantas, los animales o cualquier otra parte del ambiente) que participa en los flujos de materia y energía en el sistema y que puede contener contaminantes. También referidos como compartimientos.

Modelo conceptual: Relato escrito y/o representación gráfica del sistema ambiental y de los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el transporte de contaminantes desde la fuente, a través de los medios que componen el sistema, hasta los potenciales receptores que forman parte de él.

Morbilidad: Enfermedad, donde la tasa de morbilidad es el número de enfermedades o casos de enfermedad en una población.

Muestra compuesta: Es aquella constituida por un conjunto de muestras simples (submuestras), convenientemente mezcladas, y llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El número de submuestras dependerá de la variabilidad de la sustancia o propiedad a analizar en el área de estudio y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de muestras a analizar.

Muestra duplicada para contaminantes no volátiles: Muestra que se toma después de la homogenización del material del cual se toma la muestra original.

Muestra duplicada para COVs: Es una muestra que se toma del muestreador, contigua a la muestra original.

Muestra en profundidad: Muestra obtenida de los horizontes o capas del suelo en donde se ubican y lixivian los contaminantes que se desean evaluar.

Muestra simple: Las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular son llamadas muestras simples. Este tipo de muestras representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado. Estas muestras siempre se aplicarán para compuestos orgánicos volátiles (COV's), Hidrocarburos y Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos (BTEX).

Muestreo biológico o dosimetría interna: Determinación cuantitativa de la concentración del tóxico o sus metabolitos en uno o más medios corporales del organismo expuesto. Se usa para estimar la exposición que experimentan cada uno de los tejidos del cuerpo, con el fin de estimar la magnitud de la exposición ambiental y para demostrar que existió una exposición efectiva. El simple hecho de que el tóxico se encuentre dentro del organismo es la prueba de que existió la exposición.

Muestreo de comprobación: Es aquel orientado a comprobar si se alcanzaron con los ECA para suelo, los niveles de fondo, los niveles de remediación determinados en el ERSA u otros objetivos de remediación establecidos.

Muestreo de detalle: Es aquel orientado a identificar el área y el volumen del suelo contaminado, y de ser el caso, de otros medios afectados por las sustancias señaladas en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM.

Muestreo de identificación: Es aquel orientado a identificar si el suelo está contaminado o no. Entiéndase que toda referencia hecha al muestreo exploratorio en el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, se entenderá como referida al muestreo de identificación.

Muestreo de nivel de fondo: Es aquel orientado a identificar el nivel de fondo en el suelo.

Muestreo dirigido: Es la actividad por medio de la cual se toman muestras representativas sobre puntos específicamente determinados, cuando se cuenta con información previa del sitio, se conoce el producto derramado y/o es evidente la extensión de la afectación.

Nivel de fondo: Concentración en el suelo de los químicos que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la actividad bajo análisis.

Organismo: Individuo; en el caso de organismos multicelulares se refiere a individuos formados por un sistema de órganos.

Organismo blanco: Especie crítica con valor económico o ecológico que se elige para su estudio. (Se refiere a una especie crítica elegida para estudio).

Organismos y/o poblaciones no humanas. En evaluación integral de riesgos se refiere a todos los seres vivos, sean plantas, animales superiores o microorganismos. Estos son denominados biota en las ciencias biológicas.

Pantanos: Tierras bajas cubiertas total o parcialmente de agua, salvo que sean drenada artificialmente.

Patrón de muestreo: Es la distribución espacial de los puntos de muestreo en el plano horizontal, para cada sitio en particular en base a las características y el objetivo del muestreo. Los patrones pueden ser: i) de distribución uniforme (rejillas regulares, rejillas triangulares, rejillas circulares, sobre una línea, diagonales múltiples), ii) de distribución aleatoria (aleatorios, aleatorios en una rejilla regular, aleatorios desalineados en una rejilla regular), iii) de muestreo con distribución heterogénea (diagonal simple, diagonales cruzadas rotantes).

Peligro: Capacidad inherente de un (o varios) agente (s) de estrés de causar efecto(s) adverso(s) cuando el hombre, sistemas o poblaciones están expuestos a él.

Plan de descontaminación de suelos: Instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad remediar los impactos ambientales originados por una o varias actividades pasadas o presentes en los suelos. Los tipos de acciones de remediación que se podrán aplicar, sola o en combinaciones, son. - acciones de remediación para

la eliminación de los contaminantes del sitio, acciones para evitar la dispersión de los contaminantes, acciones para el control del uso del suelo, y acciones para monitoreo del sitio contaminado. La presentación del Plan de Descontaminación de Suelos no exime de la responsabilidad de elaborar y presentar ante la autoridad competente, los demás instrumentos de gestión ambiental propios de la actividad.

Plan de muestreo: Documento que contiene la información y programación relacionada con cada una de las etapas que conforman el muestreo y señala los criterios para la toma de muestras.

Plancton: Conjunto de organismos flotantes del reino animal que viven prácticamente en todas las aguas naturales. Conjunto de seres vivos, animales y vegetales, generalmente microscópicos, que flotan a la deriva en las aguas dulces y marinas.

Plano: Representación gráfica técnica de un sitio impactado, puede darse como un dibujo técnico, en especial en el nivel local, donde se presenten los detalles requeridos en la evaluación de riesgos a la salud y el ambiente tales como linderos, calles, instalaciones, drenajes, edificaciones. En el nivel regional puede ser un plano o una fotografía aérea con suficiente resolución que permita identificar la información requerida y que haya sido geo-referenciada con coordenadas UTM, en ningún caso podrán ser utilizadas fotografías aéreas o satelitales que no permitan distinguir claramente los elementos requeridos en esta guía.

Población: Grupo de organismos de la misma especie que viven en un área definida y en un tiempo concreto.

Población potencialmente expuesta. - Grupos de individuos de la misma especie situados en el mismo tiempo y espacio en la proximidad o dentro de un sitio contaminado, que pueden entrar en contacto con

Población receptora: Poblaciones (humanas o biota) que están expuestas a los contaminantes, la población receptora es entonces la población expuesta.

Problema ambiental: Daño aparente, real o potencial al medio ambiente que no está acompañado de acción popular.

Punto de muestreo: Lugar (punto o área determinada) del suelo donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad.

Puntos de Exposición: Lugares donde es posible encontrar presencia de contaminantes y donde los receptores, a través de alguna vía, pueden entrar en contacto con los medios contaminados (medios de contacto).

Receptor: Organismo, población o comunidad que está expuesta a contaminantes.

Reciclaje: Consiste en convertir materiales ya utilizados en materias primas para fabricar nuevos productos.

Recursos naturales: Son aquellos bienes existentes en la Tierra y que la humanidad aprovecha para su subsistencia, agregándoles un valor económico. Tales recursos son: el aire, la energía, los minerales, los ríos, la flora, la fauna, etc.

Rehabilitación: Conjunto de técnicas y métodos que sirven para recuperar un sitio impactado, mejorando la calidad del mismo y de los seres vivos que se desarrollan en ellos.

Remediación: Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio impactado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.

Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos en cualquier estado físico que, por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico-infecciosas, irritantes o mutagénicas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Riesgo: Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en escenarios futuros dentro del uso actual o previsto del sitio.

Ruta de exposición: Es el camino que sigue un agente químico en el ambiente desde el lugar donde se emite hasta que llega a establecer contacto con la población o individuo expuesto. El análisis de la ruta de exposición describe la relación que existe entre las fuentes (localizaciones y tipo de derrames ambientales) y los

receptores (localización de las poblaciones, patrones de actividad, etc.). Se consideran como rutas significativas las que dan lugar a exposición humana. Las rutas de exposición consisten generalmente de cuatro elementos: a) fuentes y mecanismos de emisión de tóxicos, b) medio de retención y transporte (o medios en el caso de que haya transferencias de un medio a otro), c) punto de contacto potencial entre el medio contaminado y los individuos; y d) vía de ingreso al organismo.

Ruta de exposición completa: Ruta de exposición que cuenta con todos sus elementos, deberá ser considerada para su evaluación dentro del estudio de ERSA.

Ruta de exposición incompleta: Ruta que carece de uno o más de sus elementos o los elementos no están conectados. Hay evidencia sólida que los receptores no están expuestos. Rutas de exposición incompletas no deben ser consideradas en el estudio de ERSA.

Ruta de exposición potencial: Ruta de exposición donde uno o más elementos no están presentes, pero éstos pueden estar ocurriendo, ocurrieron en el pasado o puede que ocurran en un futuro cercano. Se recomienda que sean analizadas separadamente y la contribución relativa a la exposición total sea estimada para su consideración en el estudio de ERSA.

Sedimento: Materiales de depósito o acumulados por arrastre mecánico de las aguas superficiales o el viento depositados en los fondos marinos, fluviales, lacustres y depresiones continentales.

Sistema de coordenadas cartográficas UTM: Sistema de Coordenadas Transversal Universal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM), identifica un punto de la superficie "terrestre", y tiene como unidad de medida el metro. Es un sistema cilíndrico transversal conforme, secante al globo terráqueo el cual se encuentra relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980-Geodetic Reference System 1980 (GRS80), siendo de utilización más idónea, del cual deriva el WorldGeodeticSystems-WGS84. (Resolución Jefatural N.º 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J).

Sitio contaminado: Área en la cual el suelo contiene contaminantes provenientes de actividades antrópicas, en concentraciones que pueden representar riesgos para la salud o el ambiente, debido a que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, estándares internacionales aprobados por el MINAM o los niveles de fondo, siempre que estos últimos presenten valores que excedan dichos estándares. El área identificada como sitio contaminado puede comprender el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, que resulten afectados por la contaminación del suelo, cuando se encuentren dentro de esta.

Sitio impactado: Área geográfica que puede comprender pozos e instalaciones mal abandonadas, efluentes, derrames, fugas, residuos sólidos, emisiones, restos, depósitos de residuos, suelos contaminados, subsuelo y cuerpo de agua cuyas características físicas, químicas y/o biológicas han sido alteradas negativamente como consecuencia de las Actividades de Hidrocarburos.

Sitio potencialmente contaminado: Área en la cual el suelo puede contener contaminantes provenientes de actividades antrópicas. El sitio potencialmente contaminado puede comprender el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, cuando estos resulten afectados por la presunta contaminación del suelo.

Suelo: Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

Suelo contaminado: Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D.S. N.º 002-2013-MINAM.

Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

Territorio: Es el espacio físico en el que se desenvuelven el conjunto de actividades humanas con los elementos del medio natural que lo conforman (concepto ecosistemático). Es el suelo, subsuelo, dominio marítimo y el espacio aéreo que los cubre (concepto político – administrativo).

Textura de suelo: Es la propiedad física derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contempladas en la escala de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

Toxicidad: La propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas.

Toxicidad aguda. El grado en el cual una sustancia o mezcla de sustancias puede provocar, en un corto periodo de tiempo o en una sola exposición, daños o la muerte de un organismo (tiempo corto con respecto al tiempo generacional de los organismos).

Toxicidad ambiental. La característica de una sustancia o mezcla de sustancias que ocasiona un desequilibrio ecológico.

Toxicidad crónica. Es la propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos a largo plazo en los organismos, generalmente a partir de exposiciones continuas o repetidas y que son capaces de producir efectos cancerígenos, teratogénicos o mutagénicos.

Toxicidad subletal. Capacidad de un agente de causar efectos a concentraciones por debajo de las que causan la muerte (concentraciones letales). Los efectos pueden ser a nivel conductual, bioquímico, fisiológico o histológico.

Toxicocinética. Proceso que incluye la incorporación de compuestos tóxicos al cuerpo del organismo receptor, la biotransformación, la distribución de él y de sus metabolitos en el tejido y su eliminación (del tóxico inicial y de los metabolitos) del cuerpo del organismo receptor.

Toxicodinámica. Proceso de interacción de compuestos tóxicos con sitios blancos (se refiere a sitios para comparación) y las consecuencias bioquímicas y fisiológicas que causan un efecto adverso.

Umbral: Concentración o dosis de exposición debajo del cual no es probable que ocurra un efecto.

UTM: La Proyección Transversal Universal de Mercator, sistema utilizado para convertir coordenadas geográficas esféricas en coordenadas cartesianas planas.

Vía de exposición: Proceso por el cual el contaminante entra en contacto directo con el cuerpo, tejidos o barreras de intercambio del organismo receptor, por ejemplo, ingestión, inhalación y absorción dérmica.

Vulnerabilidad: Conjunto de condiciones que limitan la capacidad de defensa o de amortiguamiento ante una situación de amenaza y confieren a las poblaciones humanas, ecosistemas y bienes, un alto grado de susceptibilidad a los efectos adversos que puede ocasionar el manejo de los materiales o residuos, que, por sus volúmenes y características intrínsecas, sean capaces de provocar daños a la salud y el ambiente.

Fuentes para la elaboración del glosario:

Elaboración propia JCI-HGE, a partir de la revisión de diversas fuentes:

- ✓ Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo Guía para el muestreo de suelos, en el marco del DS-002-2013-MINAM.
- ✓ Guía para la elaboración de Planes de Descontaminación de suelos, en el marco del DS-002-2013-MINAM.
- ✓ Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados.
- ✓ Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30321, Ley que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental. DECRETO SUPREMO N° 039-2016-EM.
- ✓ Glosario de términos sitios contaminados MINAM.
- ✓ Glosario de términos sobre recursos hídricos (R.J. N° 180-2016-ANA)

INTRODUCCIÓN

El Fondo Nacional del Ambiente (en adelante: FONAM) somete a concurso público internacional N° 07-2017-FONAM la “Contratación de servicios de consultoría para elaborar los planes de rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes” en el cual el consorcio J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.-Hidrogeocol Ecuador Cía Ltda (en adelante: JCI-HGE), obtiene la buena pro para la ejecución del servicio, como parte de los 32 sitios priorizados por la Junta de Administración del Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental, creado mediante Ley N° 30321; el cual tiene como fin prevenir, minimizar, rehabilitar, remediar y compensar los impactos ambientales negativos derivados de las actividades de hidrocarburos, que impliquen riesgos a la salud y el ambiente, ameritando así su atención prioritaria.

Los 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes, se ubican en el ámbito de intervención del Lote 192 (Ex Lote 1 AB) en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto; donde las operaciones en la producción de petróleo iniciaron en el año 1971, con la entrada en operación de la empresa Occidental Petroleum Corporation del Perú (OPCP) y fueron masificándose en los años posteriores con la habilitación del Oleoducto Norperuano.

El siguiente documento comprende el **Plan de Rehabilitación** para el **sitio impactado S0112 (Sitio 35)**, ubicado en los predios de la Comunidad Nativa José Olaya, como parte de los alcances de los servicios de consultoría referidos al inicio. Se elabora de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Resolución Ministerial N° 118-2017-MEM/DM.

Contempla las generalidades y características del área, la caracterización de sitio impactado, la evaluación de los impactos y/o riesgos para el ambiente y la salud de la persona, las acciones de remediación y rehabilitación, así como sus respectivos anexos.

Para el desarrollo del Plan de Rehabilitación del mencionado sitio el proyecto pasó por distintas etapas, las cuales se puntualizan a continuación:

- Reconocimiento inicial del área potencial de interés.
- Desarrollo de modelos conceptuales.
- Caracterización del sitio (época seca y época húmeda).
- Evaluación e interpretación de resultados.
- Evaluación de riesgo a la salud y el ambiente.
- Evaluación de alternativas de remediación.
- Selección de alternativa de remediación.
- Desarrollo del Plan de Rehabilitación.
- Evaluación del Plan por las autoridades (MINEM).
- Desarrollo de la Ingeniería de detalle para la alternativa de remediación.

Este documento compila, de manera articulada y estructurada, los resultados de cada una de las etapas (a excepción de la ingeniería de detalle) antes referidas.

1. DATOS GENERALES

Esta sección presenta los datos generales de la entidad que presenta el Plan de Rehabilitación y las empresas que intervinieron en su elaboración.

1.1 Nombre y/o razón social del responsable que presenta el Plan de Rehabilitación.

Dirección General de Hidrocarburos (DGH)

1.2 Nombre y firma del representante legal (en su caso).

Francisco Javier Torres Madrid
Director General
Dirección General de Hidrocarburos (DGH)

1.3 Domicilio para recibir notificaciones.

Av. Las Artes Sur 260 San Borja. Lima-Perú

1.4 Datos de las empresas (consultoras, laboratorios, etc.) que intervinieron en la elaboración del Plan de Rehabilitación.

Elaboración del Plan de Rehabilitación: Consorcio JCI-HGE

Empresa Supervisora del Contrato: Tema Litoclean S.A.

Análisis de muestras: Laboratorio AGQ Perú S.A.C.

Análisis de muestras duplicadas: SGS Perú S.A.C.

Alquiler de camionetas CN José Olaya: ECSAJO

Alojamiento del personal en campo: Servicio proporcionado por la CN José Olaya

Alimentación del personal en campo: Servicio proporcionado por la CN José Olaya

Apoyos locales: Servicio proporcionado por la CN José Olaya

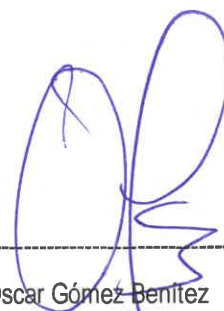
Empresa Consultora



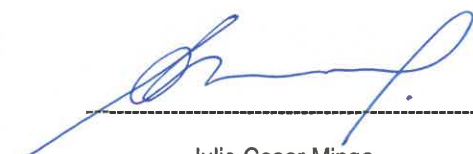
Julio Cesar Minga
Representante Legal
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



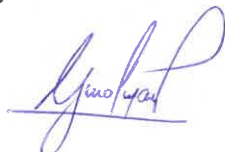
Danny Miguel Castro Bardález
Responsable de Aspectos Biológicos
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Óscar Gómez Benítez
**Responsable de Medidas de
Remediación Ambiental**
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Julio Cesar Minga
Responsable de Aspectos de Toxicología
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Guillermo Luján Vizcarra
**Responsable de Diseño, Procesos
y Presupuestos**
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Miguel Pedro Huamanchaqui Adauto
**Responsable de Aspectos de
Ingeniería de Petróleo**
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



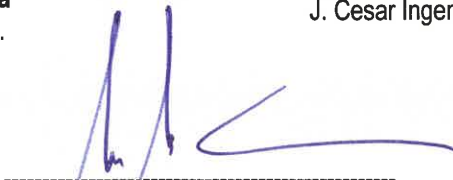
Jessica Becerra Flores
Responsable de la Información Geográfica
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Nélida Quispe Ecos
Responsable de Evaluación Económica
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Nella Arrieta Rodríguez
Responsable de Relaciones Comunitarias
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



Nelson Gabriel Navarro C.
Responsable de Gerencia del Proyecto
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

Los datos que se presentan en este capítulo han sido obtenidos mediante información bibliográfica, complementada con data obtenida en campo durante las labores de muestreo en las épocas húmeda y seca.

2.1 Ubicación.

Los trece (13) sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en estudio, se encuentran ubicados al norte de la Amazonía Peruana, políticamente en el distrito de Trompeteros, provincia y departamento de Loreto y geográficamente dentro de la cuenca del río Corrientes.

Los sitios impactados, objeto de estudio, fueron agrupados en cuatro (4) sectores con fines estratégicos: (1) debido a su distancia con respecto a las comunidades y centros poblados más cercanos y (2) considerando la distancia entre sí para fines de ejecución de las labores de campo y logística. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.1: Mapa de ubicación general del área de estudio.

El sitio S0112 (Sitio 35) se ubica en el Sector 1, el cual tiene como instalaciones cercanas a la Bateria Shiviayacu y se encuentra ubicado dentro del área de influencia de la comunidad nativa José Olaya.

Cuadro 2-1 Distribución de los sitios impactados por sectores

Sector	Sitio
Sector 1	S0111, S0112 (Sitio 35) , S0118
Sector 2	S0107, S0108, S0109, S0110
Sector 3	S0113, S0114, S0115, S0116
Sector 4	S0117, S0119

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

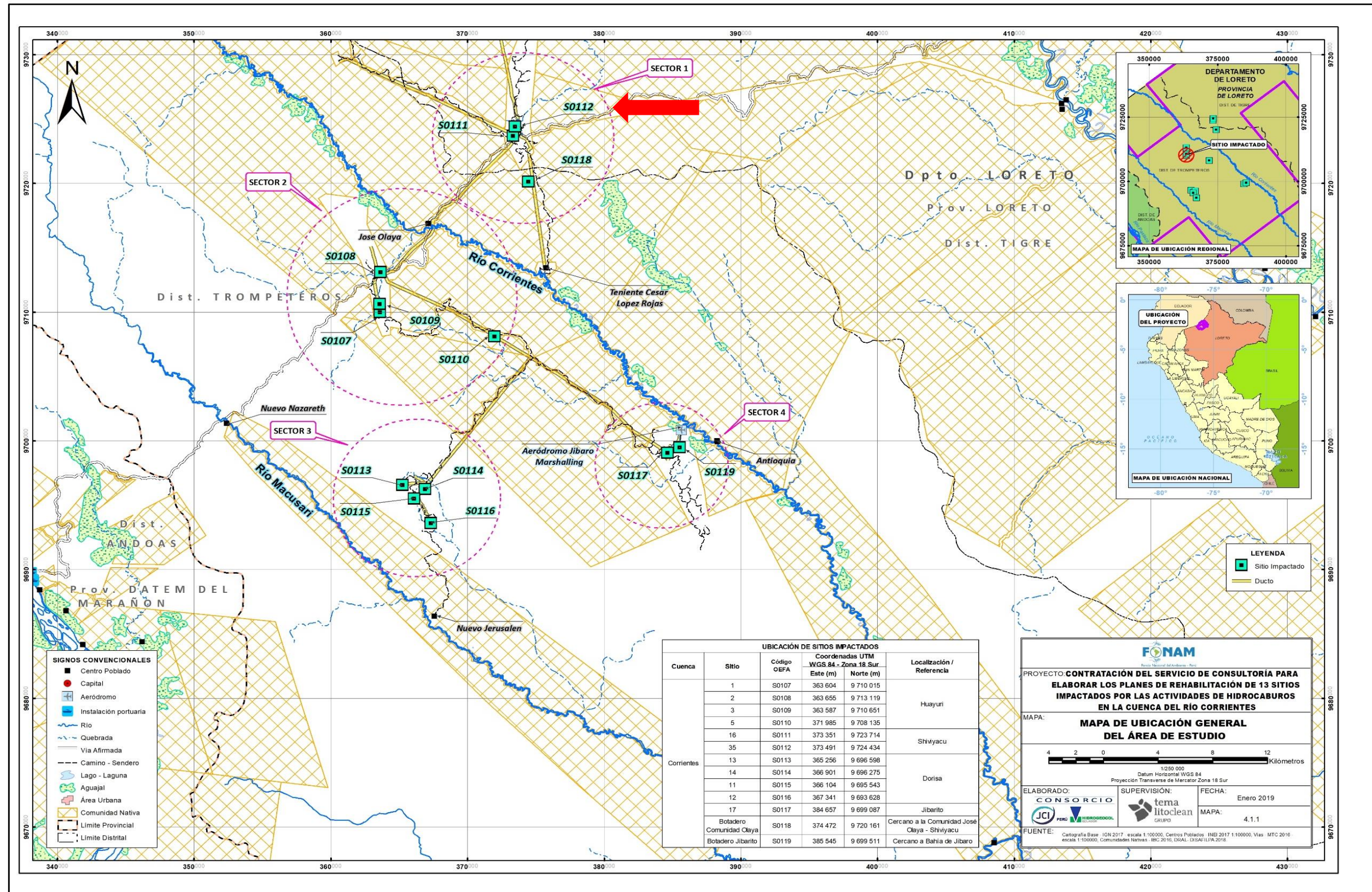
Para acceder al sitio se parte desde Lima vía aérea hacia Tarapoto, para luego tomar la carretera con destino a la ciudad de Yurimaguas en un tiempo estimado de 2 horas; de aquí se toma un transporte fluvial en el puerto Abel Guerra, con destino a la comunidad nativa Nuevo Andoas, cuya travesía dura 2 días aproximadamente, con pernocte en la comunidad de Ushpayacu. Para acceder a la comunidad nativa José Olaya, se toma la vía afirmada partiendo desde la Comunidad Nativa Nuevo Andoas en un tiempo estimado de 3 horas aproximadamente; de aquí se toma la vía afirmada hacia el pozo SHIV-26 (ver Figura 2-1 Ubicación de sitios impactados).

Cuadro 2-2 Acceso al sitio S0112 (Sitio 35)

Partida	Sitio	Vía afirmada / Referencia	Estado de la vía
Comunidad Nativa José Olaya	S0112 (Sitio 35)	Por carretera de tierra hacia pozo SHIV-26, cruce de la carretera con la quebrada, a 50 m.	En buen estado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 2-1 Ubicación de los 13 sitios impactados



Fuente: JCI-HGE, 2018.

2.2 Descripción de las condiciones ambientales: geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de suelo y cobertura vegetal entre otras.

En el presente ítem se detallarán las características geológicas, hidrogeológicas, hidrológicas, topográficas, climáticas, de suelo y biológicas del área de estudio, con énfasis en las características específicas del sitio S0112 (Sitio 35).

2.2.1 Geología

Los 13 sitios impactados se localizan en el denominado Llano Amazónico de la selva del norte del país, cuyo relieve se encuentra dominado por colinas, lomadas y terrazas aluviales, la estratigrafía de la cuenca del río Corrientes la integran formaciones rocosas sedimentarias, cuyas edades van desde el terciario superior (Mioceno) hasta el cuaternario reciente (Holoceno).

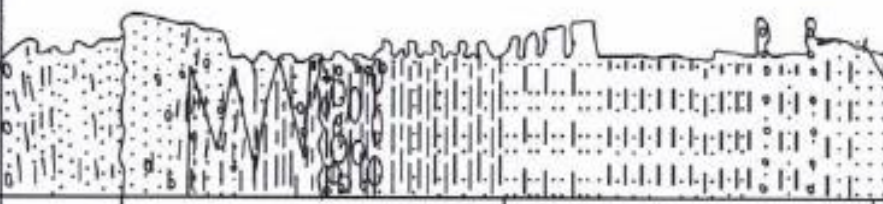
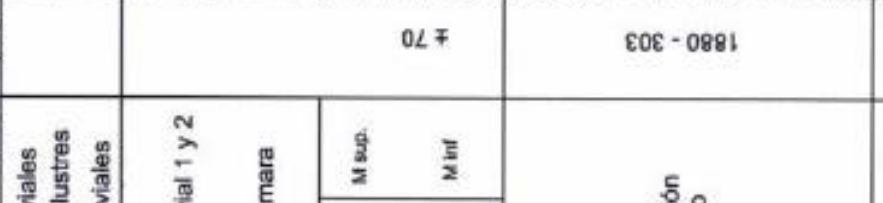
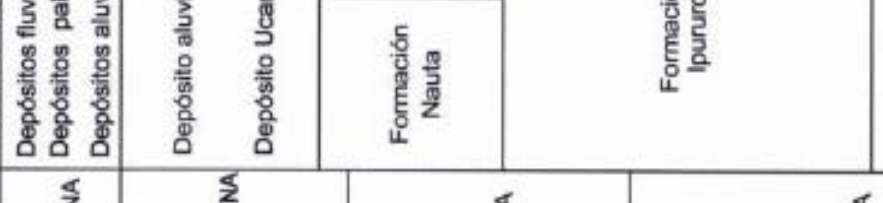
Las unidades geológicas presentes en el área que abarca el sitio S0112 (Sitio 35) son: Depósitos Aluviales Recientes, Depósitos Aluviales Antiguos y Formación Nauta ^a ^b. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.2: Mapa geológico del sitio S0112 (Sitio 35).

- Formación Nauta (TsQp-n): Está conformada por areniscas y lodolitas. Las areniscas se caracterizan por tener grano grueso de color rojo, con intercalaciones lenticulares conglomeráticas de gravas cuarzosas pequeñas. Las lodolitas también presentan color rojizo, se ubican en forma interestratificada con las capas de areniscas y presentan en la sección superior de la secuencia niveles enriquecidos de materia orgánica; la caolinita es el mineral de arcilla predominante en este material.
- Depósitos aluviales antiguos (Qp-a): Estos depósitos presentan dos horizontes claramente diferenciados: el horizonte inferior contiene gravas cuarzosas pequeñas semi consolidadas las cuales están englobadas en una matriz limo-arenosa; y el horizonte superior está integrado por limos y arcillas con escasa consolidación. Estos depósitos se estima un espesor aproximadamente entre 20 y 30 metros, conforma el relieve de las terrazas altas disectadas.
- Depósitos aluviales recientes (Qr-a): Comprende acumulaciones aluviales holocénicas depositadas por el río Corrientes y los diferentes cursos de agua que drenan la región. Estas acumulaciones están constituidas por arenas, limos y arcillas no consolidados que conforman los cauces, las planicies de inundación y las terrazas bajas inundables. Estos depósitos conforman una topografía llana, estimándose su espesor en un poco más de 5 metros.

^a Boletín N.º 30 Serie A: Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET - 1999).

^b Mapa Geológico del cuadrángulo de Andoas, 1999. Carta 5-k.

Figura 2-2 Modelo de columna litoestratigráfica del área de estudio

Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Grosor (m)	Columna Litológica	A.D.	Descripción
CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos fluviales			CA	Arenas limoarcillas y gravas
		Depósitos palustres			CL	Arcillas, lodolitas, grises
		Depósitos aluviales			CA	Arenas, limoarenas, en niveles masivos, delgados, con restos de plantas
NEÓGENO	PLEISTOCENO	Depósito aluvial 1 y 2	± 70		C	Arenas, limoarcillas en niveles masivos, delgados, con restos de plantas
		Depósito Ucamara				Arcillas, lodolitas, grises, verdosas.
	PLIOCENO	Formación Nauta	1880 - 303		C	Arenas finas a gravosas, gris claras a blanquecinas cuarzosas, angulosas, micáceas, ocasionalmente presentan arenas gris oscuras de grano fino, constituido de fragmentos de cuarcita oscura.
		Formación Ipururo				Limoarcillas beige a rojizas, caolinita, deleznable, intercaladas con capas delgadas de limolita y arenas finas, con algunos lentes, de grava.
	MIOCENO					Areniscas grises a marrones, en parte conglomerádicas, de grano grueso a medio, mal seleccionadas.

Fuente: Boletín N.° 130, Serie A (Carta Geológica Nacional), pág. 44.

2.2.2 Hidrogeología

Este ítem contiene la descripción de las características hidrogeológicas del área del sitio S0112 (Sitio 35). El flujo del agua en el área es en un medio poroso, estando controlado básicamente por las características detríticas de la zona, la litología detrítica domina el movimiento del flujo subterráneo.

Mediante la descripción del presente ítem se definirá la hidrogeología conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial-agua subterránea.

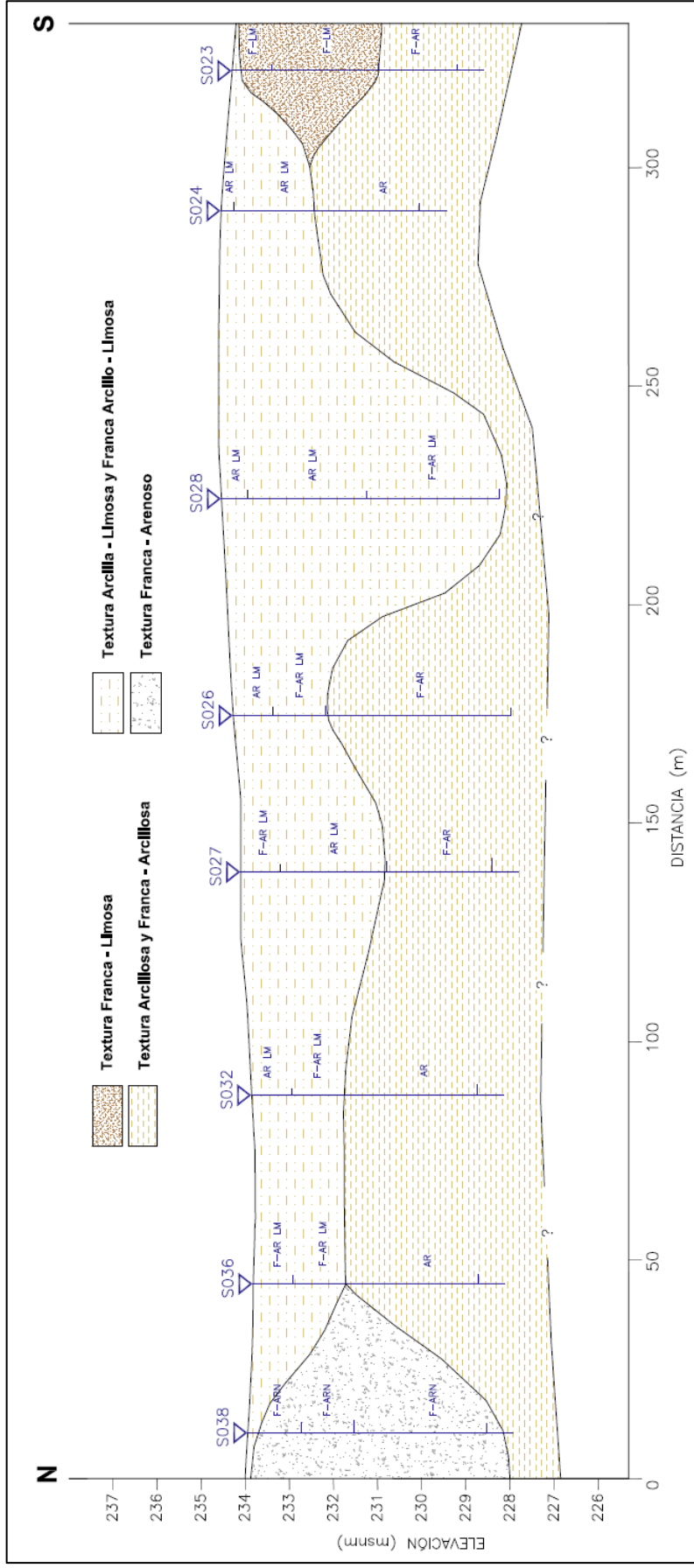
El flujo en medio poroso se encuentra gobernado por la ley de Darcy, el cual en forma empírica describe el movimiento subterráneo en medios poroso, siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

La hidrogeología conceptual se basa en la información geofísica (época húmeda), sondeos manuales (ambas épocas), sondeos con equipo (época húmeda) y perforación e instalación de piezómetros (época húmeda), las cuales se contrastan con la geología de la zona para definir el comportamiento del flujo subterráneo. Esto se detalla más adelante en sus respectivos ítems.

El mapa hidrogeológico nacional se describe como acuíferos detríticos en lo largo de la selva, pero para este ítem se infiere el comportamiento hidrogeológico local. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.4: Mapa hidrogeológico del sitio S0112 (Sitio 35).

En la Figura 2-3 se muestra un perfil litológico elaborada con los sondeos manuales y con equipo, con el fin de diferenciar de mejor manera las diferentes litologías del suelo, así mismo, identificar las unidades hidrogeológicas. Este perfil fue construido en base a la clasificación textural de los resultados de laboratorio y la descripción de los sondeos, sin embargo, este perfil no se encuentra en línea recta, es la unión de los sondeos para la construcción lito-estratigráfica del sitio impactado.

Figura 2-3 Perfil litológico del sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

2.2.2.1 Caracterización hidrogeológica

En este ítem se describirán las características hidrogeológicas del sitio S0112 (Sitio 35) definiendo la hidrogeología conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial-agua subterránea.

El flujo de agua en el agua subterránea en el área en un medio poroso, estando gobernado por la ley de Darcy, el cual en forma empírica describe el movimiento del agua subterránea en medios porosos, siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

En el sitio S0112 (Sitio 35) geológicamente tiene como basamento lo sedimentos de la formación Nauta donde la litología varía entre areniscas y lodolitas, y superficialmente corresponde a una litología de los cuaternarios antiguos y recientes, compuesta por limo-arenas, limos, arcillas con escasa consolidación e inconsolidadas. Tal como se muestra en la columna lito estratigráfica de la Figura 2-2. Con respecto a las zonas más probables para almacenar y transmitir el agua, para este tipo de depósitos, serían las arenas y gravillas por tener buena permeabilidad. Es común encontrar agua subterránea de poca capacidad (pequeños) esto es a causa del dinamismo del río (la deposición y erosión constante).

A. Unidades hidrogeológicas

Basándose en la litología de la geología regional, información textural de sondeos con equipo, sondeos manuales y observación visual en campo, ha sido posible determinar las posibles unidades hidrogeológicas presentes en el área de impacto del sitio S0112 (Sitio 35). Asimismo, se han clasificado de acuerdo con su importación hidrogeológica relativa.

- **Unidad Hidrogeológica 1**

Esta unidad hidrogeológica pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en cuatro (4) tipos de suelos: arcillosa, franco arcillosas, arcilla-limosa y franco arcillo-limoso. Donde el contenido característico es la arcilla como material predominante.

Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico casi impermeable. Superficialmente en época de lluvia permite la recarga del agua subterránea muy lentamente, la recarga lenta está ligada al grado compactación *in situ*.

- **Unidad Hidrogeológica 2**

Esta unidad hidrogeológica pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en dos (2) tipos de suelos: franca, franca limosa. Donde el contenido característico es el limo como material predominante.

Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico de permeabilidad baja. Superficialmente en época de lluvia permite una recarga lenta del agua subterránea, la recarga lenta está ligada al grado compactación *in situ*.

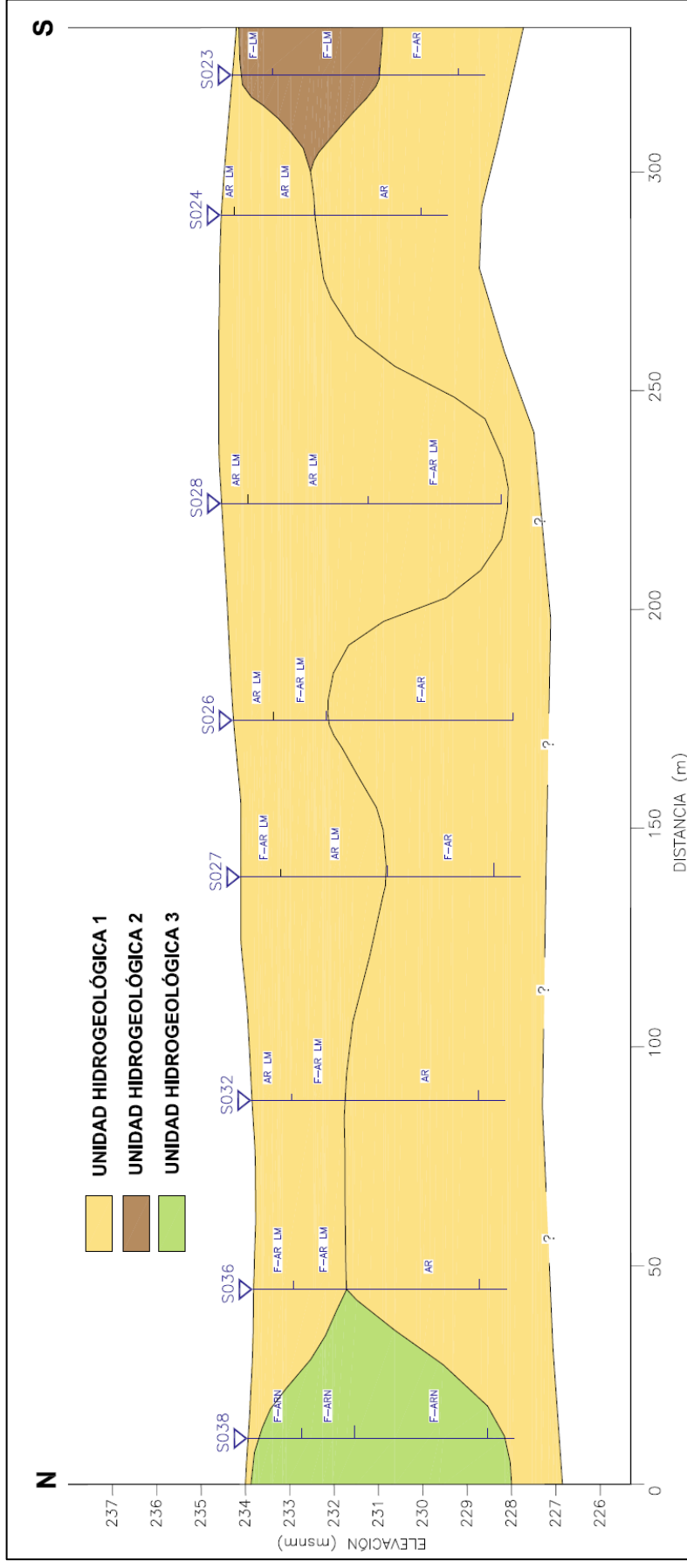
- **Unidad Hidrogeológica 3**

Esta unidad hidrogeológica pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en dos (2) tipos de suelos: franco arenoso y franco arcillo-arenoso. Donde el contenido característico son las arenas.

Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico permeable. Superficialmente la época de lluvia permite la recarga del agua subterránea esta recarga está ligada al grado compactación *in situ*.

En la Figura 2-4 se muestra un perfil hidrogeológico, este perfil fue construido en base al perfil litológico (Figura 2-3), según el análisis realizado se define el posible comportamiento de las unidades hidrogeológicas.

Figura 2-4 Perfil hidrogeológico del sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Isóbatas y dirección de flujo subterráneo

La concepción del flujo subterráneo a través del medio poroso del área del sitio S0112 (Sitio 35), se presenta en base a los niveles freáticos medidos en los piezómetros durante la campaña de campo realizada en junio y setiembre del 2018, los cuales nos indican que la existencia de una fluctuación del nivel dependiendo la época del año.

A partir de estos niveles se construye la morfología de las profundidades del nivel freático (superficie piezométrica) y las líneas de flujo las cuales se dirigen a partir de una zona de mayor altura piezométrica a una de menor altura, todas ellas encaminadas hacia el cauce del río principal.

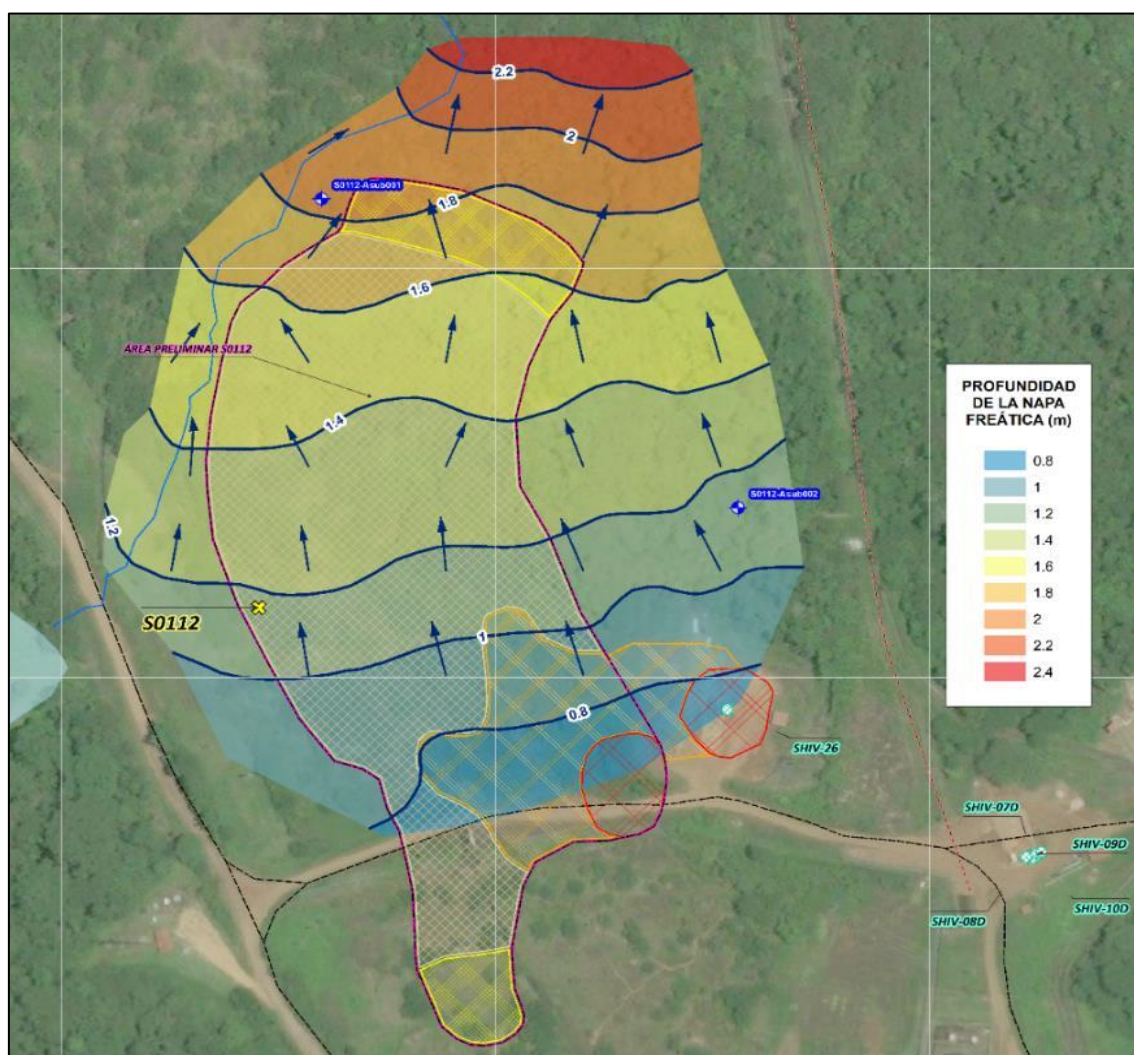
Estos resultados se infieren a partir de los monitoreo de la profundidad del nivel del agua en los piezómetros construidos en el sitio, a pesar de contar con solo dos piezómetros y no una red piezométrica que brindaría una información más detallada del comportamiento de la superficie freática en toda el área de estudio, se cuenta al menos con información de métodos indirectos como la tomografía eléctrica realizada para definir los sitios más recomendables para la ubicación de los piezómetros (ítem 3.6.1.4), también con las fichas de campo de los sondeos con equipos (anexo 6.5 documentación de detalle) y adicionando el juicio de los especialistas que participaron en los levantamientos de campo, lo anterior permitió definir de manera conceptual las isobata de nivel freático cercanas a cada piezómetro e inferir de manera conceptual las profundidad del nivel freático para las zonas impactadas.

Para la dirección de flujo hubiera sido importante tener topografía de detalle, pero con el juicio de experto que participó en los levantamientos de campo, la información indirecta (geofísica) se pudo definir el posible comportamiento de la dirección de flujo, con los resultados de los análisis previos podemos asumir una dirección sur a norte.

El área impacta preliminar se encuentra al oeste del SHIV26, en este caso la profundidad del nivel freático de no debe ser mayor a los 3 metros, esto siempre de acuerdo con cuan próximo esté de la quebrada y la forma de la topografía.

La Figura 2-5 muestra la superficie piezométrica del nivel freático del agua subterránea para la época húmeda y la probable dirección de flujo.

Figura 2-5 **Isolíneas de la profundidad del nivel freático del sitio S0112 (Sitio 35), época húmeda**



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

2.2.3 Hidrología

2.2.3.1 Descripción de la cuenca del área de estudio

El área de estudio se sitúa dentro de la subcuenca media-alta del río Tigre (Anexo 6.2 Mapa 6.2.5) el cual tiene sus orígenes en los andes ecuatorianos y se tiene como principales afluentes a los ríos Macusari, Platanoyacu, Capirona y Copalyacu (margen derecha) y el río Pavayacu (margen izquierda). Se caracteriza por ser meandriforme, con un canal que migra libremente en una llanura aluvial de suave pendiente, formando meandros y brazos abandonados; además por el sector teniente López, su cauce ha formado barras laterales arenosas y areno-gravosas, en ambas márgenes.

Por lo general sus aguas son turbias, de rápida corriente y cauce encajonado, aunque navegable. Sus tributarios muestran un sistema de drenaje moderadamente dendrítico a subdendrítico, con un fuerte control estructural y topográfico, dados por la geología del Lote 192. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.5: Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0112 (Sitio 35).

Cuadro 2-3 Características generales de la cuenca del río Corrientes^c

Área (km ²)	Perímetro (km)	Longitud Cauce (km)	Pendiente Cauce Principal (m/km)	Longitud Cuenca (km)	Pendiente Cuenca (m/km)
12 207,81	2 411,68	499,83	0,18	251,92	0,36

Fuente: Walsh Perú, EIA 20 Pozos de Desarrollo Lote 1AB

Respecto a la variabilidad de los niveles de agua, estos están definidos por dos (2) periodos principalmente: Periodo de aguas bajas, el cual está comprendido entre setiembre y diciembre y las fluctuaciones de los niveles de agua son uniformes; y el Periodo de aguas altas, comprendido entre enero y agosto, y sus aguas fluctúan entre 0,45 y 2,22 m.

2.2.3.2 Datos climáticos

• Datos hidrometeorológicos

De acuerdo con el análisis de la data disponible proveniente de las estaciones meteorológicas cercanas y representativas al área de estudio, en el Cuadro 2-4 y Figura 2-6 se muestra las precipitaciones medias mensuales de cada estación.

Cuadro 2-4 Precipitación media mensual (mm) (2000-2006)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
CHINGANAZA	191	162	253	331	391	284	280	123	191	121	182	175
TENIENTE PINGIO	173	159	237	164	223	189	214	289	183	226	158	143
BARRANCA	202	188	234	293	234	184	134	138	179	170	264	254
BONA	260	263	347	301	362	256	230	237	219	314	322	293
SOPLÍN	165	155	171	178	171	192	158	119	169	151	181	150
NUEVO ANDOAS*	182	246	253	276	329	270	215	208	234	388	207	205
BARTRA	207	172	257	241	253	277	278	216	204	202	210	199
SARGENTO LORES*	245	244	247	231	250	234	222	200	231	246	251	247
TENIENTE LÓPEZ*	203	260	290	310	269	354	290	203	218	277	243	184
Promedio	203	205	254	258	276	249	225	193	203	233	224	206
Desviación Estándar	31	44	47	52	56	54	50	50	23	73	48	49
Máximos	260	263	290	331	391	284	290	289	234	388	322	254
Mínimos	165	155	171	178	171	184	134	123	179	121	181	143
Curtosis	-0,05	-2,27	2,30	-0,96	-0,65	0,03	-0,62	-0,54	-1,61	-0,10	0,23	-0,65
Coef. Asimetría	-0,05	-2,27	2,30	-0,96	-0,65	0,03	-0,62	-0,54	-1,61	-0,10	0,23	-0,65
Coef. Variación	0,154	0,213	0,184	0,202	0,204	0,217	0,221	0,260	0,115	0,315	0,216	0,238

^c Estudio de Impacto Ambiental para la perforación de 20 pozos de desarrollo en los yacimientos de Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jibaro-Jibarito y Capahuari Sur en el Lote 1 AB.

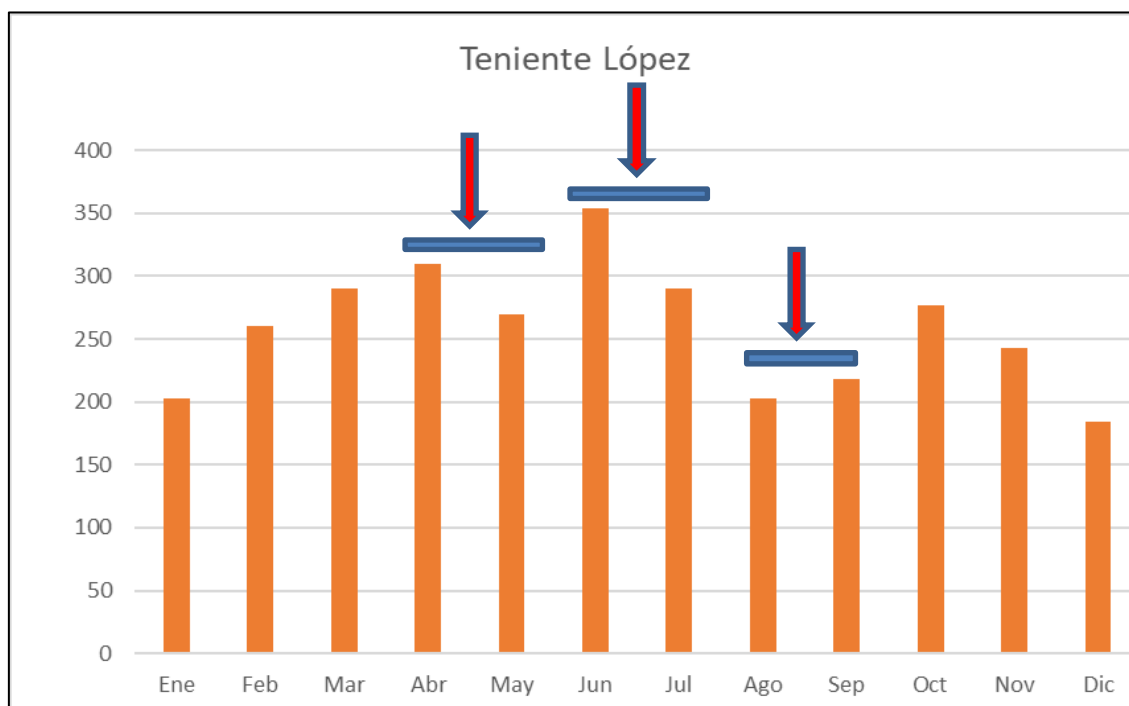
Cuadro 2-4 Precipitación media mensual (mm) (2000-2006)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Perc. 75 %	226	253	273,5	305,5	345,5	280,5	279	226,5	225	295,5	257,5	250,5
Perc. 50 %	202	188	253	276	253	256	222	203	204	226	210	199
Perc. 25 %	177,5	160,5	235,5	204,5	228,5	190,5	186	130,5	181	160,5	181,5	162,5

*Estaciones más cercanas al área de estudio.

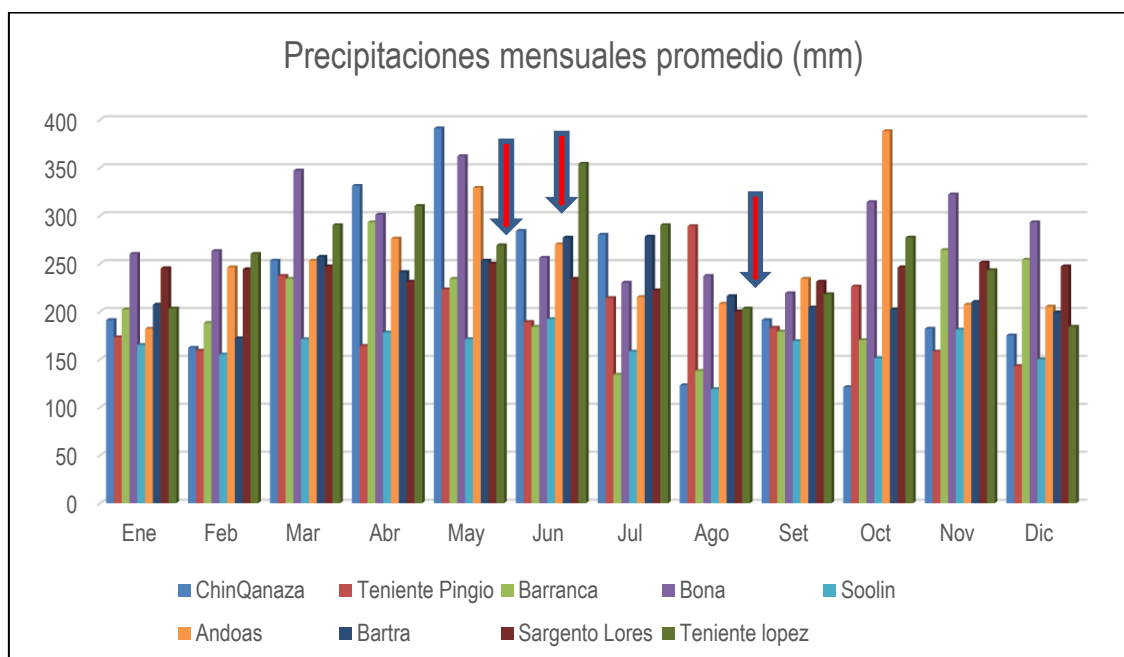
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. (Datos fuente: Estudio de Impacto Ambiental para la perforación de 20 pozos de desarrollo en los yacimientos de Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jíbaro-Jíbarito y Capahuari Sur en el Lote 1 AB.)

Figura 2-6 Histograma de precipitación (2000-2006) estación teniente López



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 2-7 **Histograma de precipitación estaciones cercanas al Lote 192 (Ex lote 1AB) (2000-2006)**



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En la Figura 2-7 se muestra el comportamiento de la precipitación media mensual (años 2000-2006) en las estaciones ubicadas en la selva amazónica nororiental, algunas de ellas localizadas dentro del Lote 1AB.

Como se puede observar, en la mayoría de las estaciones se presenta una precipitación constante durante todo el año, con niveles mayores a 100 mm/día, evidenciándose meses húmedos entre julio y setiembre y meses muy húmedos entre marzo y mayo.

En lo sucesivo las temporadas se identificarán como **época seca** (julio y setiembre) y **época húmeda** (marzo y mayo), (período con mayor intensidad y frecuencia de lluvias).

2.2.4 Topografía

La topografía de detalle será realizada en la segunda fase del estudio a la aprobación de los Planes de Rehabilitación, sin embargo para desarrollo en el análisis de la topografía del sitio en las diferentes matrices se ha recurrido a diferentes fuentes digitales y a los especialistas de campo para obtener un análisis topográfico (vista en planta y perfiles o secciones longitudinales) sobre el sitio impactado, a continuación se detalla el procedimiento utilizado para conceptualizar la topografía del sitio:

- Descarga de información topográfica de las paginas oficiales del estado: Instituto Geográfico Nacional (GEOPORTAL).
- Descarga de imágenes de Google Earth para contrastar las elevaciones topográficas.
- Verificación con los especialistas que participaron en las etapas de campo para contrastar con la información visual de la topografía captada por ellos.
- Finalización de la topografía conceptual utilizada para la representación de secciones en los diferentes ítems.

La topografía de la zona se presenta con poca pendiente en el área impactada, esta topografía no es propia de los procesos geológicos naturales, (encuentra alterada o modificada) sobre todo en la zona de instalación de pozos de explotación.

La topografía presenta pequeñas lomadas, responsables de la formación de quebradas estacionarias, tal como se constató por los técnicos que participaron en las etapas de campo durante las épocas de muestreo.

2.2.5 Climáticas

El Perú está formado por ocho regiones naturales: Chala o costa, yunga, quechua, suni, puna, janca o cordillera, selva alta y selva baja. En éstas se presentan una diversidad de climas y microclimas que van desde lo costero árido y cálido, pasando por los valles interandinos de tipo templado, frígido y polar hasta los de tipo cálido y lluvioso de la selva.

Tres son los factores que determinan básicamente el clima del Perú: la situación del país en la zona intertropical, las modificaciones altitudinales que introduce la cordillera de los Andes y la Corriente Peruana o de Humboldt, cuyas aguas recorren las costas del país.

Según el Mapa Climático Nacional del Senamhi a la zona de impactada le correspondería un clima de Selva Tropical Muy Húmeda específicamente un clima muy lluvioso, cálido, muy húmedo con invierno seco y abundante precipitación durante todo el año, permanentemente húmedo por alta concentración de vapor de agua en la atmósfera.

El tiempo de esta región está determinada por el Anticiclón del Atlántico Sur, la Baja presión Ecuatorial, ligada a la Zona de Convergencia Intertropical, la baja presión amazónica y en menor medida a las ondas del Este.

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.6: Mapa climático del sitio S0112 (Sitio 35).

2.2.6 Suelos

Según la información recopilada en el EIA 20 pozos desarrollo y Facilidades de producción – Lote 1AB (PLUSPETROL 2007) el suelo se clasifica como:

Bajial-Aguajal (Bj-Ag/A): Se caracterizan por ser de color pardo grisáceo muy oscuro a gris claro, algunas veces con moteaduras rojizas muy tenues y de textura franco-arcillosa a arcillosa, el drenaje natural es muy pobre debido a que se encuentran en relieves ligeramente depresionados, con aportes de escorrentía y filtraciones de áreas vecinas o desbordes de ríos. También estos suelos sufren anegamiento por las aguas del río y por las lluvias, presentan un color pardo grisáceo muy oscuro a gris claro, de clase textural media a fina, el drenaje es pobre debido a que se encuentra en relieves ligeramente depresionados, captando los aportes de la escorrentía y las filtraciones de áreas vecinas o desbordes de ríos.

Frontera-Colina (Ft-Co/C): Suelos profundo de color predominante pardo amarillento sobre pardo fuerte, de clase textural moderadamente fina, presentando ocasionalmente lentes de limolita, con drenaje natural bueno y algo excesivo en las áreas de pendiente empinada. Suelo predominante pardo fuerte y rojo, de clase textural media a fina. Drenaje natural es bueno a algo excesivo dependiendo de la gradiente del terreno.

Estos tipos de suelos fueron contrastados por los especialistas durante las actividades de muestreo de sondeos manuales y con equipo, también con la granulometría de los resultados de laboratorio. El suelo del sitio impactado está compuesto mayormente por arcillas y limos (cerca al pozo de explotación) y en las zonas cercanas a las quebradas por arenas.

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.7: Mapa de suelos del sitio S0112 (Sitio 35) y Anexo 6.10 Informes de resultados de laboratorio.

2.2.7 Geomorfología

Para el sitio impactado S0112 (Sitio 35) las unidades fisiográficas predominantes son las colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias (Anexo 6.2 Mapa 6.2.3). A lo largo de los principales cursos fluviales, las terrazas bajas eventualmente inundables son dominantes. El terreno que compromete este sitio es básicamente plano, con una ligera pendiente ($< 3\%$) en dirección sur – norte. Se caracteriza por la presencia de montículos de terreno no naturales, que responden a una intervención mecánica previa en este sitio.

Además, se ha identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0112 (Sitio 35). Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.3: Mapa geomorfológico del sitio S0112 (Sitio 35).

2.2.7.1 Fisiografía

El área de estudio general se caracteriza por situarse en el llano amazónico, cuyo relieve está constituido por terrazas medias y bajas, así como un sistema de colinas altas y bajas el cual está desarrollado sobre substratos rocosos algo variados. Estos caracteres fisiográficos esenciales han sido determinados por los eventos geológicos y climáticos acontecidos durante el Terciario superior y Cuaternario, así como los agentes erosivos que actúan a través del tiempo.

Además, se han identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0112 (Sitio 35):

- Gran paisaje de Llanura Aluvial: Presenta superficies plano-depresionadas con pendientes de 0-8 % y alturas menores a 20 m respecto a los cauces. Dentro de esta unidad podemos identificar lo siguiente:
 - Paisaje de Terrazas Bajas Holocénicas, conformados por acumulaciones de arenas, limos y arcillas no consolidadas depositadas durante el Cuaternario reciente. Para el área del sitio S0112 (Sitio 35) la unidad fisiográfica es: Terrazas Bajas eventualmente inundables.
- Gran Paisaje de Colinas Denudadas: Se caracterizan por presentar superficies onduladas a disectadas con pendientes hasta 50 %, donde se puede identificar lo siguiente:
 - Colinas Denudadas del Terciario, constituidas por arcillitas y areniscas de grano fino a medio; además comprende la siguiente unidad fisiográfica para el sitio S0112 (Sitio 35) es: Colinas Bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias.

2.2.8 Cobertura vegetal

Para la descripción de la cobertura vegetal de los sitios impactados durante la fase de campo, se tomó como referencia información secundaria presentada por Pluspetrol (2009), validándose cada una de las coberturas vegetales que se mencionan en dicho estudio, las cuales a su vez tienen correspondencia con las unidades de vegetación propuestas por MINAM (2015). Las coberturas vegetales respecto a los Sitios se presentan en el Anexo 6.2 Mapa de cobertura vegetal del sitio S0112.

• Cobertura sin vegetación (sv) o Áreas de no bosque amazónico (Ano-bo)

Esta unidad de cobertura se encuentra ubicada en la región Amazónica y comprende las áreas que fueron desboscadas y hoy convertidas en áreas agropecuarias, es decir, actualmente con

cultivos agrícolas y pastos cultivados; asimismo, comprenden todas las áreas cubiertas actualmente con vegetación secundaria (“purma”) y que están en descanso por un determinado número de años hasta que retorne la fertilidad natural del suelo, para ser nuevamente integradas a la actividad agropecuaria. Son unidades antrópicas de cobertura vegetal.

- **Bosques inundables de terrazas con vegetación rala (Bitbvr)**

Esta unidad de cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas) y que debido a la escala de trabajo y a la resolución espacial de las imágenes satelitales no permitieron su discriminación. En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, con una elevación topográfica menor de 80 m de altura con respecto a su base.

2.3 Grupos de interés ^d (actores sociales y claves).

Para la identificación de los factores sociales y culturales del estudio se ejecutó una **Ficha de Relevamiento** con el objetivo de obtener información específica. Se ejecutó un número promedio de 4 a 10 entrevistas por comunidad, a cargo de la especialista en relaciones comunitarias del equipo. Cabe señalar, que la ficha de relevamiento social contó con la revisión y validación de la empresa supervisora. En el Anexo 6.5 se muestran las fichas de relevamiento y la entrevista al monitor ambiental.

Las variables de levantamiento preliminar fueron en número de tres:

- Demografía y migración
- Actividades económicas
- Dieta, nutrición y salud

La mayor parte de la información social requerida también es posible identificarla en fuentes secundarias, debido a la serie de estudios previos en el Lote 192. Hacer uso de las fuentes secundarias se considera relevante, pues la población ya se encuentra saturada con la investigación social (primaria) de la cual han sido objeto en tiempos pasados debido al levantamiento de información para la obtención de las licencias y permisos ambientales (Estudios de Impacto Ambiental).

En el Cuadro 2-5 se presenta la ficha social de relevamiento.

Cuadro 2-5 Ficha social de relevamiento

Indicadores	Preguntas semiestructuradas
a. Demografía y migración	- N° Familias / Hogares. - Población (N° hombres, N° mujeres y N° niños. - Características socioculturales de las viviendas. - Lugares de emigración / Motivos de emigración (enfaticar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos).

^d La caracterización de los Grupos de Interés y de los Factores Sociales y Culturales referidos a la Comunidad Nativa José Olaya mantienen un mismo texto y análisis para los siguientes sitios: sitio S0111 (Sitio 16), sitio S0112 (Sitio 35), sitio S0118 (Botadero Comunidad Olaya), sitio S0107 (Sitio 1), sitio S0108 (Sitio 2) y sitio S0109 (Sitio 3) salvo las particularidades referidas a actividades económicas que pudieran ser propias del sitio en estudio.

Cuadro 2-5 Ficha social de relevamiento

Indicadores	Preguntas semiestructuradas
	- Lugares de inmigración / Motivos de inmigración (enfatar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos).
b. Actividades económicas	- Actividades económico-productivas ejecutadas en torno al casco comunal. - Actividades económico-productivas ejecutadas en torno a los sitios impactados. - Impacto de la actividad de hidrocarburos en las actividades económico-productivas.
c. Dieta, nutrición y salud	- Particularidades de la dieta cotidiana. - Cambios o introducciones en la dieta por impacto de la actividad de hidrocarburos. - Características de la salud: Condiciones del establecimiento, personal, morbilidad y mortalidad.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para complementar la ficha social de relevamiento se llevó a cabo la observación participante, vital para identificar otros aspectos tales como los tipos de construcción y materiales de las viviendas, los patrones de comportamiento y aspectos culturales.

Cuadro 2-6 Ficha de observación participante

Indicadores	Preguntas semiestructuradas
a. Vivienda	- Tipo de vivienda (material de construcción, tipo de piso, tipo de calles, asfaltadas o no asfaltadas), localización del área residencial con respecto a la fuente (distancia, vientos dominantes, etc.), antigüedad del área residencial, proyectos de crecimiento del área residencial. - Patrones de comportamiento en el interior de la vivienda. - Presencia de contaminantes en interiores: Por ejemplo, fumigación con insecticidas, leña para la cocción de alimentos. - Localización del dormitorio y del área de preparación de alimentos. - Presencia de industria familiar: Por ejemplo, carpinterías, ladrilleras, invernaderos.
b. Fuentes de agua y alimentos	- Fuentes de agua potable y alimentos. - Determinar las fuentes de agua potable y alimentos de los receptores, con el propósito de establecer si hay una exposición a contaminantes de preocupación por el consumo de éstos. Se debe considerar además una posible exposición por el uso utensilios de cocina que contengan contaminantes de preocupación.
c. Área de recreación	- Áreas donde juegan los niños. - Tipo de piso del área de recreación. - Localización del área con respecto a la fuente. - Antigüedad del área de recreación. - Eventos de restauración en el área. - Frecuencia de juego.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Finalmente, se levantó información sobre aspectos referidos a las preocupaciones de la población en torno al servicio, sus expectativas y recomendaciones para la rehabilitación en base a una ficha de percepciones, la cual se detalla a continuación:

Cuadro 2-7 Ficha de percepciones

N°	Temas	Preguntas y uso de mensajes clave
1	Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora.	¿Conoce usted sobre el servicio “Elaboración de los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las Actividades de Hidrocarburos en la Cuenca del Río Corrientes”? ¿Conoce a la empresa JCI – HGE? De ser necesario se brindará información en relación con el proyecto. ¿Qué opinión tiene sobre el servicio?
2	Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos)	¿Qué entiende usted por remediación? ¿Qué entiende usted por rehabilitación? Explicación sobre las diferencias y solicitud de opinión. ¿Qué espera usted de los trabajos de remediación o rehabilitación? ¿Qué cosas positivas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
3	Detalles del servicio	¿Conoce usted los tiempos del servicio, la ejecución en campo, la sistematización y la presentación de resultados a las comunidades? ¿Qué riesgos o problemas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
4	Recomendaciones	Recomendaciones a JCI-HGE, FONAM o la Junta de Administración para la ejecución del servicio.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el cuadro siguiente se registra el número de entrevistas realizadas en campo considerando la etapa de reconocimiento, y las dos épocas. Asimismo, en el Anexo 6.6. se adjuntan las entrevistas de campo.

Cuadro 2-8 Entrevistas en comunidades

Etapa	Meses (2018)	Número de entrevistas (J. Olaya, Nueva Jerusalén y Antioquia)
Reconocimiento	Febrero	15
Primera Época	Mayo - Junio	22
Segunda Época	Agosto - Setiembre	24
Total entrevistas		61

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Distancias estimadas desde el sitio S0112 (Sitio 35) a la Comunidad Nativa José Olaya.**

El sitio S0112 (Sitio 35) se encuentra ubicado a 11,7 km del casco comunal de la CN José Olaya. Es uno de los sitios con mayor número de derrames a lo largo de la actividad de Pluspetrol en la zona producto de los desbordes de depósitos de crudo del Pozo Shiviya. El año 2006, la contratista GyM ejecutó trabajos de remediación parcial basados en la remoción de suelo contaminado y vegetación. ^e

^e Entrevista a Monitor Edinson Ramírez Butuna.

Cuadro 2-9 Distancia del sitio S0112 (Sitio 35) a la CN José Olaya

Comunidad	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (Kilómetros)	Tipo de Recorrido
CN José Olaya	S0112 (Sitio 35)	11,7	Carretera / Bosque

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Demografía y población

El río Corrientes se encuentra ubicado en la parte nororiental de la Amazonía peruana, distrito de Trompeteros, provincia de Maynas, en el departamento de Loreto. La cuenca del Corrientes alberga a 31 comunidades nativas de los pueblos indígenas Achuar, Kichwa y Urarina, los que involucran una población de 7 mil habitantes. Históricamente, estos pueblos han ocupado su territorio de manera amplia, más allá de los límites de un título de propiedad territorial como una manera de asegurar su subsistencia en base a los recursos del bosque.

La población de José Olaya, Antioquía y Nueva Jerusalén es de origen exclusivamente Achuar y mestiza y asciende a 2 351 habitantes, donde el 46,2 % corresponde a población masculina y el 53,8 % a población femenina.^f

Según los resultados del trabajo de campo, basado en entrevistas y observación participante, la población de la CN Jose Olaya asciende a más de 500 personas, siendo la comunidad más grande. Cabe anotar que la población mestiza ha llegado a establecerse en José Olaya debido a la relación de ésta con la empresa petrolera, la cual demanda servicios y mano de obra. En el siguiente cuadro se identifica la población estimada para la CN José Olaya.

Cuadro 2-10 Población de la CN José Olaya

Comunidad Nativa	Población Total estimada – Trabajo de Campo (*)	Población Total aproximada	De 0 a 4 años	De 5 a 14 años	De 15 a 29 años	De 30 a 64 años	Más de 65 años	Hombres	Mujeres
José Olaya	500	127	22,83 %	31,5 %	25,98 %	19,69 %	0,0 %	46,5 %	63,5 %

Fuente: Base de Datos Oficial de Pueblos Indígenas u Originarios. Ministerio de Cultura. Actualización: Agosto, 2017.

(*) Cifras obtenidas durante las entrevistas a autoridades en las comunidades de estudio.

• Caracterización de las viviendas

La organización tradicional Achuar se caracterizó por un patrón de asentamiento disperso en la selva; la vivienda estaba ocupada por una familia extensa, es decir más de una unidad nuclear coexistiendo bajo un mismo techo (padres, niños, abuelos, tíos, tías, etc.) y cuya organización respondía a la práctica de la poligamia (varón que puede tener más de una esposa) y el levirato (el hermano del que muere sin hijos se casa con la viuda). Por ello, la vivienda representaba una unidad básica y necesariamente autosuficiente de producción y consumo, de manera que el

^f Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. PNUD. 2018.

liderazgo era vital tanto para la gestión de la unidad familiar como para proveer y defender la producción durante los tiempos de guerra.

Antiguamente, los Achuar habitaron enormes casas multifamiliares y espaciosas. Hoy, la composición de los hogares achuar, así como el tipo de asentamiento en el territorio, es diversa. Mientras algunos achuarenses viven en comunidades en donde las viviendas están aisladas, otros viven en comunidades nativas densamente nucleadas⁹.

Las viviendas Achuar siguen albergando a familias extensas, existiendo casas de una sola habitación, sin paredes o divisiones, como era antiguamente, y otras que ya tienen separaciones o cuartos en su interior. La construcción de las casas en las comunidades de estudio está basada en la combinación de materiales propios de la zona y foráneos, como de estilos de construcción. Si bien se siguen construyendo casas con pona o techos con hojas de palmera tejidas, en algunas casas también se han reutilizado calaminas o bidones abiertos que sirven de cercos o paredes, o plásticos que han sido colocados fuera de las puertas de ingreso de las casas, tarimas de fierro que son empleadas como mesas o lugares para colocar cosas, especies de tubos como bancos, etc. Muchos de estos materiales fueron en algún tiempo propiedad de la empresa petrolera y luego fueron donados o desechados y, posteriormente, reciclados por los pobladores.^h

En otras ocasiones, son los mismos pobladores quienes han adquirido calaminas (zinc) para sus techos o quienes han sido beneficiarios de una donación de calaminas, por parte del Estado o la empresa petrolera. En la CN José Olaya la mayor parte de las viviendas pueden tener paredes y una mínima separación de espacios internos; sin embargo, existen espacios únicos que funcionan de “subespacios” para dormitorio, cocina y sala de estar (lugar donde se coloca una o más “hamacas”), lo que posibilita que insumos inflamables o químicos se encuentren a la mano, como el caso de la leña para la cocción de alimentos, combustible o Diesel para el uso de las pequeñas embarcaciones familiares, etc. Esta situación se recrudece en tanto la cocina es contigua a los dormitorios y considerando que el principal insumo de cocina para las familias de la CN José Olaya es el gas.

Fotografía 2-1 Comunidad Nativa José Olaya



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

⁹ URIARTE, Luis. “Los Achuar”. En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). 2007.

^h Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. PNUD. 2018.

Una particularidad adicional es que en la CN José Olaya, a raíz de la presencia de personal foráneo que llega a alquilar su mano de obra a la petrolera, las familias deciden ampliar sus viviendas para albergarlos, razón por la que algunas viviendas se convierten en una especie de carpintería, donde coexisten el uso de la motosierra y la presencia de madera y otros materiales de construcción.

Como se mencionó, el principal insumo para la cocina en la CN José Olaya el gas debido a la mayor capacidad adquisitiva de las familias de esta comunidad que cuenta con mayores ingresos económicos y tiene el subsidio de la empresa petrolera en el uso de la energía eléctrica.

- **Áreas de recreación y espacios educativos**

Al igual que en toda sociedad, las actividades de recreación están pautadas por el sistema cultural, de manera que los Achuar cuentan con una serie de actividades lúdicas y de ocio que se llevan a cabo en torno a la vivienda, el bosque y los ríos y quebradas. Sin embargo, el proceso de aculturación de las comunidades Achuar ha privilegiado en los últimos años a la losa deportiva o cancha comunal como el espacio recreativo por excelencia, lo que no descarta que niños y adultos realicen actividades de ocio y recreación en el bosque durante los momentos de caza, pesca o recolección.

La “Cancha o Losa Deportiva”, lugar a donde llegan niños, jóvenes y adultos a practicar deportes como el fútbol y voleibol. La CN José Olaya cuenta con esta losa. El material del piso de esta losa es de cemento pulido y se encuentra ubicada casi al centro del casco comunal. La distancia de la cancha deportiva o losa hacia el sitio S0112 (Sitio 35) es la misma que desde la comunidad (11,7 km).

También se encuentran los juegos infantiles ubicados en las inmediaciones de la institución educativa, compuesto por: columpios, sube y baja, barras paralelas, bancas de cemento para reposar, entre otros. La frecuencia del juego de niños y jóvenes en estos espacios es cotidiana, esencialmente en horas de la tarde, después de las actividades escolares y laborales.

Fotografía 2-2 Áreas de recreación y espacios educativos Comunidad Nativa José Olaya



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Respecto a la educación entre los Achuar, la formación tradicional y educación de los niños y niñas están pautadas por la transmisión de valores para el fortalecimiento de la persona y la búsqueda de una visión, incluyendo fórmulas alimentarias, normas de dieta y abstinencia, purgas, búsqueda de visiones, etc. Es importante para el padre y la madre Achuar el transmitir a sus hijos todo lo

referido a las normas de conducta social y el trato con todos los seres - animados o no – del bosqueⁱ.

En relación a la educación formal, la CN José Olaya cuenta con los tres niveles de Educación Básica Regular, es decir: inicial, primaria y secundaria. La IE 384461 es la encargada de brindar la instrucción en primaria y secundaria, y laboran bajo la modalidad polidocente, todas las aulas cuentan con un docente responsable; cada nivel cuenta con su propia dirección y administración. El nivel inicial cuenta con tres docentes.

Cada nivel cuenta con una infraestructura propia de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos, aunque el agua potable dentro de la infraestructura, así como el desagüe para la disposición de excretas es ineficiente.

Las viviendas o los domicilios del alumnado están conglomerados en torno a la infraestructura escolar. Adicionalmente existe el Instituto Superior Tecnológico (Joaquín Reátegui Medina) que brinda la carrera de Técnico en Enfermería.

Cuadro 2-11 Institución educativa según nivel educativo y estadísticas

Nivel Educativo	Institución Educativa	N° Alumnos*	N° docentes	N° aulas
Inicial	N° 505868	50	3	3
Primaria	N° 384461	70	6	4
Secundaria	N° 384461	25	**	2

* Fuente: Información aproximada del número de alumnos, brindada por actores clave de la CN José Olaya.

** No se cuenta con información sobre el número de docentes.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Fuentes de agua potable y alimentos: Agricultura, caza y pesca

Las comunidades se surten del agua del río Corrientes y sus quebradas al interior de sus territorios. El régimen de las aguas del Corrientes presenta una creciente que se inicia en el mes de febrero, alcanzando una máxima en el mes de mayo que continua hasta junio. La vaciante se inicia en el mes de junio y alcanza el nivel mínimo del río en enero. La diferencia del nivel del río Corrientes entre creciente y vaciante es variable, pudiendo alcanzar una amplitud máxima de 4,7 metros.

Para el caso de la CN José Olaya, durante períodos de creciente, el agua de ríos y quebradas inunda el bosque y llega hasta el casco comunal. Las condiciones sanitarias que son deficientes se agudizan en ese período, situación que se complica pues los servicios higiénicos (letrinas) se inundan y se vuelven inutilizables. Con el agua “estancada” se generan focos de enfermedades como la malaria. Cabe anotar que en la entrevista a la responsable del Establecimiento de Salud de la CN José Olaya, se mencionó que el 50 % de la población ha contraído la enfermedad.

El acceso a agua potable es ineficiente. Gracias a las iniciativas locales, la comunidad cuenta con una pequeña planta de tratamiento comunal que no logra abastecer al total de su población. Adicionalmente, las aguas del río Corrientes, siendo navegables y habiendo recibido descargas de las baterías de producción por más de cuatro décadas, son aguas no utilizadas para consumo humano. La misma situación es para otras quebradas cercanas a las tres comunidades, tal como

ⁱ Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar 2006. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

la quebrada Huayurí, cerca de la CN José Olaya, la cual fue centro de descargas de una batería del mismo nombre durante toda la operación petrolera.

Fotografía 2-3 Planta de tratamiento comunal



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos y la población local percibe la posibilidad que se encuentren afectadas por el hidrocarburo que llegó a manera de derrame o que se encuentren cercanas a botaderos propios de la actividad de abandono de las petroleras.

- **Alimentos propios de la actividad agrícola**

Los suelos de estas comunidades tienen bajos niveles de nutrientes, las altas temperaturas y lluvias todo el año contribuyen a la lixiviación de los nutrientes químicos del suelo, razones por las que la agricultura es básica limitándose al cultivo en “chacras” familiares que se asientan de manera muy cercana a los cascos comunales (no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación).

La chacra está a cargo principalmente de las mujeres. Una chacra contiene por lo general una gran diversidad de especies y variedades de plantas alimenticias, medicinales y de usos varios (tintes, alimento para animales menores, etc.).

ⁱ Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

Fotografía 2-4 Preparación de masato en base a yuca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Las especies que se cultivan son, esencialmente, la yuca (usada para el masato, bebida tradicional y el plátano, especies que no requieren más que agua de lluvia para riego pues no es posible la canalización del agua de río o quebradas hasta las zonas de cultivo. La agricultura local no hace uso de fertilizantes químicos ni naturales y carece de asistencia técnica de algún tipo.

- **Alimentación basada en la caza o carne de monte**

El bosque era y es un espacio vital para los Achuar, pues de él se obtienen alimentos provenientes de la caza y la recolección de frutos silvestres. En la caza, el arma principal era la cerbatana de madera, y su fabricación es una de las formas de especialización técnica en esta sociedad. También se utilizan venenos “curaré” para las cerbatanas, trampas y perros para atrapar a algunos animales. En la actualidad, se ha incorporado el uso de escopetas o rifles de poco alcance. La caza es una actividad extendida y practicada por la totalidad de los varones locales mientras que cada mujer achuar posee y cultiva su propia chacra donde se cultiva yuca y plátano esencialmente, ambos productos como base de la dieta alimenticia Achuar juntamente con el pescado y la “carne de monte”^k como fuente proteica.

Debe agregarse que los niños y niñas Achuar también participan ejecutando actividades en el bosque. Desde muy pequeños acompañan a sus padres en sus faenas de caza, pesca o recolección, lo que les permite horas de recreo en el bosque o en alguna quebrada o curso de agua cercano. Los niños – al alcanzar la edad de 10 o 12 años aproximadamente- son instruidos por el padre en la actividad de la caza, aprendiendo a manejar alguna técnica tradicional o siendo adiestrados en el uso de la escopeta. Los niños varones Achuar empiezan sus cercanas incursiones al bosque a muy corta edad, aunque es en la pubertad y adolescencia que se adentran en éste y asumen el rol del cazador de la familia.

La caza requiere un amplio conocimiento, no solo de la etología animal (qué comen, a qué hora, como andan o duermen, cuándo están gordos, etc.) sino de las alteraciones indicativas del entorno (ruidos, pisadas, fecas). La excursión típica de un cazador adulto está basada en el recorrido de

^k URIARTE, Luis. “Los achuares”. En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). Guía etnográfica de la Alta Amazonía. Volumen VI. Lima: IFEA, Smithsonian Tropical Research Institute, pp. 1-241. 2007.

30 a 45 km por día, lo que permite la identificación de lugares estacionales de recolección de frutos, especies medicinales u otros recursos (lianas, cortezas, etc.) para diferentes usos^l.

Las especies de caza favoritas son: Huangana, sajino, sachavaca, armadillo, añuje, majaz, y aves como: pucacunga, pava, perdiz, paujil, trompetero, tucán, panguana, guacamayos y loros. El tipo de preparación de la carne de monte es esencialmente el asado o “ahumado”, para lo cual la carne es recubierta con algunas hojas de la especie bijao y colocada a la parrilla.

La población local identifica y conoce los sitios impactados en el marco del presente estudio, en ese sentido, reconoce que no en todos los sitios existen evidencias de zonas de caza; en el sitio S0112 (Sitio 35) se registraron evidencias (cartuchos, etc.) del desarrollo de esta actividad.

Cabe anotarse que la caza entre los Achuar es también una práctica comunal en base a las denominadas “mingas” o trabajo comunitario. En síntesis, la caza y otras actividades económicas (recolección y pesca) permiten relaciones simbólicas y afectivas del poblador con el territorio o el bosque, generándose lazos de identidad con estos que evidencia la interrelación entre seres humanos y no humanos^m (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también -adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 2-5 Alimentación basada en la caza



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Alimentación producto de la pesca

La pesca es otra de las actividades de vital importancia junto con la caza. Esta actividad se desarrolla en el río Corrientes y en cochas con el empleo de canoas pequeñas, redes, diversos tipos de flechas, arpones, anzuelos, etc. y la utilización de vegetales como el tiguí, timbo, gambi y semilla de asco; plantas que actúan como narcotizantes. La actividad se desarrolla de manera individual o en mingas.

La pesca es la actividad más importante en su aporte a la dieta y nutrición familiar. Las familias consumen diariamente raciones de pescado estimado en 1,000 gramos por persona. Sin embargo, en los últimos años, a raíz de la intervención estatal por los temores de la población de exposición al plomo y cadmio, las piscigranjas se han convertido en una estrategia para proveerse de pescado. El pescado se come asado, “envuelto en hoja de bijao”, en caldo o frito.

^l Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^m Descola, Philippe y Palsson, Gisli, Coord. (2001) [1996]. Naturaleza y sociedad: perspectivas antropológicas. Traducción de Stella Mastrangelo. México: Siglo XXI. Según la literatura etnográfica contemporánea sobre la Amazonía no opera en las ontologías de los pueblos indígenas la división entre sociedad y naturaleza. Se concibe más bien una amplia red social que incluye a los distintos seres humanos o no humanos (animales, vegetales, condiciones meteorológicas, espíritus, etc.), e incluso las cosas y los artefactos.

Las especies que se cultivan en las piscigranjas son introducidas: Paco (*Myleus pacu*) y Gamitana (*Colossoma macropomum*) y requieren de alimento y asistencia especializada que reciben de entidades del Estado. En períodos críticos, los cultivos se ven sumamente afectados, perdiéndose la producción de pescado en piscigranja y recurriéndose a quebradas y cochas (lagunas) cercanas a las comunidades.

Cabe anotar que no se identificaron en el sitio S0112 (Sitio 35) evidencias del desarrollo de la pesca. Sin embargo, las especies para consumo humano más representativas y que se encuentran en ríos y quebradas de la zona son:

Cuadro 2-12 Pesca para consumo humano

Familia	Especie	Nombre común	I Época	II Época
Characidae	<i>Leporinus friderici</i>	"lisa"	x	
Characidae	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	"paña" (piraña)	x	x
Characidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	"fasaco"	x	x
Characidae	<i>Brycon cephalus</i>	"Sábalo"		x
Characidae	<i>Hemibrycon jelskii</i>	"Sábalo"	x	
Characidae	<i>Hemigrammus sp.</i>	"Mojarrita"	x	x
Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	"Diente de perro"	x	x
Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Pez hacha plateado	x	x
Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>	"carachama"	x	x

Fuente: Trabajo de campo. Visita de reconocimiento. Febrero 2018.

Estas especies son propias de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos y pueden ser tolerantes a polución orgánica de moderada a muy fuerte.

• Recolección

Esta actividad representa un medio de subsistencia familiar en la CN José Olaya, y como tal, cumple las siguientes funciones: suplemento de alimentos de origen vegetal no obtenidos a través del cultivo, complemento de proteínas vegetales durante las épocas de escasez de caza y pesca, obtención de materias primas para diferentes usos domésticos y utensilios. etc. Se recolecta plantas medicinales como: uña de gato, chuchuhuasi, sachá ajos, suelda con suelda, leche caspi, etc. El método de recolección de los frutos es cortar los árboles con hachas y machetes. Durante el mes de noviembre se recolecta huevos de taricaya (Tortuga). Cabe anotar que no se identificaron en el sitio S0112 (Sitio 35) evidencias de actividades de recolección.

• Salud

El pueblo Achuar concibe que la enfermedad es causada por un ser externo y que es reflejo de un desequilibrio en las relaciones sociales. Por ello, el individuo observa normas y prácticas culturales para prevenir y eludir el daño de la enfermedad (fórmulas alimentarias, normas de abstinencia, purgas, tratamientos tonificantes de cuerpo y espíritu, etc.)ⁿ. La base del sistema médico Achuar radica en la identificación de la naturaleza del daño o enfermedad dentro de un sistema propio de clasificación de enfermedades^o.

ⁿ Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^o Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

Existen tres categorías básicas de enfermedades en la concepción Achuar: *wáwek*, *sugkúr* y *mímkau*. *Wáwek* o *wáwekratmau* son enfermedades que aparecen súbitamente y conducen a la muerte de manera muy rápida, de manera que son atribuidas a la hechicería o el daño, donde los pacientes deben ser atendidos por un *Wishín shirám* o médico que dieta, emplea la ayahuasca, entona cantos y receta abstinencias, entre otras prácticas propias de su sistema médico. Las enfermedades *súgkur* son aquellas menos graves y que pueden ser tratadas por la medicina occidental. Se incluye dentro de estas enfermedades a las lesiones; mientras que las enfermedades de tipo *mímkau* son patologías graves atribuidas al contacto mágico con un objeto, animal o a la violación de prescripciones rituales del postparto y la lactancia por lo que afectan – especialmente – a niños lactantes cuya salud está pautada por el comportamiento de los padres ^P

Dentro del sistema médico Achuar existen las parteras y los promotores de plantas medicinales. Las *Uchin Takumtikin* o parteras han aprendido de madres y abuelas los conocimientos para atender un parto a través de técnicas como el “enderezar” al bebé, utilizar vegetales para “aliviar” el dolor y facilitar el parto, etc. Los *Nupajar tsuakratin* o promotores de plantas medicinales cuentan con una serie de recursos según la sintomatología. Entre las especies de plantas o vegetales de mayor uso se encuentran el jengibre para hemorragias, enfermedades estomacales, dolores reumáticos, etc. El ajo calma distintos tipos de dolor como el de dientes y de huesos. También se conocen diversas cortezas que se aplican para curar abscesos o heridas. En resumen, existe todo un conocimiento referido a la medicina Achuar que coexiste en la actualidad con el sistema médico occidental.

El poblador Achuar combina esta lógica cultural de tratamiento de la enfermedad con la lógica occidental, por lo que recurre a un establecimiento de salud y accede a tratamiento y medicinas. Sin embargo, la prestación estatal del servicio de salud tiene muchas deficiencias para atender a la población Achuar del Corrientes, aun considerando que la población habita en un entorno de alto riesgo por exposición a emergencias y riesgos sanitarios por desastres antropogénicos provenientes de derrames de petróleo y brotes epidémicos. A esto se añade que las enfermedades prevalentes son la desnutrición crónica, la anemia, la malaria, así como las enfermedades infecciosas y parasitarias, existiendo también una alta tasa de muerte materna y neonatal.⁹ Adicionalmente, si bien Proyecto Especial Plan Integral de Salud del Corrientes (PEPISCO) - activo entre el año 2005 – 2015 – hizo posible una mejora en cuanto a la infraestructura de salud, existe aún problemas en materia de infraestructura, equipos, mobiliario y personal.

El establecimiento de salud de la CN José Olaya es de categoría I-1, es decir Puesto de salud con profesional de salud no médico dedicado a la atención de urgencias y emergencias. El puesto de salud es atendido por el siguiente personal:

- Una (1) técnica enfermera, encargada del establecimiento, Rosario del Pilar Navarro.
- Un (1) laboratorista.
- Además, recibe el apoyo de tres (3) estudiantes del Instituto Superior José Olaya, que realizan prácticas preprofesionales.

Los registros de morbilidad de la Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Salud señalan las siguientes enfermedades entre la población de la comunidad:

^P Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

⁹ Salud de los pueblos indígenas amazónicos y explotación petrolera en los lotes 192 y 8: ¿Se cumplen los acuerdos en el Perú? Defensoría del Pueblo. 2018.

- a. Enfermedades infecciosas intestinales, helmintiasis^r, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 00 a 11 años.
- b. Trastornos episódicos y paroxísticos^s, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 18 a 19 años.

En el cuadro siguiente se detalla la morbilidad por grupos de edad en la CN José Olaya, según registros del MINSA.

Cuadro 2-13 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) Enfermedades infecciosas intestinales	68	1	11	7	-
(A90 - A99) Fiebres virales transmitidas por artrópodos y fiebres virales hemorrágicas	1	-	-	-	-
(B00 - B09) Infecciones virales por lesiones de la piel y de las membranas mucosas	1	-	-	-	-
(B35 - B49) Micosis	3	-	4	6	-
(B50 - B64) Enfermedades debidas a protozoarios	1	1	-	1	-
(B65 - B83) Helmintiasis	31	1	9	3	1
(B85 - B89) Pediculosis, ascariasis y otras infestaciones	1	-	2	-	-
(D50 - D53) Anemias nutricionales	1	-	1	-	-
(E65 - E68) Obesidad y otros de hiperalimentación	1	-	1	-	-
(E70 - E90) Trastornos metabólicos	-	-	-	1	-
(F80 - F89) Trastornos del desarrollo psicológico	2	-	-	-	-
(G40 - G47) Trastornos episódicos y paroxísticos	4	7	23	14	3
(H10 - H13) Trastornos de la conjuntiva	8	1	5	6	-
(H60 - H62) Enfermedades del oído externo	-	1	1	-	-
(I10 - I15) Enfermedades hipertensivas	-	-	-	1	-
(J00 - J06) Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	87	8	28	15	3
(J09 - J18) Influenza (Gripe) y neumonía	-	-	-	-	1
(J20 - J22) Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores	32	1	-	-	-
(J30 - J39) Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores	1	-	-	-	-
(J40 - J47) Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	-	-	3	2	-
(K00 - K14) Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares	32	4	31	16	-
(K20 - K31) Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno	-	-	6	8	1
(K55 - K63) Otras enfermedades de los intestinos	-	-	1	-	-

^r Enfermedad producida por gusanos parásitos que viven alojados en el intestino o en los tejidos del ser humano y los animales vertebrados.

^s Los trastornos paroxísticos no epilépticos (TPNE) los forman una serie de episodios de origen cerebral o no, que constituyen un grupo muy heterogéneo de procesos, y que aparecen con mucha frecuencia durante la infancia. La mayoría de los TPNE son de naturaleza benigna y no suelen precisar tratamiento médico. Se estima que en torno al 10% de los niños presentarán un TPNE a lo largo de su infancia.

Cuadro 2-13 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(K80 - K87) Trastornos de la vesícula biliar, de las vías biliares y del páncreas	1	-	-	-	2
(L00 - L08) Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	6	2	2	10	-
(L20 - L30) Dermatitis y eczema	1	-	1	-	-
(L60 - L75) Trastornos de las faneras	1	-	1	-	-
(M00 - M25) Artropatías	2	1	7	10	1
(M40 - M54) Dorsopatías	-	-	1	13	2
(M60 - M79) Trastornos de los tejidos blandos	7	-	4	4	-
(N30 - N39) Otras enfermedades del sistema urinario	-	2	16	14	1
(N70 - N77) Enfermedades inflamatorias de los órganos pélvicos femeninos	-	-	-	1	-
(O20 - O29) Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo	-	-	1	-	-
(O85 - O92) Complicaciones principalmente relacionadas con el puerperio	-	-	2	-	-
(O94 - O99) Otras afecciones obstétricas no clasificadas en otra parte	-	-	5	1	-
(R10 - R19) Síntomas y signos que involucran el sistema digestivo y el abdomen	3	14	9	6	-
(R50 - R69) Síntomas y signos generales	32	14	23	26	1
(S90 - S99) Traumatismos del tobillo y del pie	1	1	3	3	-
(T08 - T14) Traumatismos de parte no especificada del tronco, miembro o región del cuerpo	15	7	8	8	1
(T20 - T32) Quemaduras y corrosiones	-	-	1	-	-
(T66 - T78) Otros efectos y los no especificados de causas externas	8	1	7	3	-
(W00 - X59) Otras causas externas de traumatismos accidentales	-	-	-	1	-
	351	67	217	180	17

Fuente: MINSA - Oficina General de Tecnologías de la Información. 2018.

- Aspectos migratorios**

Cabe anotar que la población mestiza ha llegado a establecerse en un número importante en estas comunidades, debido a la relación de éstas con la empresa petrolera, la cual demanda servicios y mano de obra.

Para el caso de las tres comunidades, la emigración se da a localidades cercanas como la Comunidad Nativa Nuevo Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos, si por estudios, salud o negocios. La inmigración es mayoritariamente por motivos laborales ligados a la actividad temporal vinculada a la operadora del Lote 192. Existe una fuerte inmigración de personas a la comunidad de José Olaya, procedente de comunidades cercanas como Nueva Jerusalén, centros urbanos como Comunidad Nativa Nuevo Andoas o incluso ciudades bastante lejanas como Iquitos o San Lorenzo.

Cabe anotar que la movilidad entre CN Nueva Jerusalén y CN José Olaya es muy intensa, muchos tienen familiares y/o viviendas en ambas localidades. Sin embargo, esta situación difiere en Antioquía donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud.

Grupos de Interés

El sitio S0112 (Sitio 35) se encuentra ubicado dentro de los territorios de la Comunidad Nativa (CN) José Olaya. La CN fue reconocida legalmente el año 2000 y titulada el 1 de marzo de 2014 con R. D. 002-2014-GRL-DRA-L. En el cuadro siguiente se encuentra información sobre el reconocimiento y la titulación de la comunidad.

Cuadro 2-14 Reconocimiento y Titulación de la CN José Olaya

Comunidad	Resolución de reconocimiento	Fecha de resolución de reconocimiento	Título comunal	Fecha de Titulación Comunal
José Olaya	R.D.070-2000-CTARDRA-L	4/6/00	R.D. 002-2014-GRL-DRA-L	1/3/14

(*) Fuente: Directorio 2016 Comunidades Nativas del Perú. SICNA - Sistema de Información sobre Comunidades Nativas de la Amazonía Peruana.

Los orígenes de la comunidad nativa datan de hace más de 40 años cuando familias de apellidos Piñola e Isla, de la comunidad de Valencia, deciden asentarse en la CN José Olaya motivados por mejorar su situación económica, abandonando el lugar en la década de los 70.

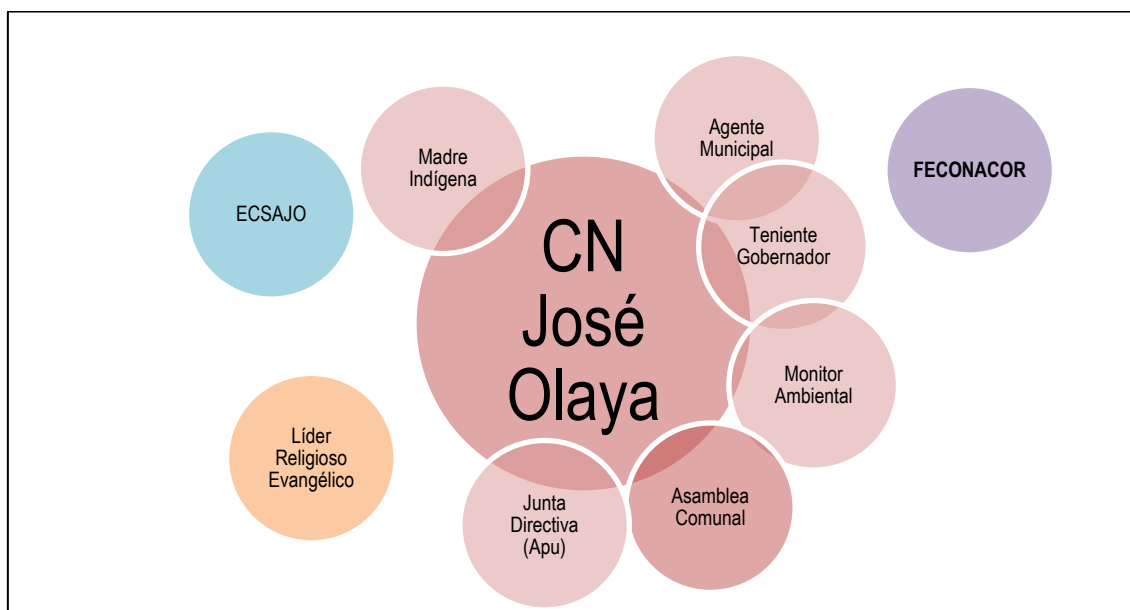
A continuación, un extracto de la historia comunal recogida por el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Perforación de 1 Pozo Exploratorio, 2 Pozos de Desarrollo y Facilidades de Producción en el Yacimiento Carmen - Lote 1AB elaborado por Walsh Perú S.A en noviembre del 2006:

“Al encontrar una zona en donde pudieron dedicarse a la comercialización de pieles (otorongos, tigrillos, sajinos, serpientes) y extracción de resinas (leche caspi, balata, palo rosa), fundaron el pueblo. Inicialmente se establecieron en un lugar cercano a las tierras actuales, en una zona de bajal, de difícil acceso debido a las continuas inundaciones pero que, sin embargo, era rica en animales como sachavacas, motelos, pajiles, huanganas, pavas, sajinos, lobos, etc. y especies madereras como cedros, tornillos, moenas, puchili, entre otros. Era una tierra ideal para la agricultura y estaba próxima a la empresa PETTI SUM, que se dedicaba a exploraciones petroleras, y que podía comprar sus productos. Más tarde, aproximadamente por la década de los 70's, la empresa de construcciones OPECOS, a quien se debe la construcción de la carretera, apoyaría la fundación del pueblo y la construcción de la primera escuela a través del norteamericano Sr. Haros. Este, a su vez, apoyaría por medio de donaciones de paquetes escolares, así como también comprando periódicamente la producción agrícola y carne de monte. Una vez que estos salieron de la zona, los pobladores decidieron trasladarse al lugar. El pueblo de José Olaya se establece definitivamente una vez que FONCODES construye una escuela en el terreno. El nombre del pueblo corresponde a un héroe nacional y se debe a la iniciativa del mestizo moyobambino Sr. Nemesio La Torre, residente de la zona. Dicho nombre se aceptó el 2 de febrero de 1989 y rige hasta el día de hoy. Aproximadamente, en el año de 1975 ingresó a la zona la empresa OXY, hecho que suscitó muchos malestares en el pueblo. Según testimonios de

los pobladores, en un principio ellos no se percataron de que en las aguas del río Corrientes se producían derrames de petróleo crudo”^t

En el siguiente gráfico se aprecia la conformación por Grupos de Interés, donde se pueden observar los actores clave de la comunidad considerando la “distancia” que se percibe de cada uno en función a la comunidad.^u

Gráfico 2-1 Grupos de interés CN José Olaya



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el presente acápite se desarrollará la participación de los grupos de interés de la CN José Olaya en el marco del “Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes”. Se los considera grupos de interés pues afectan o pueden ser afectados por las actividades de rehabilitación de sus sitios impactados. A continuación, la lista de grupos de interés:

- Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR).
- Comunidad Nativa José Olaya para el caso del S0112 (Sitio 35).
- Autoridades consuetudinarias: Apu / Junta Directiva Comunal.
- Autoridades del Estado: Teniente Gobernador / Agente Municipal.
- Líderes: Madre Indígena / Monitores Ambientales/ Líder religioso evangélico.
- Instituciones Privadas: Empresa Comunal de Servicios Agropecuarios José Olaya S. R. L. (ECSAJO).

Para el detalle y análisis de los grupos de interés se ejecutó en campo -entre los meses de febrero, mayo y julio del presente año- una metodología basada en la observación participante y la entrevista semiestructurada dirigida a un estimado de 5 a 6 autoridades y/o líderes comunales.

^t Línea de Base Socioeconómica del EIA Semidetallado Perforación de 1 Pozo Exploratorio, 2 Pozos de Desarrollo y Facilidades de Producción en el Yacimiento Carmen - Lote 1AB. Walsh Perú S.A. Noviembre, 2006.

^u Cabe resaltar que la metodología ejecutada para el presente servicio no consideró un mapeo de poder e influencia por lo que la posición de distancia (influencia) de los grupos de interés es la lectura del investigador.

Esta metodología permitió caracterizar a los grupos de interés y conocer sus percepciones acerca del servicio, así como acerca de la rehabilitación y la remediación.

FECONACOR

La Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR) es la organización indígena representativa de la cuenca. Afiliadas a ésta se encuentran 14 comunidades según Asamblea realizada el 4, 5 y 6 de agosto de 2017 en la Comunidad Nativa Pampa Hermosa^v. Estas comunidades son:

- 1) **José Olaya**
- 2) Nueva Jerusalén
- 3) Antioquia
- 4) Nueva Nazareth
- 5) Pampa Hermosa
- 6) Sauki (anexo de Pampa Hermosa).
- 7) Providencia
- 8) Santa Rosa
- 9) San José de Porvenir
- 10) Nuevo Paraíso
- 11) Nuevo Triunfo
- 12) Trompeteros
- 13) San Ramón
- 14) San José

Cabe anotar que la Inscripción en Registros Públicos de FECONACOR es: Zona Registral N° IV - Sede Iquitos Oficina Registral de Iquitos. N° de Partida 1109637. Resolución del Superintendente Nacional de Registros Públicos N° 124-97 SUNARP.

Su actual presidente es el señor Carlos Sandi Maynas, quien lidera una agenda política a favor de los derechos indígenas que se centra en el respeto y defensa del territorio, los recursos y la biodiversidad del pueblo Achuar del río Corrientes. La actual junta directiva para el período junio 2017-junio 2022 es:

- Presidente: Carlos Sandi Maynas
- Vicepresidente: Nicolás Kukush Sandi
- Secretaría de actas y archivos: Edinson Ramírez Butuna
- Secretaría de Educación: Dobías Hualinga Sandi
- Secretaría de Economía-Tesorero: Federico Diaz Sandi
- Gerente: Raúl Sosa Rodríguez

^v <http://observatoriopetrolero.org/pronunciamento-de-feconacor-federacion-de-comunidades-nativas-de-la-cuenca-del-corrientes/>

Asamblea Comunal

La Asamblea Comunal está conformada por los comuneros o jefes de hogar que residen en la comunidad y que cumplen con una serie de obligaciones como comuneros, tales como la participación en las mingas (trabajo comunal) y la asunción de cargos por designación de la asamblea comunal. La Asamblea General es el órgano máximo y está constituida por comuneros y comuneras debidamente empadronados y calificados.

Apu

El Apu es la figura más importante en la comunidad, quien la gestiona de la mano con una junta directiva. Es la persona que toma decisiones en base a los acuerdos de sus asambleas comunales, encargándose del cumplimiento de éstos. El Vice Apu lo reemplaza en ausencia.

La Junta Directiva es elegida por un periodo de dos a tres años mediante votación mayoritaria en la asamblea comunal, pudiendo ser ratificada o cambiada. El cargo de Apu debe ser asumido por todos los comuneros, aunque existen algunos personajes que son reelegidos como tal debido a su liderazgo y carisma. En José Olaya el cargo de Apu está siendo asumido (octubre 2018) por el Sr. Abel Nango, personaje histórico para la comunidad y el pueblo Achuar del Corrientes.

Teniente Gobernador / Agente Municipal

Los cargos de Teniente Gobernador y Agente Municipal son conferidos por el Estado Peruano. Ambas autoridades representan a la nación y se encargan de velar por el cumplimiento y respeto a la constitución política y el derecho nacional.

El Teniente Gobernador representa un cuerpo de vigilancia o disciplina en la comunidad, mientras que el agente municipal representa a ésta ante la población. El artículo 71 de la Ley Orgánica de Municipalidades indica que cuando se establezcan agencias municipales en comunidades campesinas y nativas, no constituidas como municipalidades delegadas, el alcalde designará agente a la autoridad elegida por la comunidad, de acuerdo con sus usos y costumbres.

A octubre del 2018, el cargo de Teniente Gobernador era asumido por el señor Edinson Ramírez Butuna y el de Agente Municipal por el señor Rubén Paima Cariajano.

Madre Indígena

La madre indígena es una mujer líder que se destaca por su sabiduría y conocimiento acerca de su cultura y cómo ve el futuro para ésta. Suele participar ampliamente en las asambleas y conduce las opiniones locales. Para octubre de 2018, el cargo de madre indígena era asumido por la señora Adolfinia García Sandi.

Monitor Ambiental

Como resultado de la firma del Acta de Dorissa^w el año 2006, Pluspetrol acepta la presencia de los monitores comunitarios independientes, a través de los compromisos con las comunidades achuar, cuya capacitación y salarios ha financiado a través del proyecto Plan de Salud en el marco de los acuerdos del Acta.

Los monitores son los encargados de recolectar la información. Elegidos por sus comunidades mediante una asamblea comunal, la mayoría de ellos son jóvenes y tienen un nivel de estudio secundario. La empresa Pluspetrol en acuerdo con el Acta de Dorissa financió las remuneraciones

^w Acta de Dorissa: Acuerdo firmado el 2006 entre los Apus de las comunidades indígenas del Río Corrientes – el MEM – el MINSA – el Gobierno Regional de Loreto y la Empresa Pluspetrol Norte S.A.

de los monitores mediante un depósito en una cuenta manejada por FECONACO^x de forma independiente. El resto del financiamiento está cubierto por otras organizaciones externas como Rainforest Foundation Noruega, WWF Perú, la Universidad Autónoma de Barcelona o la fundación privada suiza Nuevo Planeta. Cabe mencionar, que el hecho de contar con un financiamiento externo garantiza al programa una mayor independencia.^y

Durante el período de evaluación de JCI-HGE en campo, los monitores ambientales de la CN José Olaya que acompañaron toda la experiencia fueron:

- a. Eval Salas García
- b. Natanael Sandi Chimborás
- c. Javier Díaz Chimborás
- d. César Piñola Llaja
- e. Edinson Ramírez Butuna

Líder religioso evangélico

Es uno de los líderes con mayor influencia en la comunidad y comunidades aledañas, debido a que es el máximo líder de la iglesia evangélica en esta parte del río Corrientes. Son funciones como líder religioso: predicar la palabra de Dios, aconsejar a familias en caso se suscite algún problema, así como buscar nuevos creyentes, invitándolos a los cultos y asesorarlos en su visión de vida.

Asimismo, por su capacidad de liderazgo en la CN José Olaya coordina con el Apu acciones en beneficio de la población, aporta a la gestión comunal, entre otros. El cargo es ocupado por Gerardo Guardia.

ECSAJO

Con la presencia de la empresa Pluspetrol en el ex Lote 1AB desde 2000, se intensifica la relación económica de las comunidades, siendo la actividad petrolera una importante fuente de ingreso de las comunidades por medio de las empresas comunales.

La Empresa Comunal de Servicios Agropecuarios José Olaya S.R.L (ECSAJO) con RUC 20493546733 fue fundada el 18 de enero de 2007, siendo la primera experiencia de este tipo entre las comunidades del río Corrientes. En su Informe de Sostenibilidad^z, Pluspetrol afirma que las empresas comunales promueven la generación de nuevas oportunidades laborales para la población local, a la vez que el grado de organización y capacitación que van adquiriendo les permite acceder a contratos de servicios no solo con Pluspetrol sino con otras empresas que también desarrollan actividades en la zona.

Entre las actividades que realizan las empresas comunales figuran diversos trabajos de mantenimiento de vías, chaleos, construcción de infraestructura, reforestación, talas selectivas, talas masivas, alquiler de camionetas y minimización de los residuos sólidos, entre otros.

A continuación, se presenta información de la Ficha Registral de la empresa Comunal:

- N° partida de Ficha Registral: 11018425

^x Organización histórica, previa a FECONACOR.

^y Sistematización de experiencias con el programa de capacitación y vigilancia territorial independiente de FECONACO. Iquitos, Perú febrero 2011. Shinai y FECONACO. Financiado por WWF e IBIS.

^z Informe de Sostenibilidad 2014. Pluspetrol S.A.

- N° de socios: 249
- Fecha de Constitución: 15 de diciembre 2006
- Gerente: Adán Sandi Chimborás, DNI 05711418

Junta de Administración

- Presidente: Eval Abigail Salas García, DNI 05326101
- Secretario de Actas y Archivos: Andrés Salas García, DNI 05711406
- Secretario de Economía: Aurelio Piñola Hualinga, DNI 44645568
- Fiscal: Lizardo Nango Piñola, DNI 05717116
- Vocal: Faquín Nango Valencia, DNI 44874772

3. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO IMPACTADO

3.1 Antecedentes históricos del sitio impactado por las actividades de hidrocarburos (incluye todos los documentos ambientales).

Para el desarrollo de la investigación histórica, se recopilieron documentos y estudios técnicos previos, a fin de obtener información fidedigna que permita conocer de manera certera los eventos ocurridos en el sitio S0112 (Sitio 35). Las fuentes de información provienen de los organismos estatales como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante OEFA), Autoridad Nacional del Agua (en adelante ANA), Fondo Nacional del Ambiente (en adelante FONAM) y el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), y la información base cartográfica, entre otros.

La finalidad de este capítulo es detallar el proceso y/o evolución cronológica del área de estudio, indicando los principales eventos significativos que pudieran haber generado algún impacto sobre el área de evaluación, y las actividades productivas/extractivas que se han desarrollado.

Cuadro 3-1 Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio impactado

Tipo de documento	Descripción
Documento Técnico N° 20 - 1995	Contaminación ambiental en la amazonia peruana - Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
Estudio de Impacto Ambiental	Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Central Térmica Guayabal y de Líneas de Distribución de 13,8 KV y 33 KV" - Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Estudio de Impacto Ambiental	Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de Centrales de Generación Eléctrica en los Yacimientos Capahuari Sur 15 MW, San Jacinto 15 MW, Huayurí 40 MW y la Unidad de Producción de Combustible de Huayurí Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Estudio de Impacto Ambiental	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Sísmica 3D en Capahuari Norte-sur, Tambo Este y Jíbaro Nor Este-Jibarito lote 1-AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Informe Técnico Sustentatorio	Ampliación de componentes del proyecto de reinyección de aguas de producción y facilidades de superficie en el Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Estudio de Impacto Ambiental, aprobado mediante R.D. 394-2008-MEM/AEE	Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Perforación de 20 Pozos de Desarrollo y Construcción de Facilidades de Producción en los Yacimientos: Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jibarito y Capahuari Sur, Lote 1 AB - PLUSPETROL NORTE S.A.
Informe de Monitoreo Integral Independiente-2009	Informe del proyecto de Monitoreo Integral e Independiente de FECONACO-2009.
Informe Técnico N° 008-2013-ANA-DGCRH/CGEL	Resultados del monitoreo de la calidad de agua superficial y sedimentos de la cuenca corrientes en el Lote 1AB.
Reporte Público del monitoreo realizado en CCNN de la cuenca del río Corrientes. Abril-mayo 2013	Informe de Monitoreo Participativo realizado por la DIGESA, Monitores y Autoridades en la cuenca del río Corrientes.

Cuadro 3-1 Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio impactado

Tipo de documento	Descripción
Informe N° 350-2013-OEFA/DE-SDCA	Evaluación ambiental de calidad de suelos en el Lote 1 AB, correspondiente a la cuenca del Corrientes, en la región de Loreto, realizado del 23 de abril al 2 de mayo de 2013.
Informe N° 411-2014-OEFA/DS-HID	Resumen Ejecutivo sobre la situación ambiental del Lote 1-AB operado por la empresa PLUSPETROL NORTE S.A. - OEFA.
Informe N° 121-2014- OEFA/DE-SDCA	Identificación de sitios contaminados del componente suelo en el Lote 1-AB, correspondiente a la cuenca del río Corrientes, en la región Loreto, realizado del 25 de noviembre al 3 de diciembre de 2013.
Informe N° 2667-2015/DBS/DIGESA	Acciones realizadas en el cumplimiento del Acta del 10/03/2015, en beneficio de la población de las cuencas del Pastaza, Corrientes, Tigre y Maraón, de la región Loreto.
Informe Técnico	Informe de salida de reconocimiento de los 32 sitios impactados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre.
Informe N° 201-2016-OEFA/DE-SDCA	Informe de reconocimiento de sitios con residuos metálicos durante el monitoreo ambiental participativo en el Lote 192, realizado del 7 al 24 de agosto de 2016, en los distritos de Andoas, Trompeteros y Tigre, provincias de Datem de Maraón y Loreto del departamento de Loreto - OEFA.
Informe N° 421-2016-OS/DSHL	Adecuación de ductos para el transporte de petróleo del Lote 192, remitido Oficio N° 182-2016-OS-GAF.
Reporte de Campo CUC N° 0001-01-2017-22	Visita de reconocimiento de los botaderos y sitios impactados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre - Lote 192 (Ex Lote 1 AB) del 26 de enero al 9 de febrero de 2017 - OEFA.
Estudio Técnico Independiente del Ex Lote 1 AB - 2018	Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.1.1 Investigación histórica

Para tener un contexto sobre los eventos ocurridos el sitio S0112 (Sitio 35), es necesario conocer los acontecimientos ocurridos desde los inicios de las actividades hidrocarburíferas del Lote 192 (Ex Lote 1 AB). Todo parte desde el 22 de junio de 1971 donde se suscribió el contrato de operaciones para la explotación de petróleo, entre el gobierno del Perú representado por Petróleos del Perú S.A (en adelante PETROPERÚ) y Occidental Petroleum Corporation del Perú (en adelante OPCP) sobre el Lote 1 A (abarcando una extensión de 529 000 ha) debido al descubrimiento del yacimiento Capahuari Norte, en el cual se perforó el primer pozo (año 1972) denominándolo Capahuari Norte 1-X. El descubrimiento de este yacimiento se confirmó con la perforación del pozo Capahuari Sur 1X en el año 1973.

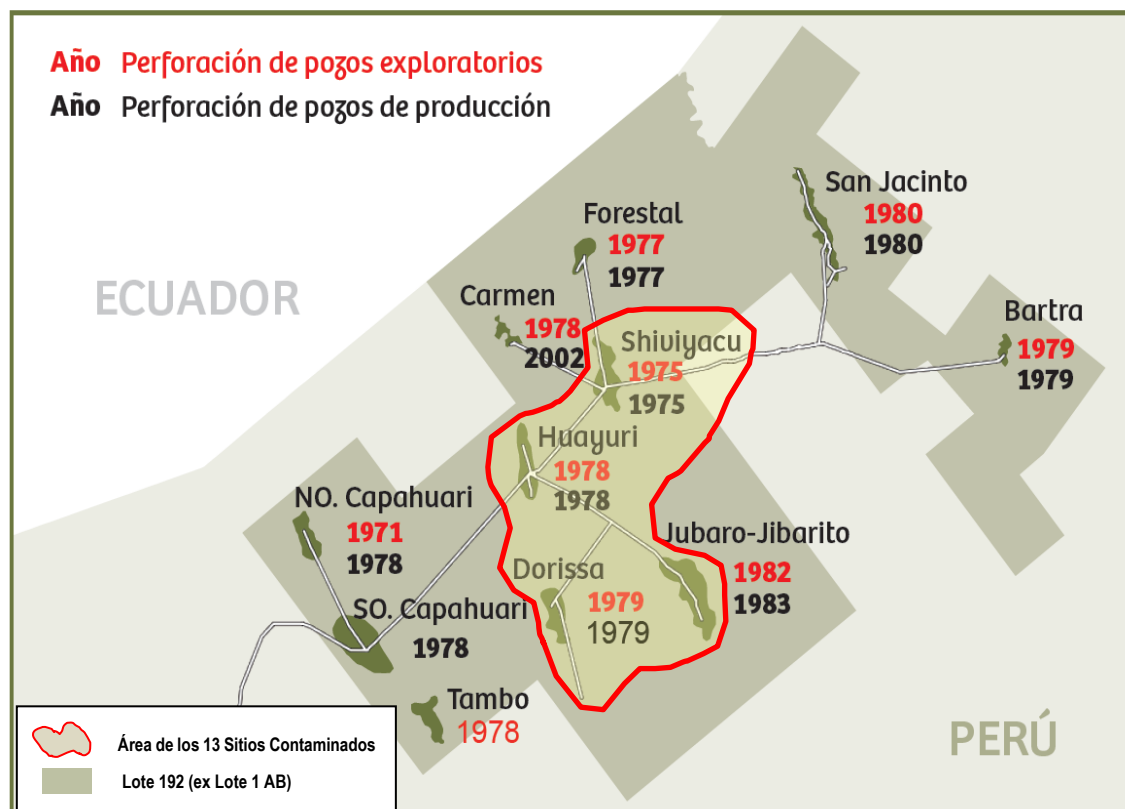
Paralelo a ello, se suscribió un contrato con Union Oil and Gas Group LTD. por el Lote 1B de 479 265 ha de extensión, el cual descubre reservas de crudo con la perforación de su primer pozo Jíbaro (los descubrimientos continuaron hasta 1989). El éxito obtenido fue tal, que conllevó a la perforación de otros pozos en toda la zona, haciendo en total 244 pozos perforados hasta la fecha.

Las actividades de producción conllevaron a la construcción del Oleoducto Norperuano entre 1973 y 1977 y la venta del crudo comenzó en enero de 1975, siendo la producción de 244 bdp/día (2 pozos operativos); la misma ascendió a 7 157 bdp/día a finales de ese mismo año, debido al aumento en el número de pozos operativos (12 pozos). El petróleo obtenido (con un bajo contenido de agua), era bombeado desde el yacimiento Shiviayacu hacia la estación Marsella para su transporte fluvial a través del río Tigre con destino a la ciudad de Iquitos, y con la construcción del Oleoducto Norperuano (ONP) se transportaba el crudo a la Estación N° 1 del Oleoducto Norperuano, situado en San José de Saramuro.

El terminal norte del Oleoducto Norperuano (ONP) se habilitó en el año 1978, contando para ese periodo un incremento importante en la producción de petróleo a 95 000 bdp/día proveniente de los 53 pozos activos. Asimismo, se incorporaron en ese año algunos pozos en los campamentos Carmen, Forestal, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste y Tambo, dando inicio el bombeo de petróleo en la estación recolectora (Gathering Station) en Andoas hacia a la estación de bombeo N° 5, en el río Morona (oeste del Lote 192).

En 1979 se implementó el método de levantamiento por gas, que consistía en enviar petróleo ligero a los campos orientales de petróleo pesado para incrementar la producción; asimismo se incrementaron nueve (9) pozos en la estación Bartra y tres (3) pozos en Dorissa, donde la producción ascendió a 111 000 bdp/día. Entre 1980 y 1982 se elevó el promedio de pozos a 79 para mantener la producción, debido a una baja en la producción de petróleo, asimismo, se incorporó un (1) pozo en Jíbaro y siete (7) pozos en Bartra, aumentando la producción a un máximo de 120 000 bdp/día.

Figura 3-1 Desarrollo histórico de las actividades de perforación en el Lote 192



Fuente: ETI del Lote 192 (ex Lote 1 AB). PNUD, 2018.

Es preciso indicar que, durante la operación de ambos lotes, se han producido derrames de hidrocarburos hacia el entorno, generando impactos ambientales negativos significativos. El impacto fue tal que, en el año 1983, se difundieron los primeros estudios de aguas y peces realizados en la zona, donde concluyeron que existía contaminación por cloruros, manganeso, hidrocarburos y cromo en los ríos Corrientes, Tigre y Capahuari, entre otros; habiendo también contaminación por plomo y cobre en peces del río Corrientes. Estos derrames continuaron produciéndose en años posteriores (la descripción de los derrames asociados al sitio S0112 (Sitio 35) se detalla en el Cuadro 3-3).

En 1983 el sistema de levantamiento por gas se remplazó en la mayoría de los pozos por bombas electrosumergibles, sin embargo, no se logra mejorar la productividad la cual declinaba a un promedio de 89 600 bdp/día, contando con 111 pozos activos en ese entonces. En el año 1986 ambos lotes se fusionan, conformando el Lote 1 AB, con una extensión de 497 000 ha; asimismo, la actividad de perforación disminuye producto al aumento de la fracción de agua de producción en el fluido extraído de los pozos.

En 1984 la producción en ese año fue de 57 057 bdp/día y 750 300 barriles de agua, con 122 pozos activos en 14 campos: Capahuari Norte, Capahuari Sur, Carmen, Huayurí, Huayurí Sur, Dorissa, Jibaro, Jibarito, Shiviyaçu, Shiviyaçu Sureste, Shiviyaçu Noreste, Forestal, San Jacinto y Bartra; asimismo, hasta ese año se llegó a tener una producción acumulada de 481 millones de barriles de petróleo.

Las primeras denuncias públicas se registraron en el año 1994 por parte de las federaciones indígenas sobre fugas en las tuberías del oleoducto, así como el vertimiento de aguas de producción a los ríos y suelos. Paralelamente en el año 1995 la OPCP se fusionó con Occidental Peruana Inc. Sucursal del Perú (en adelante OXY); asumiendo esta última todos los derechos y obligaciones de la OPCP. Al año siguiente, el alcalde del distrito de Trompeteros denunció públicamente a OXY y a PETROPERÚ ante la Fiscalía de la Nación, donde la Federación de Comunidades Nativas del río Corrientes (FECONACO) solicitó la conformación de una comisión especial para llevar a cabo una auditoría ambiental y la evaluación del grado de contaminación del río Corrientes. En ese mismo año el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) aprobó mediante Resolución Directoral N° 099-96-EM/DGH el Plan de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) del Lote 192 (Ex Lote 1 AB), presentado por OXY.

En el año 1997 el MINEM remitió a la Comisión de Ambiente, Ecología y Amazonia del Congreso de la República, un informe técnico donde concluyó que las descargas producidas se encontraban dentro de los límites máximos permisibles, lo que empeoró las relaciones con las comunidades; asimismo, al año siguiente el MINEM documentó altas concentraciones de aceites, grasas y mercurio en todos los ríos del área que reciben las aguas de producción; altas concentraciones de hidrocarburos, bario, plomo y cloruros en los análisis de agua superficial; presencia de petróleo, manchas grandes y manchas delgadas en la superficie de los ríos, así como en los suelos; y, contaminación de los lodos fluviales por metales pesados y cloruros.

En julio del año 2000, mediante el Contrato de Cesión de Posesión Contractual, Pluspetrol Norte S.A. (PPN) recibió la administración del Lote 192 (Ex Lote 1 AB) por parte de Occidental Peruana Inc., y suscribió posteriormente con Perupetro (en representación del Estado Peruano) el Contrato de Licencia en junio del año 2001, el cual fue modificado en enero de 2003. Con la nueva administración, se empieza a producir desde 15 000 a 17 000 barriles de crudo por día (bpd). Los pozos de producción se ubicaban en nueve áreas principales, localizadas en Capahuari Norte y Sur, Huayurí, Dorissa, Jibarito, Shiviyaçu, Forestal, San Jacinto y Bartra y la estación recolectora Andoas.

A partir del año 2001, la Dirección Regional de Salud (DIRESA) del Gobierno Regional de Loreto, monitoreó el río Corrientes para determinar la calidad del agua de consumo humano, agua superficial y sedimentos, obteniéndose valores que no cumplían con la normativa vigente en ese entonces (Ley General de Aguas); agudizándose las denuncias públicas de las federaciones indígenas de la zona exigiendo estudios de suelos, agua y metales pesados en sangre.

El 20 de abril de 2005, mediante Resolución Ministerial N° 153-2005-MEM/AAE el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) presentado por PPN, a fin de remediar las zonas contaminadas del Lote 192 (Ex Lote 1 AB); las cuales no habían sido remediadas con las medidas propuestas en el PAMA debido a la insuficiencia de los compromisos comprendidos ante la contaminación por hidrocarburos. En marzo de 2006 PPN remitió a OSINERGMIN los resultados analíticos de los suelos remediados (con plazo de ejecución al 31 de diciembre de 2005); paralelo a ello se conformó una Comisión Multisectorial adscrita al MINEM (mediante Resolución Ministerial N° 346-2006-PCM) con el objeto de estudiar, analizar y proponer los mecanismos para mejorar las condiciones socioambientales del área de influencia del Lote 192 (Ex Lote 1 AB). Sin embargo, en octubre de ese mismo año, el MINEM declaró estas tierras como “tierras eriazas” y de libre disponibilidad (inhabitadas y no productivas), adjudicando el derecho de servidumbre legal de ocupación a favor de la empresa PPN; lo que ocasionó junto con otras situaciones adicionales, el conflicto denominado “Río Corrientes” el cual culminó con la firma del Acta de Dorissa en octubre de 2006.

El 21 de marzo de 2007, PPN remitió a OSINERGMIN el Informe de Cumplimiento Ambiental correspondiente al sitio PAC SHIV12, y el 31 marzo remitió los resultados analíticos de los suelos remediados (con plazo de ejecución al 31 de diciembre de 2006). Para julio del mismo año, el MINEM aprobó el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del proyecto de Reinyección de Aguas de Producción y Facilidades de Superficie en el Lote 192 (Ex Lote 1 AB), como parte de la modificación del PAC. Asimismo, en noviembre de ese mismo año PPN remitió a OSINERGMIN los resultados analíticos de los suelos remediados en el periodo 2007.

En enero de 2008, PPN remitió a OSINERGMIN los informes de cumplimiento ambiental de los sitios remediados CSUR23, SHIV37, MAR01 y CSUR27 del Lote 192; y el 14 de febrero de ese año presentó los Informes de Cumplimiento Ambiental de los sitios remediados del Lote 192, correspondiente al sitio PAC SHIV 37.

A medida que se suscitaban estos acontecimientos durante la gestión de PPN, en setiembre de 2008 el MINEM aprobó mediante Resolución Directoral N° 394-2008-MEM/AAE el Estudio de Impacto Ambiental y Social del Proyecto de Perforación de 20 Pozos de Desarrollo y Construcción de Facilidades de Producción en los Yacimientos; Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jibarito y Capahuari Sur. Como se puede apreciar, la gestión ambiental del Lote 192 (Ex Lote 1 AB) ha sido fragmentada, pues no ha contado con un instrumento de gestión ambiental que integre todos los componentes que conforman el referido lote y sus procesos productivos.

Para el mes de abril de 2009, OSINERGMIN inició el procedimiento administrativo sancionador a PPN por haberse detectado en sus instalaciones del Lote 192 el incumplimiento al compromiso establecido en el PAC, relacionado a la excedencia de los niveles objetivos de 30 000 mg/kg de TPH en los sitios remediados de SHIV12 y SHIV37; asimismo, en junio de ese mismo año PPN presentó a OSINERGMIN los resultados de los análisis y ensayos adicionales a los realizados en los sitios remediados SHIV12 y SHIV37 (análisis a cargo del laboratorio EQUAS).

En marzo de 2010 la División de Gas Licuado de Petróleo remitió a la División de Combustibles Líquidos, los montos de sanción para las infracciones cometidas por el incumplimiento a los

compromisos establecidos en el PAC. En agosto de ese mismo año, el MINEM solicitó a OSINERGMIN un informe sobre el cumplimiento del PAC y PMA del Lote 192 (Ex Lote 1 AB); el cual le fue remitido el mes de octubre mediante Informe Técnico N° 180859-2010-OS/GFHL-UMAL. Para el mes de noviembre OSINERGMIN requirió a PPN presentar el Plan de Cese de Actividades por no haber cumplido con los compromisos del PAC y PMA; y en el mes de diciembre OSINERGMIN inició el procedimiento administrativo sancionador por los incumplimientos antes mencionados.

Poco después de que OEFA asumiera las funciones de supervisión, fiscalización y sanción ambiental en materia de hidrocarburos provenientes de OSINERGMIN, en marzo de 2012 el OEFA mediante Resolución Directoral N° 056-2012-OEFA/DFSAL sancionó a PPN por no cumplir con el Límite Objetivo de remediación de TPH de 30 000 mg/kg en los sitios de SHIV12 y SHIV37.

Tras las demandas y la reactivación de los conflictos violentos en la zona, entre el 25 al 29 de junio de 2012, la Comisión del Congreso del Grupo de Trabajo sobre la Problemática Socio-Ambiental en las Comunidades Nativas ubicadas en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes, Tigre y Maraón, realizó una visita al Lote 192 (ex lote 1AB) a fin de verificar las áreas afectadas con hidrocarburos de acuerdo a lo denunciado por dichas comunidades; por lo cual, mediante Resolución Suprema N° 200-2012-PCM, se creó la “Comisión Multisectorial adscrita a la Presidencia del Consejo de Ministros, encargada de analizar, diseñar y proponer medidas que permitan mejorar las condiciones sociales y ambientales de las comunidades ubicadas en las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Maraón” conformada por dos (2) grupos de trabajo: Grupo de Trabajo Ambiental y el Grupo de Trabajo Social. En setiembre de 2012, los miembros del Grupo Ambiental de la Comisión Multisectorial y los representantes de las Federaciones Indígenas y sus asesores, luego de la movilización de Alianza Topal realizada en junio del 2012, acordaron realizar el primer monitoreo participativo en las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Maraón dentro del área de influencia del Lote 192 (ex lote 1AB).

En marzo de 2013, el MINAM mediante Resolución Ministerial N° 094-2013-MINAM declaró en Emergencia Ambiental la cuenca del río Pastaza, en los distritos de Andoas y Pastaza. Asimismo, entre abril y mayo el Grupo de Trabajo Ambiental (dentro de la cual se encontraba OEFA) identificó puntos de muestreo dentro de la zona de influencia del Lote 192 (Ex Lote 1 AB), donde también se llevó a cabo el monitoreo ambiental de calidad de suelos. Y a finales de julio de ese mismo año, OEFA alcanzó a la Comisión Multisectorial los resultados de los análisis de suelo de los puntos ubicados en las zonas fuera del área comprendida por el PAC afectados por Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH); toda vez que PPN ya había procedido con la identificación de las zonas impactadas con hidrocarburos dentro del área PAC.

FECONACO solicita la Emergencia Ambiental mediante carta el 7 de agosto del 2013. En setiembre de 2013, el MINAM mediante Resolución Ministerial N° 263-2013-MINAM, emitió la Declaración de Emergencia Ambiental (DEA) de la cuenca del río Corrientes, aprobando el Plan de Acción Inmediato y de Corto Plazo para la identificación de sitios impactados dentro de la cuenca, en el ámbito de influencia directa e indirecta de la actividad de hidrocarburos.

A finales del año 2013, OEFA realizó un segundo monitoreo participativo en la cuenca del río Corrientes (comprendiendo los distritos de Andoas, Pastaza Trompeteros y Tigre) con la finalidad de identificar los sitios impactados dentro del Lote 192 (Ex Lote 1 AB). Acorde a lo manifestado por PPN en su Informe Anual Ambiental del 2013, se había reinyectado el 100 % del agua producida en el Lote 192 (Ex Lote 1 AB), ascendiendo a un caudal de 18 421.107 BAPM (Barriles de Agua de Producción por Mes).

Es preciso indicar que PPN ha operado el Lote 192 (Ex Lote 1 AB) de acuerdo con el contrato de

concesión, el cual tiene fecha de vencimiento el 29 de agosto de 2015; sin embargo, PPN no había solicitado ante la autoridad competente la aprobación de un instrumento de gestión ambiental que permita realizar un retiro ordenado del lote, así como la remediación ambiental que correspondiera, de acuerdo con las obligaciones ambientales asumidas con la concesión. Perupetro aceptó la devolución de las áreas del Lote 192 (Ex Lote 1 AB) operadas por PPN.

En el marco de la comisión multisectorial “Desarrollo de las cuencas de los ríos Pastaza, Tigre, Corrientes y Marañón del departamento de Loreto”- aprobada por la Resolución Suprema N° 119-2014-PCM- y de la firma del Acta de Lima, el 10 de marzo del 2015, las federaciones indígenas de estas cuencas y el Gobierno peruano, acordaron elaborar un estudio técnico independiente (ETI) y además crear un fondo de contingencia para la remediación ambiental de estas cuencas.

El 7 de mayo de 2015 se publica la Ley N° 30321 que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental (la Ley N° 30321 es un punto de acuerdo en suscrito en el Acta de Lima, firmada el 10 de marzo de 2015, as), de los sitios impactados como consecuencia de las actividades de hidrocarburos. Asimismo, en agosto de ese año Pacific Stratus Energy del Perú S.A. (Pacific) celebra un contrato de servicio temporal para la explotación de hidrocarburos en el Lote 192 (Ex Lote 1 AB) hasta junio de 2019 (Perupetro, 2018). En abril de 2016 OEFA se reunió con los representantes y asesores de las asociaciones indígenas FECONAT, FECONACO y los representantes de Pacific con la finalidad de realizar la primera de las etapas del monitoreo participativo programado para el año 2016 en el Lote 192 (Ex Lote 1 AB), denominada “Reunión de Coordinación Previa con los Actores Involucrados”, generándose así actas de compromisos mutuo para el desarrollo de las siguientes seis (6) etapas de monitoreo participativo.

En diciembre de 2016 se publica el reglamento de la Ley N° 30321 mediante Decreto Supremo N° 039-2016-EM, a fin de establecer los lineamientos a seguir para la ejecución de la remediación ambiental de los sitios impactados por hidrocarburos; y conforme a ello la Junta de Administración del Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental, quienes en sesiones de trabajo, realizó la priorización de treinta y dos (32) sitios contaminados, conforme a los acuerdos establecidos entre diciembre de 2015 y marzo de 2016. Conforme a ello, mediante Carta N° 063-2017-FONAM del 27 de febrero de 2017 el FONAM comunicó a OEFA el lanzamiento del concurso público para la elaboración de los planes de rehabilitación de los treinta y dos (32) sitios priorizados por la Junta de Administración del Fondo de Contingencia, solicitándole también el reconocimiento en campo de los siete (7) botaderos, el mismo que se realizó en marzo de 2017.

En torno al ámbito del territorio de la comunidad han existido vertimientos, derrames y otras afectaciones desde los inicios de las operaciones extractivas de hidrocarburos, siendo la perforación de pozos exploratorios y la utilización de lodos de perforación las primeras afectaciones producidas. Por otro lado, las prácticas operacionales inadecuadas, como el vertimiento a cuerpos de agua superficiales o al suelo de aguas de producción, la no contención de derrames y un deficiente mantenimiento de sus sistemas de transporte (oleoductos) también han sumado al deterioro ambiental de este territorio. Ante las primeras denuncias públicas por parte de comunidades nativas, el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) a fin de remediar las zonas contaminadas, las cuales no habían sido remediadas con las medidas propuestas en el PAMA (Plan de Adecuación de Manejo Ambiental), y actualmente se viene realizando los Planes de Rehabilitación de los sitios Impactados identificados por OEFA en el 2017 a petición del FONAM. Con estas acciones el estado peruano contempla el inicio de un programa estructurado de remediación ambiental para las cuencas afectas por las operaciones petroleras durante más de 40 años.

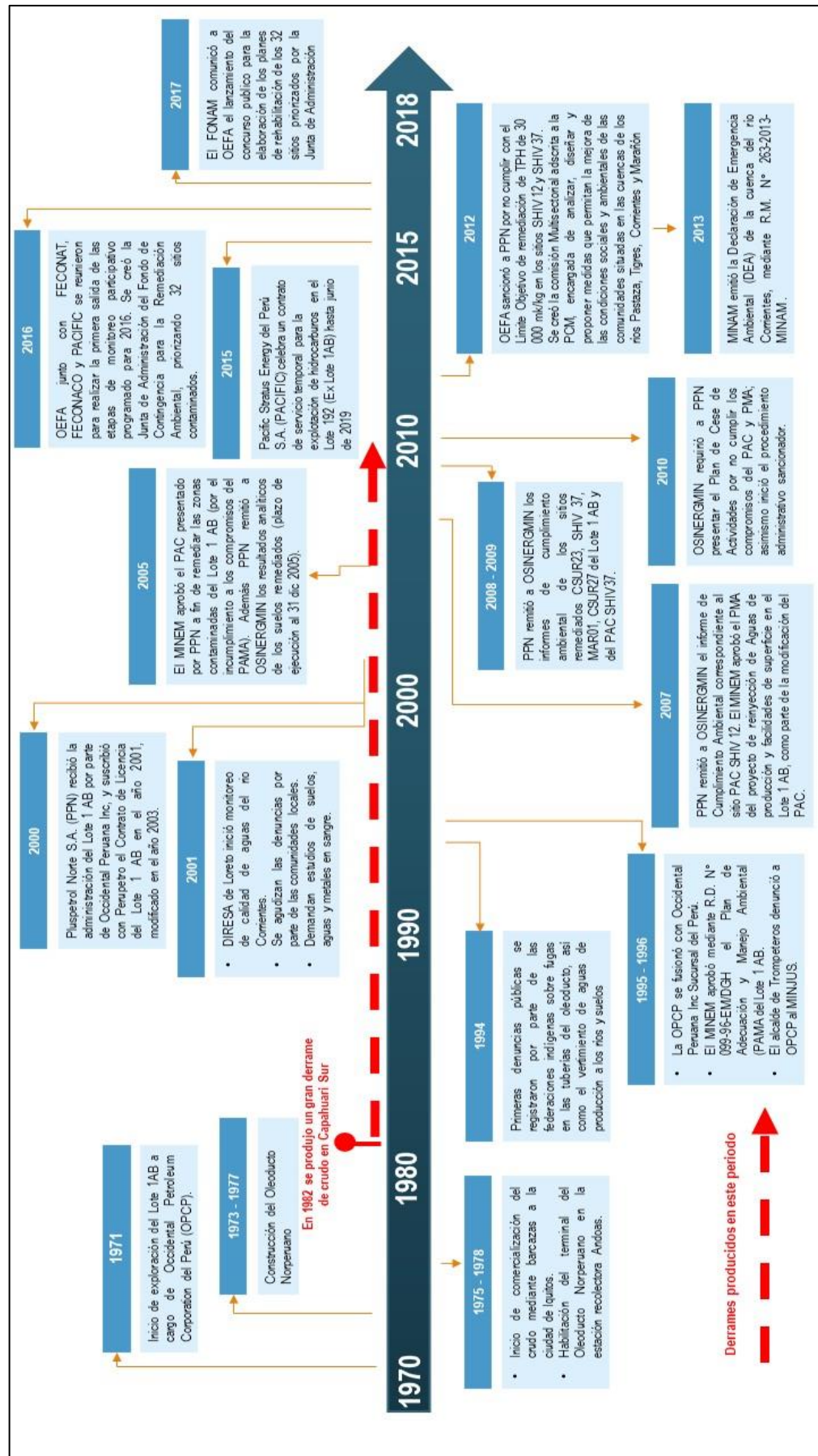
Conclusión del análisis histórico sitio S0112 (Sitio 35)

De lo expuesto líneas arriba, el sitio S0112 (Sitio 35) se relaciona directamente con la ubicación de los pozos SHIV-26, SHIV-07D, SHIV-08D, SHIV-09D, SHIV-10D; las tuberías superficiales en los alrededores; y la Batería Shiviyaqui quien recibe la producción de crudo proveniente de los pozos de las baterías Forestal, San Jacinto y Shiviyaqui.

Las actividades hidrocarburíferas específicamente en el sitio S0112 (Sitio 35) datan del año 1975 con el descubrimiento y perforación del yacimiento Shiviyaqui, donde el crudo extraído presentaba bajo contenido de agua; siendo óptimo su procesamiento y aprovechamiento por aquellos años. Hasta antes de la implementación del Oleoducto Norperuano, se enviaba la producción de petróleo hacia la estación Marsella, para luego ser transportada vía fluvial hacia Iquitos; y con la construcción de dicha infraestructura, se enviaba la producción a la Estación N° 1 del Oleoducto Norperuano, situado en San José de Saramuro.

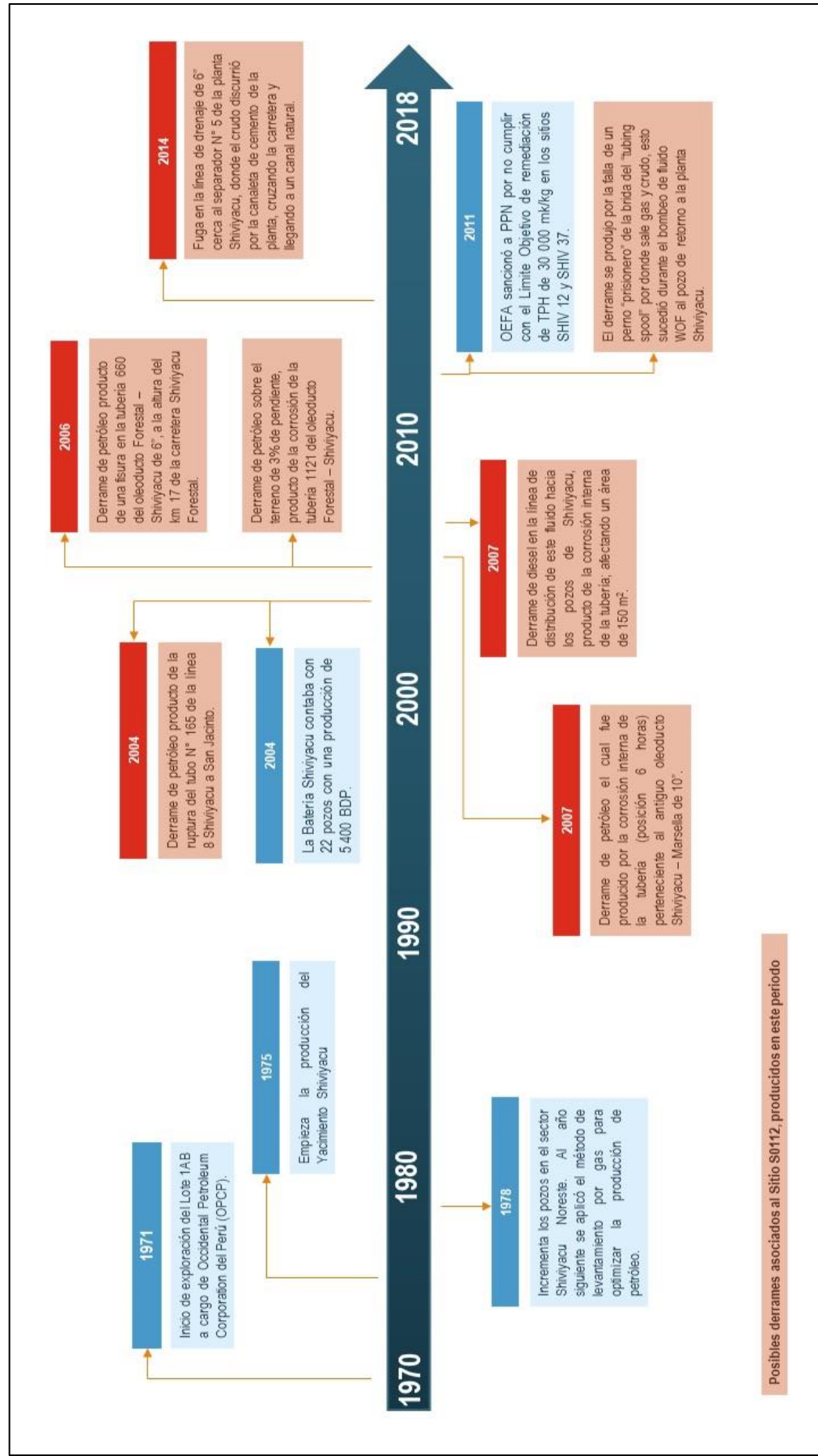
Los eventos relacionados al sitio S0112 (Sitio 35) se pueden ver en el Cuadro 3-3. Registro de fugas y derrames posiblemente relacionadas al sitio S0112 (Sitio 35); y en la Figura 3-2 se exponen estos eventos de manera ilustrativa a través de una línea de tiempo.

Figura 3-2 Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-3 Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 3-2 Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0112 (Sitio 35)

Sitio	Coordenadas UTM WGS-84, Zona 18M		Puntos OEFA	Resumen de la información encontrada. Informes OEFA	Puntos ANA	Resumen de la información encontrada. Informes ANA
	Este (m)	Norte (m)				
S0112 (Sitio 35)	373 491	9 724 434	S-56*	Suelo a 50 m del sur de la batería Shiviayacu. Se encontraron excedencias de hidrocarburos F2, F3 y Cadmio.	Qshiv	Se tomó una muestra de agua en la quebrada Shiviayacu, cerca de la carretera que une la Batería Shiviayacu a los pozos 1601 y 19. Se encontró excedencias de plomo y cadmio.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0112 (Sitio 35)

N°	Fecha	Lugar	Sustancia	Descripción
1	19/02/04	Oleoducto de 8" Shiviayacu-San Jacinto	Petróleo	El derrame se produjo por la rotura del tubo N° 165 de la línea de 8" (bombeo de crudo liviano de Shiviayacu a San Jacinto y línea de producción de los pozos de San Jacinto 10, 11 y 12), cuyo orificio fue de 4,7 mm de diámetro.
2	27/11/06	Tubo 1121 del oleoducto Forestal-Shiviayacu de 6" a la altura del km 2+100 de la carretera Shiviayacu - Forestal	Petróleo	Producto de la corrosión interna en posición 6 horas, a 6" de la brida aislante instalada. El terreno impactado estaba cubierto de hojarasca y una pendiente de 3 %, asimismo se detuvo el bombeo desde Forestal, se colocó una grapa en el punto de falla de la tubería y se realizó la limpieza del área.
3	06/12/06	Tubo 660 del oleoducto Forestal-Shiviayacu de 6" , a la altura del km 17 de la carretera Shiviayacu-Forestal	Petróleo	Se detectó una falla mecánica por abolladura (calda de árbol) donde la fisura era semejante al corte irregular de una navaja de diámetro de 1/16" posición 3 horas.
4	07/02/07	Antiguo oleoducto Shiviayacu Marsella de 10" fuera de servicio desde hace 15 años. A la altura de la carretera Shiviayacu-San Jacinto	Petróleo	Producto de la falla de corrosión interna de la tubería posición 6 horas, con agujero de 1/8", las labores de limpieza del sitio fueron de 5 días aproximadamente.
5	21/03/07	Km 6+800 carretera Shiviayacu a Forestal en línea de 2 7/8" de distribución de diésel	Diesel	Se produjo el derrame por un leak de 1/8" en posición 06:00 h, en la línea de distribución de diésel a los pozos de Shiviayacu. El orificio se produjo por corrosión externa del tubo. El área afectada fue de 150 m².
6	28/10/11	Locación del Pozo Shiviayacu 30	Petróleo	El derrame se produjo por la falla de un perno "prisionero" de la brida del "tubing spool" por donde sale gas y crudo, esto sucedió durante el bombeo de fluido WOF al pozo de retorno a la Planta Shiviayacu.
7	04/08/14	Línea de 6" cerca de separador #5 planta Shiviayacu	Petróleo crudo	Durante el recorrido de planta, se detectó una fuga en la línea de drenaje de 6" de las arenas de los separadores y separador de prueba, donde el crudo discurrió por la canaleta de cemento de la planta, cruzando la carretera y llegando a un canal natural.

Fuente: Oficio No. 182-2016-OS-GAF - Osinergmin

3.2 Uso actual del área.

El sitio S0112 (Sitio 35) es uno de los trece (13) sitios impactados por actividades de hidrocarburos de la cuenca del río Corrientes. El uso del suelo se define como una superficie del territorio que se encuentra zonificada de acuerdo con su potencial aptitud, a la utilización que se le esté dando al momento de su categorización, a la posible vocación para soportar una actividad o desarrollo o sus características ecológicas que le infieran una condición particular para su zonificación. En resumen, a las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se les conoce como uso del suelo.

Las áreas que corresponden a los sitios impactados se ubican dentro y forman parte del Lote Petrolero No. 192 (antiguo Lote 1AB). Al ubicarse dentro del Lote petrolero pudiera llevar a pensar que su categoría es del tipo industrial/extractivo, la cual se define (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) como “suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes. Esta área de operaciones actualmente corresponde a los oleoductos que conducen hidrocarburos de la Batería Forestal hacia la Batería Shiviayacu, además de los Pozos SHIV-01X (en abandono), Pozo SHIV-20D (en abandono) y Pozo SHIV-26 (pozo de reinyección en operación).

Es importante mencionar, que gran parte del área del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas y áreas de no bosque amazónico, con presencia de purmas (áreas con presencia de cítricos, cacao etc.), por donde transita libremente pobladores locales que realizan la recolección de éstos frutos, así como ejemplares de fauna local (ej. *Mazama americana*: “venado”, *Cuniculus sp.* “majaz”, *Dasyprocta sp.* “añuje”, *Pecari tajacu* “sajino”, *Amazona sp.* “loro verde”, etc.), por lo que se infiere que existe un potencial uso de este ecosistema por los recursos que provee (alimentos, agua, lugares de descanso, etc.). Asimismo, se observan pequeñas áreas con presencia de cítricos, los cuales permiten inferir que la población local que trabaja en las áreas operativas aledañas al sitio S0112 (Sitio 35) le da un uso particular a este. Adicionalmente se identifica una porción de terreno (superpuesta al área del sitio impactado S0112 (Sitio 35)) que fue objeto de remediación por el Programa Ambiental Complementario (PAC).

Teniendo en cuenta ello se ha previsto realizar el análisis respectivo del sitio considerando una categoría de uso agrícola para el análisis de afectación del sitio impactado como estrategia ambiental para llevar, a través de la remediación de los sitios impactados, las condiciones del entorno ambiental de este territorio lo más cercanas a sus condiciones naturales originarias.

Se infiere que, posterior a la rehabilitación/remediación del sitio S0112 (Sitio 35), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando se ubica en el entorno de un área operacional, que permita a las comunidades hacer uso de este espacio, aun cuando este sitio impactado observa una escasa superficie (alrededor de 5 ha, aproximadamente).

Importante mencionar que el sitio S0112 (Sitio 35) se ubica en la cuenca media-alta del río Tigre. Ver Anexo 6.3 Mapa 6.3.1: Mapa de ubicación del sitio S0112 (Sitio 35).

3.3 Características del entorno: fuentes asociados a las actividades de hidrocarburos, focos, vías de propagación, otros aspectos relevantes del entorno de los sitios impactados y el listado de residuos existentes (entiéndase equipos obsoletos, restos de equipos o tuberías y similares).

3.3.1 Fuentes potenciales de contaminación en el entorno

El entorno del sitio se caracteriza por presentar instalaciones industriales en los alrededores destinadas al procesamiento y/o transporte de petróleo, como los pozos SHIV-26, SHIV-07D, SHIV-08D, SHIV-09D, las tuberías en los alrededores y la Batería Shiviya; quien recibe la producción de crudo proveniente de los pozos de las baterías Forestal, San Jacinto y Shiviya, para ser derivadas a un *manifold* o colector, y posteriormente a los equipos tratadores (trifásicos) cuya función es realizar la separación del crudo, gas y agua. Ver Cuadro 3-4 y Figura 3-4.

Sin embargo, considerando las imágenes de históricas en Google Earth por los años 70 aproximadamente (no se precisa la fecha exacta) se puede visualizar la presencia de 2 áreas oscuras en la imagen que pudieran ser interpretadas como una cocha natural y unas fosas de producción o de contención de derrames, estas últimas podrían haber sido fuente de derrame o dispersión de crudo a áreas aledañas.

Figura 3-4 Imagen histórica del sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Actualmente, dicha fosa de producción o de contención de derrames se encuentra cubierta y acondicionada al relieve del sitio. Respecto a la infraestructura (dique o tanque) se infiere que formaba parte de la infraestructura de contención ante un evento de derrames o posiblemente un separador API (crudo, aceites y agua).

Figura 3-5 Imagen actual del sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Por tanto, las fuentes de contaminación asociadas serían:

Cuadro 3-4 Fuentes potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0112 (Sitio 35)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción	Evidencias
	Este (m)	Norte (m)			
Pozo SHIV-26	373 707	9 724 384		El pozo se encuentra expuesto a la intemperie y se evidencia presencia de óxido	Trabajo de campo durante la fase de reconocimiento
Tubería (NE)	373 728	9 724 733	Operativa	Se observa la corrosión en el tramo	Trabajo de campo durante la fase de reconocimiento
Posible fosa de producción 1	373 636	9 724 221	Enterrada	Se evidenció terreno acondicionado y crecimiento de vegetación a los alrededores	Imágenes históricas Google Earth
Posible fosa de producción 2	373 298	9 724 363	Presencia de una fosa	Se evidenció agua empozada	Imágenes históricas Google Earth

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-1 Infraestructura cercana al sitio S0112 (Sitio 35)

	
Pozo SHIV-01X (en abandono)	Pozo SHIV-20D (en abandono)
	
Pozo SHIV-26	Tuberías con presencia de corrosión

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno

No se identificaron focos potenciales de contaminación en el entorno del sitio S0112 (Sitio 35).

3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio

No se identificaron focos potenciales de contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35).

3.3.4 Focos de potencial contaminación dentro del sitio

Durante la fase de relevamiento del sitio, realizada el día 21 de febrero del 2018, entre las 9:26 am y 11:50 pm por los especialistas de JCI-HGE en compañía del monitor ambiental y personal de apoyo de la comunidad, se encontraron hallazgos de potencial contaminación. Durante las labores de campo se evidenció signos de afectación en ciertas partes del suelo y zonas saturadas. Ver Fotografía 3-2.

Cuadro 3-5 Focos potenciales de contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35)

N°	Número de foto	Contaminante/Evidencia	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)
1	Foto 1	Hidrocarburo en suelo superficial/sondeo (medio evidenciado: suelo)	373 524	9 724 357
2	Foto 2	Subsuelo a 40 cm con hidrocarburo (medio evidenciado: suelo)	373 470	9 724 513
3	Foto 3	Iridiscencia en suelo saturado (medio evidenciado: suelo)	373 650	9 724 348
4	Sin foto	Cocha con potencial contaminación, referido por el monitor ambiental de la zona. Complicado el acceso hasta la cocha lo cual impidió su directa evaluación		

Fotografía 3-2 Evidencias de contaminación o focos asociados al sitio S0112 (Sitio 35)

	
Foto 1. Hidrocarburo superficial/sondeo.	Foto 2. Subsuelo a 40 cm con hidrocarburo.
	
Foto 3. Iridiscencia.	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Asimismo, en la Fotografía 3-3 se presenta los residuos sólidos encontrados en la zona.

Fotografía 3-3 Residuos sólidos encontrados en el sitio S0112 (Sitio 35)

	
Restos de tuberías metálicas semienterradas	Restos de cilindros metálicos

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.3.5 Vías de propagación

En el Cuadro 3-6 se presenta las vías de propagación, asociadas a los focos encontrados en el sitio y en el entorno.

Cuadro 3-6 Vías de propagación de contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35)

Foco potencial de contaminación	Vías de propagación y exposición relevante	Sustancias relevantes	Receptores
Hidrocarburo en suelo superficial (sondeo)	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulen en el sector - Receptores ecológicos
Subsuelo a 40 cm con presencia de hidrocarburo	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulen en el sector - Receptores ecológicos
Iridiscencia en suelo saturado	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulen en el sector - Receptores ecológicos

3.4 Fuentes de contaminación asociadas a fugas, derrames visibles, zonas de tanques de combustibles, insumos químicos, pozos, tuberías, pozas de lodos petroleros áreas de almacenamiento de sustancias, residuos y otras fuentes, productos de las actividades de hidrocarburos; e identificación de aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.

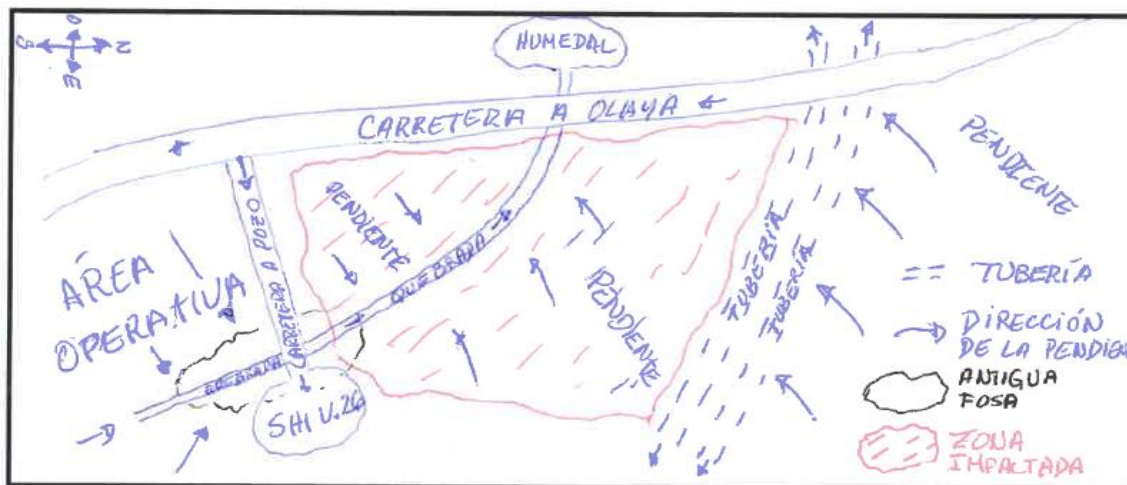
Durante las labores en campo para el reconocimiento del sitio se identificaron tuberías de transporte de petróleo en la zona este del sitio S0112 (Sitio 35), el pozo SHIV-26 en la zona sur y evidencias de hidrocarburos presentes en el sitio. Sin embargo, teniendo en cuenta la información recopilada en la investigación histórica, los derrames ocurridos en el Lote 192 han sido producto de las diversas actividades y/o componentes relacionados a la extracción y/o procesamiento de hidrocarburos; los cuales en la actualidad ya no se encuentran en el sitio (o en algunos casos están enterrados) pudiendo haber constituido una fuente potencial de contaminación.

Si bien no se tiene un dato exacto sobre el primer derrame en el sitio S0112 (Sitio 35), se ha realizado un análisis espacial y temporal con imágenes históricas en Google Earth, más las evidencias encontradas en campo; tanto en las labores de reconocimiento como las labores de muestreo, con el fin de identificar la posible fuente potencial del derrame de crudo, llegando a inferir la existencia de posibles pozas de producción en la zona sur y suroeste del sitio. Actualmente, dicha fosa de producción o de contención de derrames se encuentra cubierta y acondicionada al relieve del sitio. Respecto a la infraestructura (dique o tanque) se infiere que formaba parte de la infraestructura de contención ante un evento de derrames o posiblemente un separador API (crudo, aceites y agua).

De igual forma, teniendo en cuenta las declaraciones de los monitores ambientales y los comuneros locales, se tiene conocimiento de un derrame de petróleo producido aproximadamente hace 10 años en la zona donde se sitúa parte de un dique de concreto. Durante el reconocimiento en campo, se evidenció la presencia de crudo en los alrededores de dicha infraestructura; la cual se encuentra enterrada casi en su totalidad por material arcilloso y cubierto en gran parte por el brote de la vegetación endémica de la zona.

Asimismo, se considera al pozo SHIV-26 como una fuente potencial de contaminación de crudo, toda vez que forma parte de las instalaciones en la extracción de crudo de la Batería Shiviyaçu, donde se registró un derrame de crudo (de acuerdo con las declaraciones de los comuneros locales) hace más de 15 años durante las operaciones de Pluspetrol. Además, es posible que se haya producido un derrame o infiltración de las aguas de producción, al emplear este pozo para la reinyección de las aguas de producción hacia el subsuelo. En la Figura 3-6 se presenta un croquis, realizado en la etapa de reconocimiento.

Figura 3-6 Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5 Método para la caracterización del sitio impactado:

3.5.1 Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance.

La fase de caracterización del suelo en el sitio en estudio se ejecutó en dos campañas de muestreo: la primera fue llevada entre los meses de mayo a julio el 2018 (considerando el muestreo en época húmeda), y la segunda se desarrolló durante el mes de setiembre (considerando el muestreo de época seca) del mismo año. El diseño del plan de muestreo contempló los criterios de experto de diversos especialistas, teniendo cuenta la información recopilada durante las fases preliminares del estudio, las cuáles son descritas a continuación:

- Revisión de información preliminar del sitio: Durante esta etapa se revisó antecedentes históricos del sitio y del entorno de este, lo cual permitió identificar los primeros contaminantes de preocupación, asociados al sitio;
- Fase de reconocimiento (visita de reconocimiento) y delimitación del área de interés: Durante esta etapa, se realizó un recorrido del sitio para identificar focos y fuentes contaminación, así como la extensión de la contaminación y potenciales receptores;
- Elaboración del modelo conceptual preliminar de contaminación: En base a la fase de reconocimiento, se identificó las áreas fuente, áreas de transporte, área de validación y el área de potencial interés.
- Elaboración del plan de muestreo: Durante esta etapa se elaboró el plan de muestreo del sitio contemplando dos campañas de muestreo:
 - a) En la primera campaña de muestreo (época húmeda) se contempló la toma de muestras de suelos en el área delimitada por el modelo conceptual: área fuente, área de transporte, área de validación y el área de potencial interés, asimismo se contempló la toma de muestras de agua superficial y sedimentos, agua subterránea, caracterización biológica con el objeto de validar el modelo conceptual inicialmente planteado.
 - b) En la segunda campaña de muestreo (época seca), se realizó la toma de muestras de agua superficial, sedimentos e hidrobiología de época, asimismo, se adicionó estaciones de muestreo, donde en la campaña previa se encontraron excedencias en algunos parámetros establecidos por la legislación nacional o internacional, según sea el caso. Asimismo, en el

caso de suelos, con los resultados preliminares de laboratorio (campaña previa época húmeda) se consideró la toma de muestras adicionales sobre las muestras con excedencias que se encontraban sobre el perímetro del área delimitada por el modelo conceptual con el fin de confirmar la extensión de la contaminación y el área final impactada. En el caso de las aguas subterráneas, donde en algunos casos, se encontró excedencias a los estándares de calidad internacional (Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines), se optó por conveniente tomar muestras adicionales de suelos al costado del piezómetro para confirmar el origen geogénico de algunos parámetros que superaron la normativa internacional para el agua subterránea, así mismo, en caso de encontrarse alguna quebrada cerca al piezómetro se optó por tomar muestras de agua superficial y sedimentos.

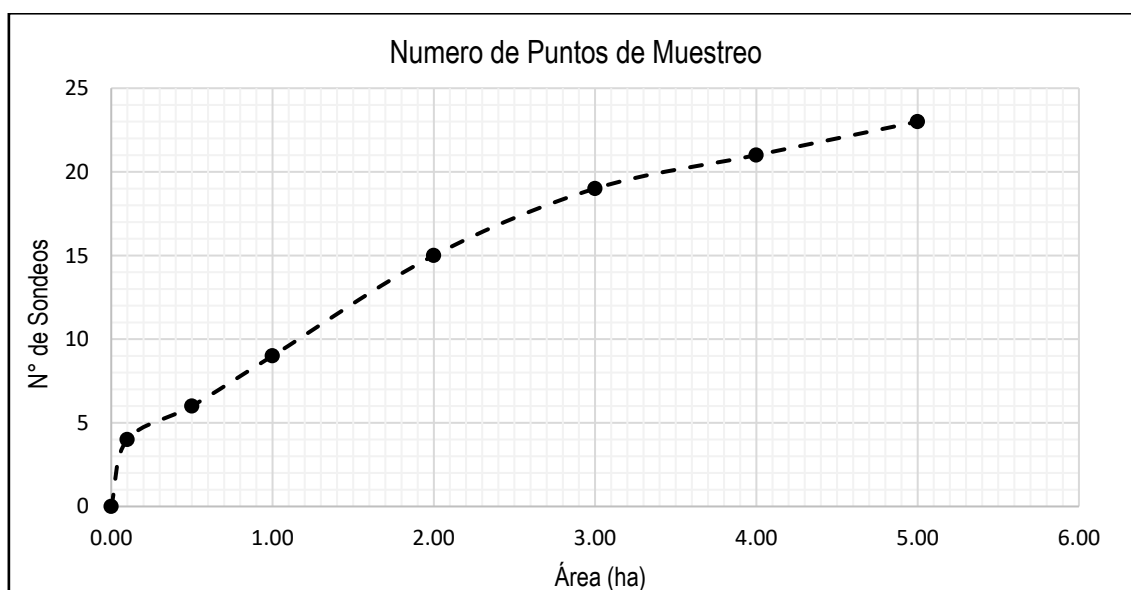
Los criterios o lineamientos para la toma de muestras en las diferentes matrices ambientales se detallan a continuación:

3.5.1.1 Muestreo de suelos

La localización, distribución y número de puntos de muestreo se estableció para el sitio S0112 (Sitio 35), siguiendo los criterios que permitan establecer una distribución representativa y enfocada en los objetivos del estudio basados en los lineamientos y recomendaciones de la Guía de Muestreo de Suelos (R. M. N.º 085-2014-MINAM).

Se trató de densificar y ubicar puntos de perforación profunda en zonas bajas, donde el modelo conceptual detecta almacenamiento de contaminantes y potenciales vías de transporte hacia agua subsuperficial. A continuación, se describen los criterios considerados para el muestreo de suelo. Para determinar el número de puntos (sondeo) de muestreo para este sitio, se utilizó la Tabla N° 5 de la Guía de Muestreo de Suelos, lo cual permitió estimar el número total de sondeos de identificación requeridos para cada sitio de acuerdo con la superficie estimada. La siguiente figura presenta el número de puntos requeridos con relación al área.

Figura 3-7 Número de puntos de muestreo (identificación)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Adaptado de la Tabla N° 5 de la Guía para el Muestreo de Suelos.

De lo anterior se derivan los siguientes resultados:

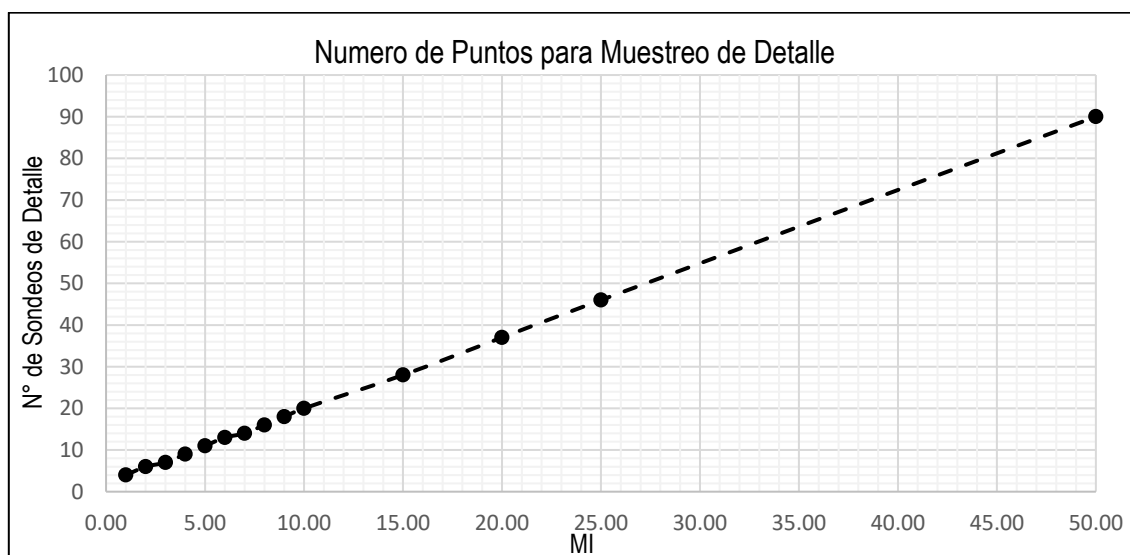
Cuadro 3-7 Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: época húmeda

Sitio - Código OEFA	Área (ha)	Número de puntos de muestreo
S0112 (Sitio 35)	5,2	23

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De igual forma se empleó la Tabla N° 6 de la Guía de Muestreo de Suelos, para la estimación del número de sondeos de detalle, tomando como base el número de muestreos de Identificación (calculado anteriormente) respecto al área del sitio; en algunos casos se tuvo que realizar una interpolación para determinar la cantidad de sondeos que no estaban plasmadas específicamente en dicha tabla.

Figura 3-8 Número de puntos de muestreo (caracterización)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Adaptado de la Tabla N°6 de la Guía para el Muestreo de Suelos

El Cuadro 3-8 presenta la comparación de los resultados, a su vez presenta los números de sondeos empleados finalmente acompañados de las consideraciones técnicas para cada sitio.

Cuadro 3-8 Cálculo del número de sondeos total

Código OEFA	Área (ha)	Número sondeos según área (Total)	Número sondeos a detalle	Número sondeos real	Consideraciones Técnicas
S0112 (Sitio 35)	5,2	23	42	38	Se tomó en consideración el número de sondeos establecido en la Guía para el Muestreo de Suelos, sin embargo, se mantuvo un número de sondeos por debajo del sugerido por el tipo de muestreo de detalle, ya que el número planteado se consideró suficiente para lograr los objetivos propuestos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Adaptado de la Tabla N° 5 de la Guía para el Muestreo de Suelos

En la primera campaña de muestreo, para la determinación de la distribución espacial, se ubicaron puntos de muestreo en el **Área de Potencial Interés** (API) determinada en el modelo conceptual inicial, en el cual se consideró relieve, topografía del terreno, dirección de flujo, los cuerpos de agua (lénticos y lóticos) y en la posible ruta de transporte del contaminante, así como la ubicación de las posibles fuentes de contaminación. Se estudiaron adicionalmente, las áreas fuente de manera confirmatoria, realizando sondeos manuales (barreno). Adicionalmente, se planteó la captación de muestras en las áreas de validación (áreas con potencial contaminación, inferidas por las hipótesis de migración de contaminantes, pero que requieren conformación en campo), lo cual permitió conocer si la distribución del contaminante se extiende o por el contrario se acumula en el área de potencial interés. Asimismo, se dispuso sondeos en el perímetro del sitio impactado a fin de determinar la extensión del área contaminada.

De la misma forma, en la segunda campaña de muestreo, se adicionó sondeos adicionales en las áreas límites del polígono donde se encontró excedencias de algún contaminante, asimismo se realizaron sondeos adicionales (mediante sondeos manuales) al costado de los piezómetros, para determinar el origen de las excedencias encontradas en los piezómetros. Ver Cuadro 3-9.

Cuadro 3-9 Sondeos complementarios

Código OEFA	Área (ha)	Número sondeos adicionales (Total)	Consideraciones técnicas
S0112 (Sitio 35)	5,2	7	Sondeo complementario (manual) para evaluar la extensión del polígono.
S0112 (Sitio 35)	5,2	2	Sondeo complementario (manual) para evaluar la naturaleza de las excedencias presentadas en los piezómetros.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Las técnicas de muestreo de suelo fueron:

- Sondeos manuales superficiales (de 1,2 a 2,0 metros de acuerdo con la temporada);
- Sondeos a profundidad, las cuales en algunos casos superó los 7 metros en zonas donde se evidenció presencia de contaminantes o subsuelo afectado, o lecturas de COV obtenidas en la prueba *head space* con el *PID* (*Photoionization detector*).

De acuerdo con los parámetros solicitados en los términos de referencia, se consideró como mínimo los siguientes: Fracción menor de 2 mm, Metales Pesados y Metaloides, TCLP, BTEX, Hidrocarburos F1, F2, F3 y HAPs. Asimismo, se consideró ensayos adicionales de MEH (Material Extractable del Hexano), en aquellas muestras que excedieron las fracciones F2 y F3; Ba Extraíble y Ba Real, en aquellas muestras que excedieron los valores de Ba y TCLP (ensayos de lixiviación), en aquellas muestras que superaron los valores de metales.

3.5.1.2 Muestreo de agua subterránea

La toma de muestras de agua subterránea se realizó en dos temporadas (época húmeda y época seca), previo purgado de los pozos y medición del nivel freático, y enfocada en los objetivos del estudio basados en los lineamientos y recomendaciones del Manual de Buenas Prácticas en la investigación de Sitios Contaminados Muestreo de Aguas Subterránea (MINAM 2016).

La ubicación de los pozos para la captación de muestras de agua subterránea se determinó de acuerdo con dos criterios bien definidos: (1) los resultados del análisis de los levantamientos geofísicos, por medio de Tomografía Eléctrica y (2) ubicación espacial con respecto al sitio para determinar el flujo de contaminación: aguas arriba y aguas abajo del sitio.

La muestra de agua que se obtuvieron en los pozos subterráneos (piezómetros) a nivel del nivel freático a una profundidad no mayor de 2 mbns.

De acuerdo con los parámetros solicitados en los términos de referencia, se consideró como mínimo los siguientes: Metales Pesados y Metaloides, BTEX, Hidrocarburos Totales (TPH), Cloruros, PCBs y HAPs.

3.5.1.3 Muestreo de agua superficial

El muestreo de agua superficial, se realizó igualmente en dos temporadas: para la determinación de los puntos de muestreo de agua superficial en la primera campaña de muestreo se consideró los siguientes criterios: (1) ubicación espacial con respecto al sitio: aguas arriba y aguas abajo (2) puntos de muestreo históricos y (3) accesibilidad y representatividad; en el caso de la segunda campaña de muestreo, se consideró dos criterios adicionales (4) con los resultados de las excedencias encontradas en la primera campaña, se tomaron puntos adicionales aguas arriba y aguas abajo del punto excedente y (5) puntos adicionales en las inmediaciones a los piezómetros, para investigar las excedencias encontradas en éstos en la época húmeda, estos criterios permiten establecer una distribución representativa y enfocada en los objetivos del estudio basados en los lineamientos y recomendaciones del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N.º 010-2016-ANA).

Se tomó en cuenta los siguientes parámetros de campo: T°, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, potencial redox, pH y a los contaminantes de preocupación relacionados con la contaminación por actividades de la industria petrolera, los ensayos realizados fueron: BTEX, HTP totales, HAPs, metales totales, aceites y grasas.

3.5.1.4 Muestreo de sedimentos

El muestreo de sedimentos se realizó igualmente en dos épocas. Los criterios considerados fueron los mismos que en el caso de agua superficial, indicados en el ítem 3.5.1.3, y siguiendo los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) así como la normativa canadiense – CEQG (Guías de Calidad Ambiental de Canadá: *Sedimentos para Agua Dulce (Sediment for Freshwater)).

De acuerdo con los términos de referencia, se analizaron los siguientes parámetros: Fracción menor de 2 mm, Metales Pesados y Metaloides, BTEX, Hidrocarburos F2, F3 y HAPs.

3.5.1.5 Caracterización biológica

En el área del sitio, se estableció un número determinado de unidades muestrales (transectos) sobre los cuales se realizó la evaluación de fauna y flora (vegetación, aves) considerando los siguientes componentes:

- Vegetación
- Aves
- Mamíferos mayores y menores
- Reptiles
- Hidrobiología
- Necton.

3.5.2 Descripción del trabajo en campo.

3.5.2.1 Muestreo de suelos

La obtención de muestras de suelo se realizó utilizando métodos de perforación en seco. Los mismos varían dependiendo de la profundidad, del tipo de suelo a perforar y de las dificultades de ingreso de personal y equipos. En este sentido, se presentan los diferentes equipos de muestreo utilizados en la fase de campo:

- **Sondeo manual:** Los sondeos manuales, usando barreno, se realizaron para obtener muestras de suelo perturbadas hasta profundidades de 1,2 m para la época húmeda y de hasta de 2 m. en la época seca. Las perforaciones en el sitio S0112 (Sitio 35) se realizaron hasta alcanzar la profundidad de 1,20 mbns y sirvieron básicamente para delimitar la extensión horizontal de la afectación. En el Anexo 6.5.1 se presenta los registros de campo de sondeos manuales.

Fotografía 3-4 Muestreo de suelos con sondeo manual - sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Sondeos con equipo:** Sondeo con equipo que permite obtener una muestra de suelo representativa. Operativamente, el sondeo con equipo consiste en la hincada de un toma-muestras normalizado, mediante la caída de una masa de 63,5 kg de peso desde una altura de 76 cm.

Para efectuar la prueba el muestreador se enrosca al extremo de la tubería de perforación y se baja hasta la profundidad requerida. Las ventajas que ofrece este sistema son: (i) permite la realización de sondeos en puntos de difícil acceso debido al escaso volumen que la maquinaria ocupa y a la facilidad de manejo del conjunto de percusión y extracción, (ii) es un método fiable para la realización de sondeos en zonas no saturadas, (iii) no requiere desplazamientos costosos de maquinaria pesada. Se utilizará la normativa ASTM D-1586.

Se dispone de un (1) equipo provisto de un trípode y un motor para lograr la profundidad deseada y recuperación de muestras semi alteradas con cuchara partida (Split Spoon Sampler). Los sondeos con equipo se realizaron a una profundidad promedio de 3 a 7 mbns. Este método fue utilizado mayormente para delimitar verticalmente la afectación. En el Anexo 6.5.3 se presenta los registros de campo de percusión.

- **Medición de COVs:**

Para realizar el registro de la concentración de COV en las muestras de suelo recolectadas, se usó un fotoionizador (PID), calibrado y verificado con isobuteno, que permitió obtener mediciones hasta 10 000 ppm (1 %), con una aproximación de 0,1 ppm. Se determinó la presencia de compuestos orgánicos volátiles con lecturas de acuerdo con el siguiente cuadro:

Cuadro 3-10 Rango de lecturas de COV's

Intervalo profundidad (m)	Número de lecturas PID	Observaciones
0,0 - 0,5	1	El número de mediciones de COV con el PID se ajustó en campo de acuerdo con las evidencias encontradas in situ.
0,5 - 1	1	
1 - 5	1	
5 - 6	N (se determinó en campo)	

N: Número variable de acuerdo a consideraciones en campo.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-5 Muestreo de suelos con equipo - sitio S0112 (Sitio 35)

	
Perforación con equipo	Muestra extraída a través de sondeo con equipo

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

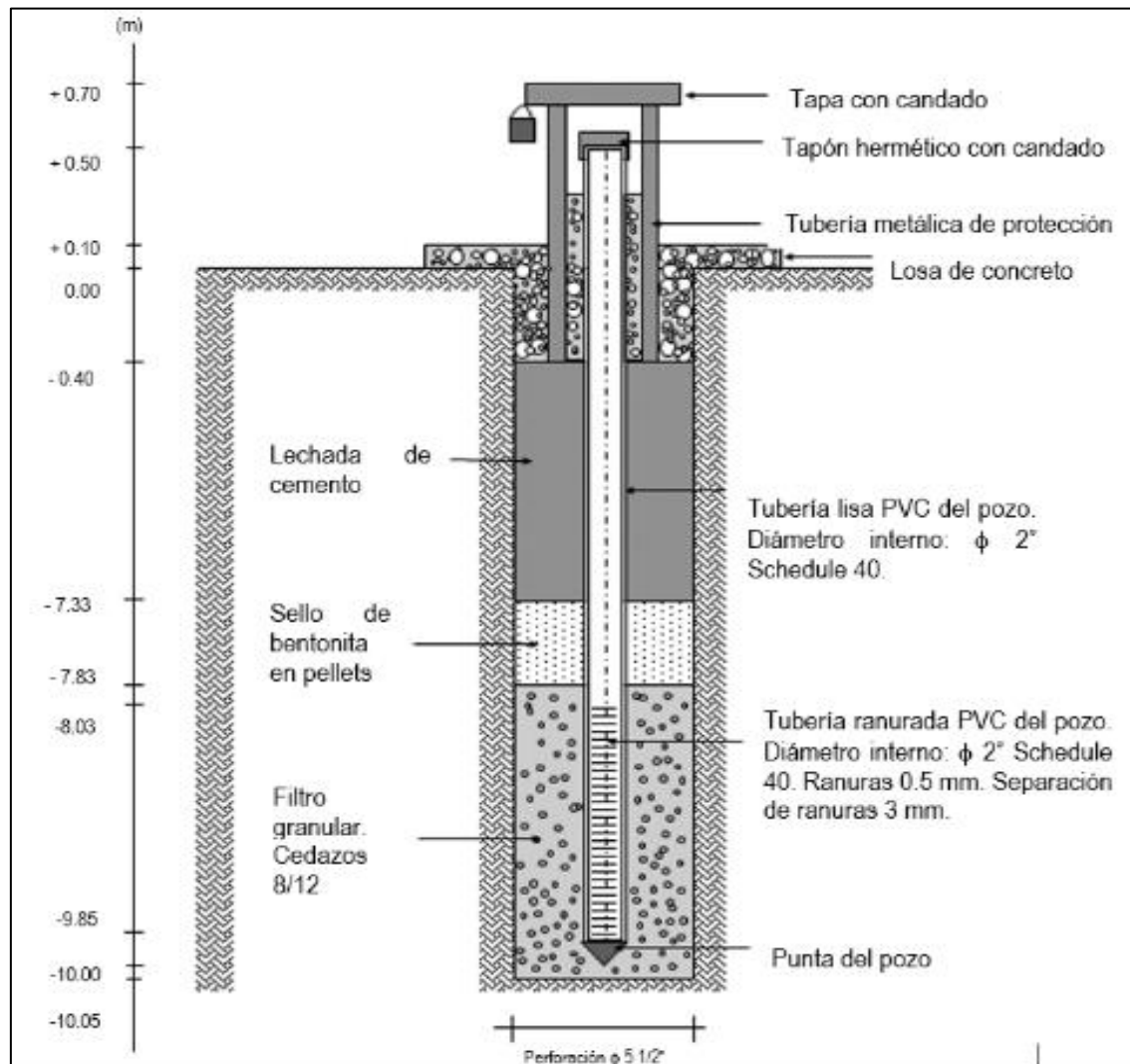
3.5.2.2 Muestreo de aguas subterráneas

El muestreo de agua subterránea contempló las siguientes actividades:

- **Construcción de piezómetros:** Los piezómetros fueron contruidos en algunos casos con sondeo manual, usando una cuchara cerrada o abierta (tipo holandés) de 4" y en otros casos, mediante sondeo con equipo. El sondeo con equipo consiste en la hinc de un toma-muestras normalizado, mediante la caída de una masa de 63,5 kg de peso desde una altura de 76 cm.

Durante el proceso sondeo manual, se realizó la descripción litología de los tramos en los que se vayan recuperando muestras. Cuando se encontró el nivel freático, se realizó una limpieza del pozo (retirando el agua en la perforación) para facilitar la perforación e instalación del piezómetro. En la Figura 3-9 se describe los detalles constructivos que siguieron los piezómetros de monitoreo y las especificaciones de los materiales.

Figura 3-9 Detalles constructivos típicos de terminación de pozos



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

A continuación, se presenta el proceso de construcción de los piezómetros de monitoreo realizados en campo durante sus diferentes fases de construcción. Asimismo, en el Anexo 6.5.5 se presenta los registros de construcción de los pozos.

Fotografía 3-6 Construcción de piezómetros - sitio S0112 (Sitio 35)

	
Perforación con sondeo manual para la construcción de piezómetros	Descripción de los estratos previo a la instalación del piezómetro
	
Instalación del piezómetro	Piezómetro con acabos finales

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Desarrollo del piezómetro (purga) y monitoreo de agua subterránea:** Con el objeto de asegurar que el agua captada por cada pozo sea representativa, se procedió a realizar la limpieza y desarrollo del pozo, esta labor se ejecutó mediante achicamiento y/o baldeo con el uso de bailers. En el Anexo 6.5.6 se presenta los registros de purga de los piezómetros.

Fotografía 3-7 Desarrollo de piezómetros - sitio S0112 (Sitio 35)

	
Medición del nivel freático en el piezómetro	Purgado del piezómetro
	
Medición de parámetros in situ	Muestreo de agua subterránea

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.2.3 Muestreo de aguas superficial y sedimentos

La toma de muestra de agua se realizó con toma directa, buscando el flujo representativo del cuerpo de agua en el sitio. Las muestras de agua de ríos y de arroyos se extrajeron de preferencia de la zona central del río o de una zona donde fluya el agua. Para el muestreo de sedimentos acuáticos se utilizó tanto palas de mano como bandejas de acero inoxidable y/o plástico. En el Anexo 6.5.4 se presenta las planillas de campo de agua superficial y sedimentos.

Fotografía 3-8 Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0112 (Sitio 35)


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.2.4 Tomografía eléctrica

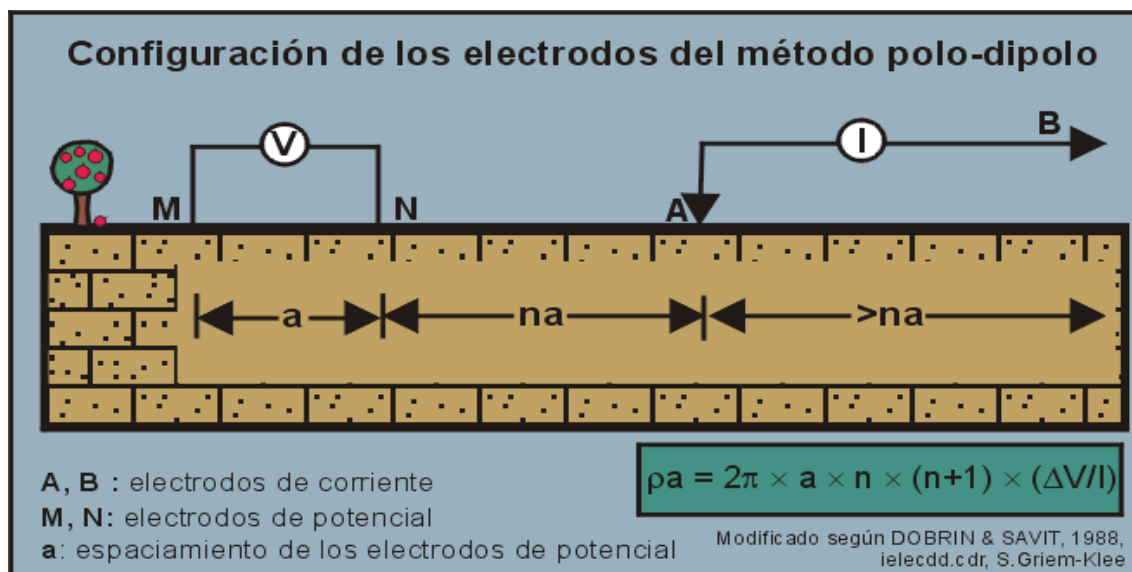
La extensión en el subsuelo de los materiales contaminantes no es posible conocerla sin que se realice una prospección para delimitar su extensión y su profundidad, lo cual puede hacerse por métodos directos (perforaciones o sondeos manuales), por métodos indirectos (prospección geofísica) o mixtos.

Todas las técnicas geofísicas intentan distinguir o reconocer la litología geológica que se encuentran en profundidad mediante algún parámetro físico, así por ejemplo en el método de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT) son, actualmente, los más utilizados dentro de la prospección eléctrica.

Estos miden las variaciones del parámetro físico de la resistividad eléctrica de los materiales del subsuelo y aportan una imagen en profundidad de las capas que presentan diferente comportamiento eléctrico. Las secciones de resistividad eléctrica obtenidas se correlacionan con la información geológica o geofísica de la zona aportando información detallada del subsuelo terrestre. Estimando así una textura más o menos alterada o más o menos porosa y el contenido de fluidos de sus poros condicionan la concentración y movilidad de iones, movilidad que es inversa a la resistividad, es decir, mayor conductividad.

Las configuraciones tradicionales de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT) utilizan cuatro electrodos. A través de dos de ellos se inyecta una corriente eléctrica en el terreno y con los otros dos se mide la diferencia de potencial. A partir de los valores de corriente y de diferencia de potencial medidos se puede obtener la distribución de la resistividad eléctrica del subsuelo, propiedad física de la materia que determina la dificultad que presenta la corriente eléctrica en traspasar un material.

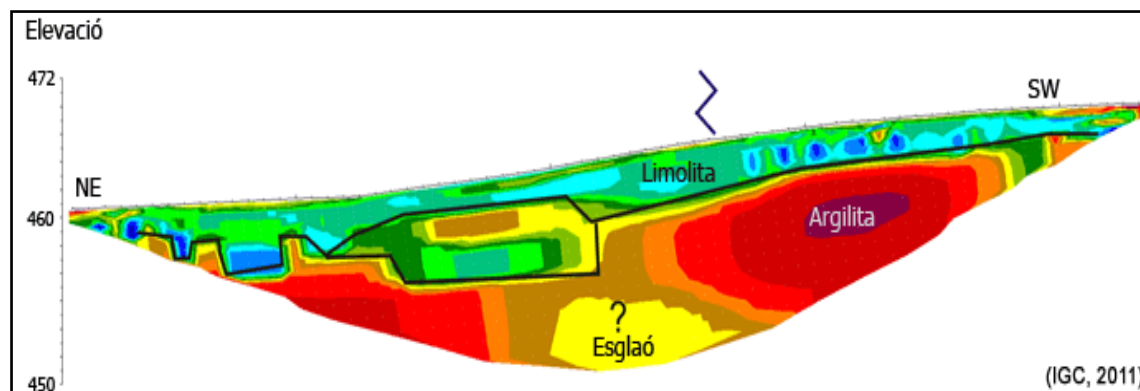
Figura 3-10 Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La técnica ERT utiliza los valores de resistividad aparente medidos en superficie para generar imágenes denominadas pseudosecciones, las cuales son necesarias para resolver el problema inverso y obtener un modelo del subsuelo.

Figura 3-11 Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica



Fuente: Instituto Geofísico de Catalunya

Entre los objetivos de la tomografía eléctrica tenemos el de identificar la ubicación de las zonas favorables para perforación e instalación de los piezómetros y estimar la profundidad de la capa impermeable.

Fotografía 3-9 Tomografía - sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.2.5 Caracterización Biológica

En el ítem 3.7.6 (Componente flora y fauna) se presenta los registros de muestreo de flora y fauna (cuadros y/o fotos), en el Anexo 6.5.7 y 6.5.8 se presenta las fichas de campo.

• Etapa pre-campo

La etapa pre-campo se inició con la determinación de los transectos de evaluación en el área de estudio, así como de la cartografía existente. El conocimiento del área de estudio fue un factor relevante en el diseño de muestreo, pues se escogieron los lugares más adecuados para realizar la evaluación.

Según la información obtenida en la primera fase desarrollada en gabinete, se identificaron tres (3) formaciones vegetales en los 4 sectores de estudio. Las principales unidades de vegetación encontradas fueron: Bosque de terraza bajas (Bt-b), Bosque de colinas bajas (Bcb) y áreas de no bosque amazónico (Ano-Bo). Cada una de estas formaciones corresponde a una unidad de vegetación y, en todas ellas se establecieron las estaciones muestrales para la evaluación biológica.

Para cada sitio, se determinó 2 a 3 transectos de evaluación de flora y fauna terrestre y 2 a 3 estaciones de muestreo de hidrobiología. En el Anexo 6.5.7 y 6.5.8 se presenta los registros de muestreo de flora y fauna.

• Etapa de campo

Las evaluaciones se realizaron en los transectos correspondientes a las unidades de vegetación identificadas, focalizando las zonas con características óptimas para la presencia de especies susceptibles a uso. En cada transecto de muestreo se tomaron datos de la ubicación geográfica (coordenadas) mediante el sistema de posicionamiento global (GPS) en unidades UTM (WGS 84), elevación, vegetación dominante y se hizo un registro fotográfico de los paisajes que constituyeron el área predominante de estudio, y de la flora y fauna presentes en ellos (Ver Anexo 6.4 Mapa

6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda y Mapa 6.4.6: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología del sitio S0112 (Sitio 35)-Época seca).

La metodología de estudio se describe en el siguiente acápite.

A. Vegetación

Las metodologías consideradas fueron:

- Muestreo Aleatorio estratificado: Este tipo de muestreo requiere de la estratificación del área a evaluar y en donde la selección de las muestras es aleatoria, pero solo al interior de cada estrato o unidad de vegetación.^{aa}
- Determinación de la localización de especies específicas: La búsqueda intensiva de especies susceptibles a ser utilizadas, tanto por pobladores humanos como por fauna silvestre, se realizará en recorridos circundantes a los puntos de referencia, dentro de un aproximado de 100 metros de radio.^{bb}

B. Mamíferos

La metodología considerada, consistió en la siguiente:

Para la evaluación de los mamíferos, se tomaron 3 transectos de muestreo distribuidas en el área del sitio estudiado.

Registros directos: El registro directo de mamíferos fue realizado a través de avistamientos, el cual no implican la captura de animales y consiste en la observación de individuos durante el recorrido de las zonas evaluadas.^{cc}

Mamíferos menores terrestres: No se incluyó este subcomponente, de acuerdo con la baja densidad y probabilidad de endemismo y conservación de estos organismos.

Los mamíferos menores terrestres agrupan generalmente a diferentes taxones de mamíferos no voladores que poseen un peso aproximado menor a 1 kg en su etapa adulta (Barnett y Dutton, 1995). Incluye a los roedores, marsupiales y lagomorfos (Pacheco et al., 2009).

Mamíferos mayores: El registro se realizó utilizando Censos por transecto lineal, recorridos diarios de ida y vuelta de aproximadamente, 200 m en cada estación de muestreo a distintas horas del día durante la mayor actividad de las especies. Los censos se realizaron entre las 07:00 y las 16:00 horas. En los recorridos se buscaron evidencias directas (observaciones y vocalizaciones) e indirectas (huellas, heces, comederos, pelos, madrigueras, restos óseos, etc.) de la presencia de mamíferos mayores. Todas las evidencias fueron fotografiadas. Los puntos de inicio y final del recorrido de búsqueda fueron georreferenciados. En el caso del registro de evidencias directas, se tomó información sobre la especie, número de individuos, sexo y edad (en lo posible), fecha, hora de avistamiento, localización geográfica (UTM), distancia al observador y características del hábitat.

Los mamíferos mayores son animales terrestres de comportamiento tímido, presentes en baja densidad y por lo general se desplazan de forma solitaria o en grupos reducidos (Tellería, 1986).

^{aa} Guía de Inventario de Flora y Vegetación (MINAM, 2015)

^{bb} Guía de Inventario de Flora y Vegetación (MINAM, 2015)

^{cc} Guía de Inventario de Fauna Silvestre (MINAM, 2015)

Registros indirectos: Registrando las ocurrencias por medio de fotografías y observaciones, las cuales proporcionan la evidencia de la presencia e incluso identidad, así como patrones de actividad de muchas especies. (Tobler et al. 2008). Esta metodología se centra en especies que puedan ser identificadas sin ser evidenciadas directamente. Los rastros se registraron a lo largo de los mismos transectos que se utilizan para las observaciones directas y corresponden a cualquier evidencia de actividad que pudiera identificarse con certeza y cuyo registro demuestre la presencia de estas especies de la zona de estudio en forma regular como: huellas, comederos, bañaderos, olores, heces, pelos, excavaciones, madrigueras y otros rastros que son característicos y reconocidos por los pobladores locales (Rumiz et al., 1998).

Entrevistas No Estructuradas: A fin de complementar la información obtenida en campo durante la evaluación de las estaciones de muestreo, haciendo uso de guías ilustradas de los Mamíferos Mayores reportados para la región, se realizó Entrevistas No Estructuradas a algunos pobladores de comunidades locales. Al respecto se recabo información sobre la presencia/ausencia de las especies observadas en las guías ilustradas, la abundancia de la especie en el ámbito territorial evaluado, y el uso que los pobladores de las diferentes locaciones aplican a las especies reportadas.

C. Aves

Transectos en franja: En este tipo de transecto se registra todas las aves dentro del área establecida por la longitud y el ancho, predeterminados antes de la evaluación. El ancho varía entre 10 y 20 m de amplitud (dependiendo de la visibilidad del hábitat), teniendo en cuenta que la distancia perpendicular del transecto al ave debe ser igual o menor al ancho (Bibby et al., 1999).

D. Reptiles

Transectos de banda fija: Cada unidad de muestreo puede presentar áreas de 50 metros de largo por dos metros de ancho en zonas agrestes y de poco acceso, hasta 100 metros de largo y dos metros de ancho en zonas abiertas y accesibles. Los transectos son idealmente rectos, y el tiempo de muestreo oscila entre 30 a 45 minutos (horas/hombre). Mediante esta técnica se realizan recorridos efectuando búsquedas minuciosas a una velocidad constante contabilizan los anfibios y reptiles registrados en forma visual y auditiva (Jaeger, 2001; Icochea et al., 2001). Se debe evitar evaluar caminos o trochas que estén siendo utilizadas por personas, porque los resultados pudieran estar influenciados por este factor (MINAM, 2015).

E. Hidrobiología y Necton

La metodología de evaluación del componente hidrobiológico se realizó de acuerdo con la *taxa* determinada:

- **Fitoplancton:** El fitoplancton fue colectado directamente en un frasco de polietileno de 500 ml. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron inmediatamente almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 5 % para su posterior separación e identificación de los organismos. (MINAM, 2014).
- **Zooplancton:** El zooplancton fue colectado mediante un arrastre de red planctónica en la superficie de agua a través de una red cónica de 20 micras de abertura de malla. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron inmediatamente almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 5 % para su posterior separación e identificación de los organismos (MINAM, 2014).
- **Bentos:** Los organismos del fondo fueron colectados y filtrados en una red Surber de 900 cm² de abertura de malla con 500 micras de tamaño de malla, maniobrada por el personal especialista. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología.

Las muestras fueron colocadas en frascos de boca ancha de 500 ml debidamente etiquetados por punto de muestreo y transecto y fijadas con alcohol al 70 % para su posterior separación e identificación de los organismos (MINAM, 2014).

- **Perifiton:** Se realizó un raspado en piedras o sustratos blandos sobre un área de 25 cm² hasta 100 cm². Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron colocadas en frascos de 250 ml y fijadas con 0,5 a 1 ml de Lugol, agitándolas por unos minutos, para finalmente preservarlas en formalina al 5 %. (MINAM, 2014).
- **Necton:** Para el muestreo se empleó una atarraya de 2 brazas, una red de arrastre (5 m x 2 m; 10 m x 2 m y abertura de malla de 1 cm) y una red de espera con tamaño de malla 2" 50 m x 3 m. Las muestras colectadas fueron fotografiadas en fresco, utilizando acuarios o directamente sobre una superficie plana con una escala de medida como referencia. Luego, dependiendo de los objetivos, fueron identificadas, o se contaron, se midieron y pesaron. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología (MINAM, 2014).

Para muestras de las cuales se extrajo tejido para análisis de metales pesados, se tomaron solamente muestras de peces > 200 gr peso (idealmente 1 kg aproximado de muestra por estación), los cuales fueron lavados con agua destilada, colocados en bolsas con cierre hermético (tipo "ziploc") y rotuladas por estación de muestreo y separadas independientemente por especie, debiendo ser inmediatamente refrigerados para su posterior análisis en laboratorio; otra parte de la muestra eventualmente fue devuelta al natural. (MINAM, 2014).

Ver Anexo 6.4 Mapas 6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda y Mapa 6.4.6: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0112 (Sitio 35)-Época seca.

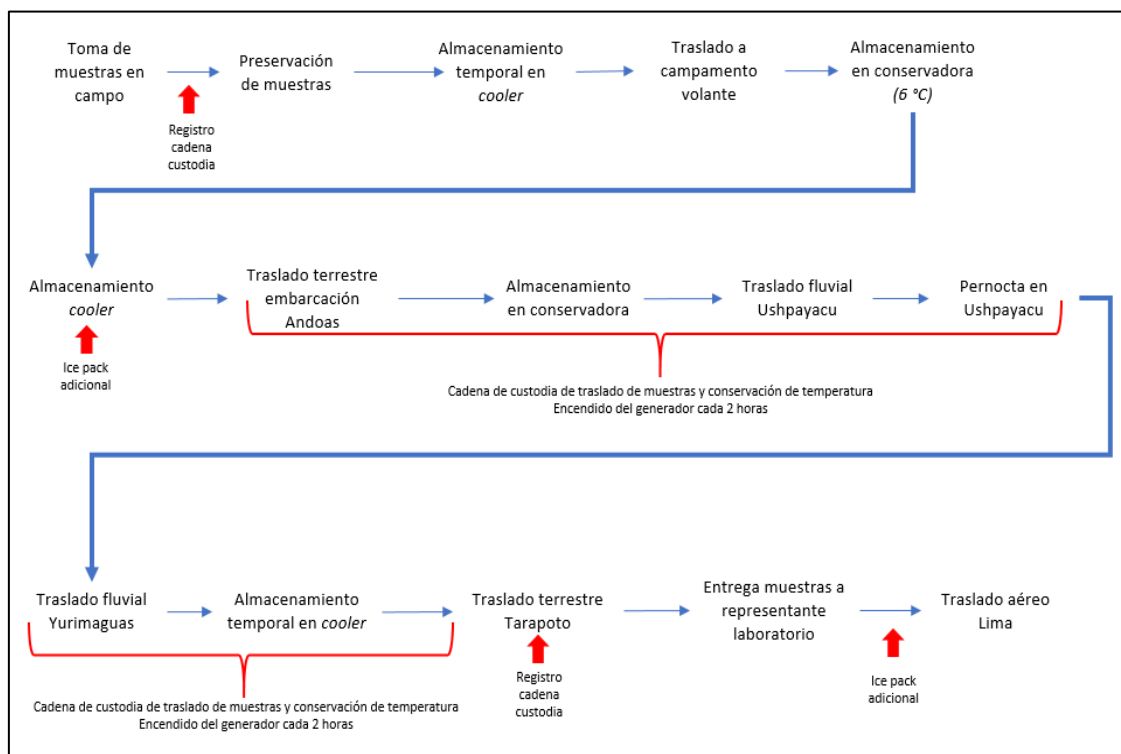
3.5.3 Materiales y aspectos logísticos.

El ingreso de materiales a la zona de estudio fue por vía fluvial en embarcaciones apropiadas de acuerdo con la carga requerida, siguiendo la ruta Yurimaguas-Comunidad Nativa Nuevo Andoas y/o Nauta-Comunidad Nativa Nuevo Andoas. Para la etapa de campo, tanto en época húmeda y seca, se programó primero el ingreso de una brigada de avanzada (social y logística), que estableciera los primeros contactos con las comunidades, contratos del personal o mano de obra local, permisos de ingreso a la zona y lugares de alimentación/hospedaje o lugares de montaje de campamentos volantes. Una segunda brigada técnica, conformada por el grupo de muestreo de suelos, aguas y biología, hizo su ingreso posterior.

Ya durante la ejecución de los trabajos de campo, se programó de cinco (5) a seis (6) ingresos para trasladar las muestras para los análisis laboratorio, para ser trasladados vía terrestre hasta la Comunidad Nativa Nuevo Andoas, de allí por vía fluvial hasta Ushpayacu y de allí a Yurimaguas para finalmente ser trasladadas por vía terrestre hasta Tarapoto donde finalmente serán enviadas por vía aérea hasta Lima. El traslado vía fluvial tiene un tiempo de duración de dos (2) días. En esta se llevará una conservadora, más *coolers* más *ice pack* suficiente que permitan mantener la temperatura hasta el punto de entrega al laboratorio en Tarapoto, donde este será el encargado de preservar la temperatura de las muestras hasta su llegada al laboratorio en Lima.

Durante los trabajos de campo, se procedió siguiendo altos estándares de seguridad y salud en el trabajo, asimismo los materiales contaron con sus respectivas hojas MSDS. Ver Anexo 6.9.

Figura 3-12 Diagrama de traslado de muestras y conservación de temperatura



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.5.4 Custodia y procedimientos de aseguramiento de la calidad de los resultados, aplicando las guías, protocolos emitidos por las autoridades respectivas.

Durante toda la etapa de diseño del plan de muestreo, así como en la fase de levantamiento de campo y procesamiento de la información se tomó en cuenta los procedimientos aprobados por el laboratorio, para el adecuado control y aseguramiento de la calidad de las muestras, dentro de las cuales se tomó en cuenta:

- **Laboratorios acreditados**

La Guía de Muestreos de Suelos, exige que las muestras a ser tomadas en campo sean analizadas por un Laboratorio acreditado en INDECOPI, asimismo las muestras duplicadas.

En el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio se muestra las acreditaciones de los laboratorios de AGQ y SGS.

- **Acompañamiento de las muestras**

En todo momento durante la toma de muestras y el traslado de estas, las muestras fueron acompañadas por un monitor ambiental de la cuenca (uno por cada comunidad) y un responsable de laboratorio, desde el lugar de toma de las muestras hasta el Laboratorio AGQ (Lima), asegurándose del correcto traslado de estas, control de la temperatura, así como custodia de estas. A continuación, se presenta algunas actas de acompañamiento de las muestras:

Figura 3-13 Acta de conformidad del traslado de muestras

Acta de Conformidad del Traslado de Muestras

Por medio de la presente, yo, Natanael Sandi Chimborras, con DNI 44033232, doy conformidad al proceso de traslado de las muestras del "Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes", desde los sitios evaluados, ubicados en la CC. NN José Olaya, Distrito de Trompeteros, Provincia y Departamento de Loreto hasta el Laboratorio AGQ, ubicado en el Distrito de La Perla, Provincia Constitucional del Callao y Departamento de Lima.

El procedimiento se llevó a cabo siguiendo una cadena de frío, y además se hicieron controles de temperatura durante el traslado respectivo.


 NELIS ALVAREZ
 JCI


 Natanael Sandi Chimborras
 DNI 44033232

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-14 Acta de conformidad del traslado de muestras

ACTA DE CONFORMIDAD DEL TRASLADO DE MUESTRAS

Por medio de la presente, yo NATANAEL SANDI CHIMBORRAS, con DNI 44033232, doy conformidad al proceso de traslado de las muestras del "Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Remediación de 13 sitios Impactados con Actividades de Hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes", tomadas desde la fecha del 15 al 21 de junio.


NATANAEL SANDI CHIMBORRAS
DNI 44033232 23 de JUNIO 2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Cadena de custodias

Las muestras tomadas en campo fueron adecuadamente rotuladas, y se llenó la cadena que contenía la siguiente información:

- El número de cadena de custodia proporcionada por el laboratorio acreditado.
- El nombre de la empresa y responsable de muestreo.
- Los datos de identificación del sitio (coordenadas UTM).
- La fecha y hora del muestreo.
- Las claves de las muestras.
- Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
- Los análisis o la determinación requerida.
- El número de envases.
- Identificación de las personas que entregan y reciben en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha y hora.
- Observaciones.

La cadena de custodia en original deberá acompañar a las muestras desde su obtención hasta el ingreso al laboratorio. El laboratorio deberá incluir una copia de esta cadena de custodia con los resultados del análisis.

En el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio se muestran las cadenas de custodia de las muestras monitoreadas.

• Muestras control

En el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio se muestran los resultados de las muestras de control.

La muestra blanco de transporte (MBT)

La muestra blanco de laboratorio es una muestra que se prepara en el laboratorio, viaja con el resto de los envases destinados a la toma de muestras al campo y luego regresa al laboratorio. Por medio de esta muestra se evalúa si ocurrió algo anormal durante el transporte y almacenamiento de las muestras, en el campo o en el laboratorio. El número de muestras será de una por *cooler*. Se mantendrá cerrada todo el viaje y junto al resto de muestras captadas en el campo. Esta muestra será considerada para la matriz agua.

La muestra blanco de campo (MBC)

Es una muestra de agua de-ionizada captada en el campo antes de comenzar las labores de muestreo, se mantendrá abierta junto con el resto de las muestras captadas en el campo y servirá para detectar si algún compuesto fue introducido durante la toma, transporte o almacenamiento de la muestra. Esta muestra será considerada para la matriz agua.

La muestra blanco de equipos (MBE)

Es una muestra de agua destilada que se toma luego del lavado de los equipos de muestreo de suelos (cuchara muestreadora) para verificar si se realizó correctamente. Esta muestra será considerada para la matriz suelo.

La muestra duplicada de campo (MDuC)

Será captada de una misma muestra-matriz y enviada al laboratorio. El objeto de ésta es conocer la consistencia de resultados del laboratorio. Esta muestra será considerada para la matriz suelos y se analizará el contenido de metales en ella. Se determinó tomar muestras duplicadas en un 5 % del total de las muestras.

El control de calidad analítico de las muestras se realizó con la captación y análisis de contramuestras en otro laboratorio acreditado, en este caso SGS.

Se tomó un total de 02 muestras.

Se efectuó un análisis estadístico básico de las muestras (media, desviación estándar e intervalo de variación). De dicho análisis se encontró una variabilidad esperada en las contramuestras del laboratorio SGS con relación a las muestras analizadas por el laboratorio AGQ. El promedio de las muestras se mantiene dentro del rango de variación esperado. Sólo en casos muy particulares la variabilidad es más alta de lo esperado. Sin embargo, al tratarse de un análisis estadístico sobre 2 muestras, resulta complicado identificar o explicar las posibles fuentes de variabilidad entre las muestras. Por ello se recurre a una comparación del promedio usando la desviación estándar como base comparativa.

De acuerdo a lo anterior, el control analítico de los análisis de las muestras resultó positivo. En el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio se muestra los resultados de las muestras duplicadas de SGS, así como el análisis estadístico de las muestras.

3.6 Descripción de los resultados de campo y de laboratorio.

En la presente sección se detalla la cantidad de muestras tomadas en la etapa de campo y resultados obtenidos del análisis de laboratorio de las muestras de suelo, sedimentos, agua superficial, agua subterránea, hidrobiología, vegetación y fauna (análisis cualitativo) y peces. Los cuales fueron recolectados en la época húmeda y época seca respectivamente.

La ubicación espacial de los puntos muestreados para suelos (sondeos manuales, sondeos con máquina y niveles de fondo), agua superficial, sedimentos, agua subterránea, biología, hidrobiología se muestran en los anexos, los cuales se estructuran de la siguiente manera: en el Anexo 6.2, 6.3 y 6.4 se presenta los Mapas respectivos numerados por cada acápite del presente informe, en el Anexo 6.5, se muestra las plantillas de campo descritas en el ítem 3.5.1, en el Anexo 6.7 se presenta la galería fotográfica del sitio, en el Anexo 6.9 se presenta las hojas de datos de materiales, y en el Anexo 6.10 la data de laboratorio del sitio S0112 (Sitio 35).

3.6.1 Resultados de campo (época húmeda)

Se tomaron muestras para distintos medios (suelos, sedimentos, aguas e hidrobiología), cuyas cantidades se mencionan en los siguientes acápitales según corresponda. Las muestras fueron recolectadas con el trabajo conjunto de la consultora y los especialistas del laboratorio contratado y enviadas para los análisis correspondientes. En esta etapa se muestrearon: suelos (niveles de fondo (calicatas), sondeos con equipo, sondeos manuales y muestras duplicadas), sedimentos, agua superficial, agua subterránea, flora y fauna, hidrobiología y peces. También tomaron muestras duplicadas para el control de calidad de datos, estas muestras fueron enviadas al laboratorio acreditado contratado (SGS) para este fin.

3.6.1.1 Suelos

Para la toma de muestra de suelos se utilizaron dos métodos los cuales fueron explicados en acápite anterior (3.5.2 Descripción del trabajo de campo). Como la parte del muestreo de suelo se realizó la toma de muestras de niveles de fondo, así como la toma muestras duplicadas para el control de calidad analítico.

En el Anexo 6.5 se muestra las plantillas de campo, las especificaciones técnicas de los equipos, así también los certificados de calibración y las verificaciones del equipo P.I.D.

A. Sondeos manuales

Se realizaron 22 sondeos manuales a 1,2 metros de profundidad en esta temporada, paralelamente se realizó la medición del PID para cada muestra tomada in situ. Los valores registrados ayudaron al especialista a definir la toma de muestra. Las muestras fueron tomadas en ambos sitios impactados que fueron evaluados.

En el Cuadro 3-11 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados en el sitio impactado S0112 (Sitio 35).

Cuadro 3-11 Ubicación de sondeos manuales

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0112-S001	1,2	373 611	9 724 229	30/05/2018	Si	0
S0112-S002	1,2	373 578	9 724 247	30/05/2018	No	0
S0112-S003	1,2	373 570	9 724 336	30/05/2018	No	0
S0112-S004	1,2	373 615	9 724 332	30/05/2018	No	0
S0112-S005	1,2	373 660	9 724 342	30/05/2018	No	0
S0112-S006	0,6	373 691	9 724 390	30/05/2018	No	125
S0112-S007	1,2	373 652	9 724 382	30/05/2018	No	0
S0112-S008	1,2	373 615	9 724 379	29/05/2018	Si	117
S0112-S009	1,2	373 571	9 724 381	29/05/2018	Si	121
S0112-S010	1,2	373 528	9 724 382	29/05/2018	Si	95
S0112-S011	1,2	373 488	9 724 423	29/05/2018	Si	73
S0112-S012	1,2	373 468	9 724 492	29/05/2018	Si	50
S0112-S013	1,2	373 489	9 724 559	29/05/2018	No	0
S0112-S014	1,2	373 492	9 724 590	29/05/2018	No	0
S0112-S015	1,2	373 532	9 724 606	29/05/2018	No	0

Cuadro 3-11 Ubicación de sondeos manuales

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0112-S016	1,5	373 538	9 724 641	29/05/2018	No	12
S0112-S017	0,9	373 571	9 724 634	29/05/2018	Si	76
S0112-S018	1,2	373 571	9 724 602	29/05/2018	Si	0
S0112-S019	1,2	373 616	9 724 605	30/05/2018	Si	17,9
S0112-S020	1,2	373 618	9 724 560	30/05/2018	No	107
S0112-S021	1,2	373 618	9 724 475	30/05/2018	Si	104
S0112-S022	0,3	373 638	9 724 433	30/05/2018	No	16,1

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Niveles de fondo

Para los niveles de fondo se captaron muestras en zonas aledañas al sitio en estudio, dichas áreas presentaban características geomorfológicas, geológicas y físico naturales similares al sitio impactado.

En este sentido, se realizaron 3 calicatas y se realizó 1 muestra compuesta para el análisis de laboratorio por sitio. Los puntos fueron determinados en campo JCI-HGE y el apoyo de monitores ambientales y la recolección de la muestra fue realizada por el laboratorio AGQ.

Asimismo, para el análisis e interpretación de resultados, se complementó con la información obtenida del análisis de los niveles de fondo para otros sitios impactados dentro del área de estudio (cuenca del río Corrientes) y que se presenta más adelante en el documento (ver Cuadro 3-40), ya que los datos revisados como parte de la información bibliográfica para la misma zona de estudio, se encuentran a distancias lejanas (>100 km).

En el Cuadro 3-12 se muestra la ubicación de todos los puntos de muestreo y la codificación de muestra enviada al laboratorio para el sitio S0112 (Sitio 35).

Cuadro 3-12 Ubicación de los puntos de muestreo y código de muestra enviada al laboratorio

Código de Laboratorio AGQ	Coordenada UTM WGS84 Cadena de custodia AGQ		Código de Muestreo JCI-HGE	Prof. de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo
	Este (m)	Norte (m)			Este (m)	Norte (m)	
S0112-NF	373 409	9 724 343	S0112-NF1	0,3	373 409	9 724 343	2/06/2018
			S0112-NF2	0,3	373 836	9 724 653	2/06/2018
			S0112-NF3	0,3	373 642	9 724 808	2/06/2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C. Sondeos con equipo

Se realizaron 16 perforaciones por el método de penetración por percusión de 5 metros de profundidad (promedio) en la época húmeda y para la cual se captaron de 2 a 3 muestras por punto de perforación.

En el Cuadro 3-13 se muestra las coordenadas de ubicación de puntos de muestreo dentro del sitio impactado S0112 (Sitio 35).

Cuadro 3-13 Ubicación de los sondeos con equipo

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0112-S023	0,9	373 587	9 724 278	19/06/2018	Si	4
	3,3	373 587	9 724 278	19/06/2018	No	6,4
	5,1	373 587	9 724 278	19/06/2018	No	0
S0112-S024	0,3	373 570	9 724 305	19/06/2018	No	0
	2,1	373 570	9 724 305	19/06/2018	Si	4
	4,5	373 570	9 724 305	19/06/2018	No	0
S0112-S025	0,6	373 578	9 724 417	18/06/2018	Si	0,2
	4,5	373 578	9 724 417	18/06/2018	Si	7,7
	5,7	373 578	9 724 417	18/06/2018	No	0
S0112-S026	0,9	373 538	9 724 416	15/06/2018	Si	0,9
	2,1	373 538	9 724 416	15/06/2018	Si	5,6
	6,3	373 538	9 724 416	16/06/2018	No	0
S0112-S027	0,9	373 509	9 724 437	15/06/2018	Si	7,7
	3,3	373 509	9 724 437	15/06/2018	Si	4,4
	5,7	373 509	9 724 437	16/06/2018	Si	0
S0112-S028	0,6	373 554	9 724 369	16/06/2018	Si	2,6
	3,3	373 554	9 724 369	16/06/2018	Si	9,2
	6,3	373 554	9 724 369	16/06/2018	No	1,7
S0112-S029	0,6	373 580	9 724 458	12/06/2018	No	0
	1,8	373 580	9 724 458	12/06/2018	Si	6
	4,8	373 580	9 724 458	12/06/2018	No	1,2
S0112-S030	0,9	373 537	9 724 463	14/06/2018	Si	5,4
	3,3	373 537	9 724 463	14/06/2018	No	2,6
	4,5	373 537	9 724 463	14/06/2018	Si	3,8
S0112-S031	0,6	373 629	9 724 359	18/06/2018	No	1,6
	2,1	373 629	9 724 359	18/06/2018	Si	6,3
	5,1	373 629	9 724 359	18/06/2018	No	0
S0112-S032	0,9	373 506	9 724 488	14/06/2018	Si	1,5
	2,1	373 506	9 724 488	14/06/2018	Si	1,6
	5,1	373 506	9 724 488	14/06/2018	No	0,1
S0112-S033	0,9	373 536	9 724 504	14/06/2018	Si	4,8
	2,1	373 536	9 724 504	14/06/2018	No	0
S0112-S034	0,9	373 579	9 724 506	13/06/2018	No	0,8
	3,3	373 579	9 724 506	13/06/2018	No	0,2
	4,5	373 579	9 724 506	13/06/2018	No	0

Cuadro 3-13 Ubicación de los sondeos con equipo

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0112-S035	0,9	373 565	9 724 528	12/06/2018	Si	0
	1,5	373 565	9 724 528	12/06/2018	Si	2,8
	4,5	373 565	9 724 528	12/06/2018	No	0
S0112-S036	0,9	373 510	9 724 531	13/06/2018	No	0
	2,1	373 510	9 724 531	13/06/2018	No	1
	5,1	373 510	9 724 531	13/06/2018	No	0
S0112-S037	0,9	373 542	9 724 554	12/06/2018	No	1,8
	2,1	373 542	9 724 554	12/06/2018	Si	4,3
	4,5	373 542	9 724 554	12/06/2018	No	0
S0112-S038	1,2	373 519	9 724 564	4/06/2018	No	21,6
	2,4	373 519	9 724 564	4/06/2018	Si	30,3
	5,4	373 519	9 724 564	4/06/2018	No	0

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

D. Muestras duplicadas

El número de muestras duplicadas correspondió a un 5 % del total de muestras de suelo. En ese sentido, del total de 88 muestras enviadas al laboratorio AGQ, 5 muestras adicionales fueron enviadas al laboratorio SGS para ser analizadas por metales y comparar resultados de ambos laboratorios.

Cuadro 3-14 Ubicación de las muestras duplicadas

Código	Fecha de muestreo	Profundidad de muestreo (m)	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
S0112-S002	20/06/2018	-	No	No
S0112-S023	19/06/2018	3,30	No	6,4
S0112-S025	18/06/2018	4,50	Si	7,7
S0112-S028	16/06/2018	3,30	Si	9,2
S0112-S031	18/06/2018	2,10	Si	6,3

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.1: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos y niveles de fondo del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda.

3.6.1.2 Sedimentos

En esta temporada se muestrearon 2 puntos para captación de sedimentos, ubicados aguas arriba y aguas abajo del sitio impactado. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis de calidad.

En el Cuadro 3-15 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo. Ver Anexo 6.4, Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda.

Nota: Al tratarse estaciones ubicadas en el mismo punto (sedimentos y agua superficial) se presentan, por época, en un mismo mapa.

Cuadro 3-15 Ubicación de los puntos de muestreo sedimentos

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0112-Sed001	373 392	9 724 424	31/05/2018	Aguas arriba del sitio
S0112-Sed002	373 687	9 724 791	31/05/2018	Aguas abajo del sitio

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.1.3 Agua superficial

Medición de caudales

Como parte del análisis hidrológico se realizó el aforo o el cálculo de los caudales de los ríos y quebradas que se encuentran dentro del área del sitio impactado. La toma de la data fue realizada para cada temporada (época seca y época húmeda), teniendo en cuenta su ubicación en coordenadas UTM (WGS-84). La medición del caudal fue realizada por los tres métodos propuestos: el método del correntómetro, método volumétrico y el método del flotador. Los resultados de los caudales tomados para cada época se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 3-16 Caudales aforados en el sitio S0112 (Sitio 35) (época húmeda y seca)

Código	Coordenadas UTM - WGS84			Fecha	Época	Caudal (l/s)
	Este (m)	Norte (m)	altitud (m s. n. m.)			
S0112-AF-01	373 505	9 724 642	207	6/06/2018	Húmeda	59,93
S0112-AF-02	373 647	9 724 782	210	6/06/2018	Húmeda	38,85
S0112-AF-03	373 652	9 724 775	212	6/06/2018	Húmeda	-
S0112-AF-04	373 651	9 724 764	211	6/06/2018	Húmeda	-
S0112-AF-04B	373 822	9 724 654	217	8/06/2018	Húmeda	1,34
S0112-AF-05	373 555	9 724 767	211	8/06/2018	Húmeda	82,50
S0112-AF-06	373 476	9 724 605	205	11/09/2018	Seca	13,35

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

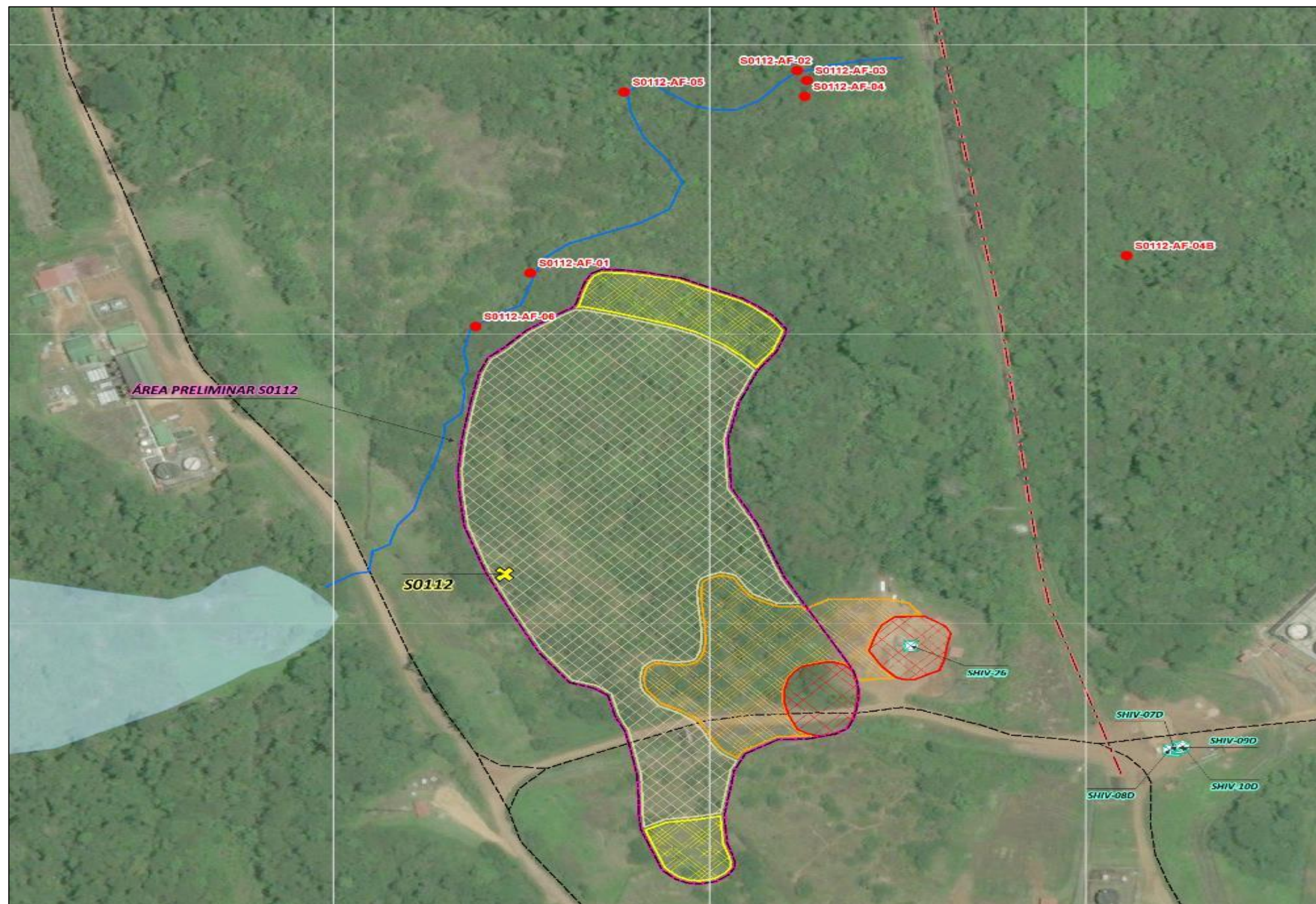
Estos datos fueron tomados a criterio profesional de JCI-HGE durante la época húmeda.

Fotografía 3-10 Medición de caudal en campo



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-15 Ubicación de los puntos de aforo superficial



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Calidad de agua superficial

En esta época se muestrearon 2 puntos de calidad de agua superficial, ubicados uno aguas arriba y uno aguas abajo del sitio. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

En el Cuadro 3-17 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-17 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

Código Agua Superficial	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0112-As001	373 392	9 724 424	31/05/2018	Aguas arriba del sitio
S0112-As002	373 687	9 724 791	31/05/2018	Aguas abajo del sitio

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Ver Anexo 6.4, Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda.

3.6.1.4 Geofísica

Tomografía eléctrica

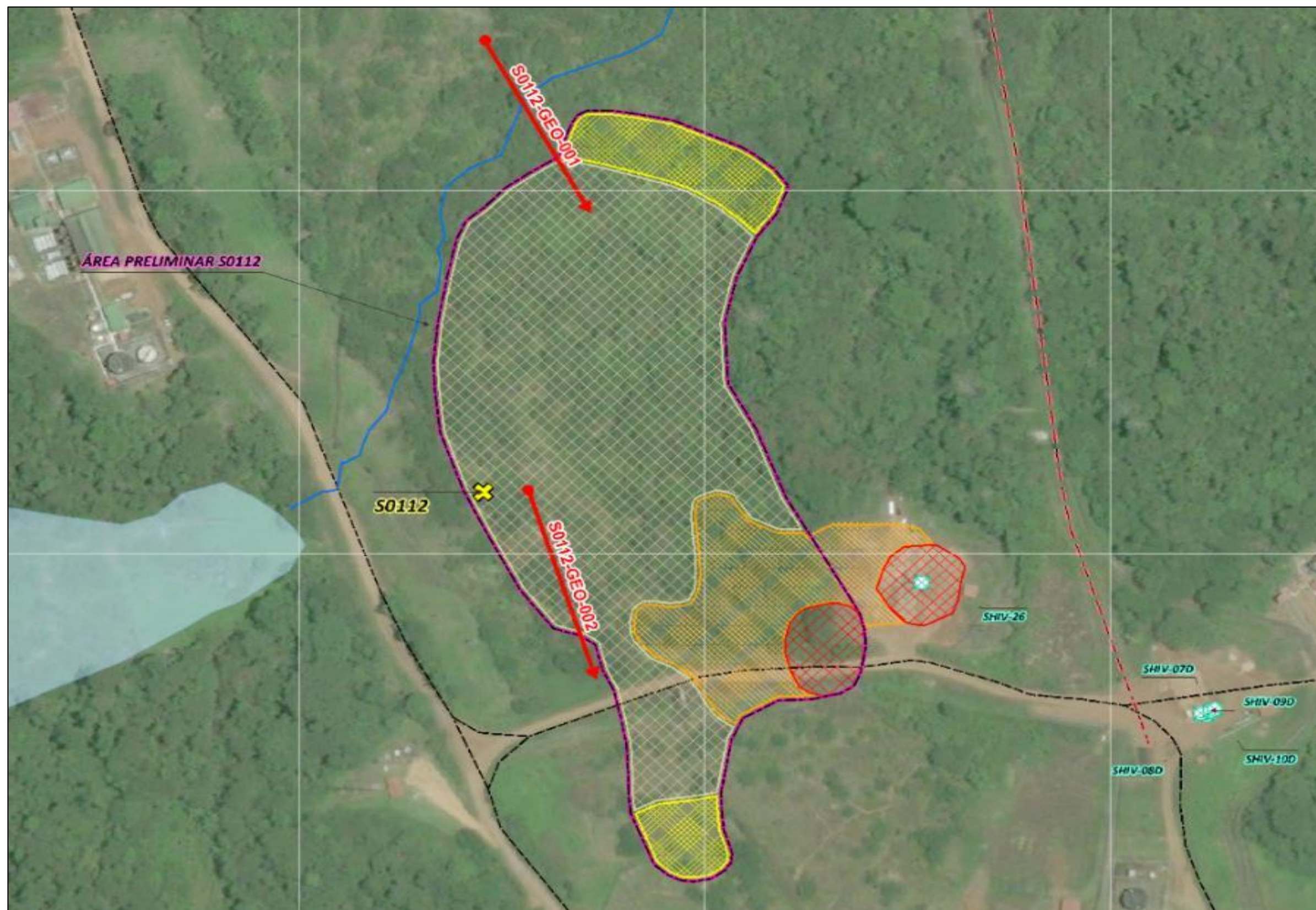
Para el trabajo se realizó el levantamiento de dos (2) líneas tomográficas geoelectricas ubicadas sobre el área impactada con el fin de definir de manera indirecta la litología de la zona y el nivel freático del agua subterránea, estas líneas tuvieron la longitud de 100 metros con el fin de investigar una profundidad máxima de 30 metros. En el siguiente cuadro se observa las coordenadas, longitudes de las líneas tomográficas.

Cuadro 3-18 Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)

Código	Coordenadas WGS84			Fecha	Longitud (m)	Espaciamento de electrodos (m)
	Electrodo	Este (m)	Norte (m)			
S0112-GEO-001	Inicial	373 492	9 724 682	6/06/2018	100.00	6,0
	Final	373 540	9 724 594			
S0112-GEO-002	Inicial	373 514	9 724 433	6/06/2018	100.00	6,0
	Final	373 544	9 724 338			

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-16 Vista en planta de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.1.5 Agua subterránea

Instalación de piezómetros

En la época húmeda se ubicó, perforó, construyó, instaló y se realizó la limpieza o purga de los piezómetros en el área impactada, localizados espacialmente aguas arriba y aguas abajo. En total se instalaron 2 piezómetros en las cercanías del área de estudio. En la época húmeda se purgaron los pozos, se midió el nivel del agua, se tomó datos con el multiparámetro (Ox. Dis., pH, T°, conductividad y turbidez) y se captó la muestra de agua de la época.

En la Figura 3-17 se muestra la ubicación de los piezómetros y en el Cuadro 3-19 se describe las características técnicas de los piezómetros.

Las características de la instalación de los piezómetros pueden ser revisadas directamente de las fichas de campo: "Formato de perforación y construcción de pozo de monitoreo" (Anexo 6.5 Planillas de campo, Anexo 6.5.6).

Cuadro 3-19 Características técnicas de la instalación de los piezómetros

Código	Coordenadas WGS84		Prof. de instalación (m)	Diámetro de instalación (Pulgadas)	Prof. del nivel freático en instalación (m)*	Fecha de instalación
	Este (m)	Norte (m)				
S0112-Pz-001	373 520	9 724 634	4,2	2"	1,83	7/06/2018
S0112-Pz-002	373 712	9 724 483	7,6	2"	3,72	9/06/2018

* Profundidad del nivel freático medido desde la superficie del terreno.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En junio 2018 se realizó la medición del nivel freático y posterior limpieza de esta mediante la purga del agua de cada piezómetro, en el Cuadro 3-20 se muestra la medición del nivel de agua.

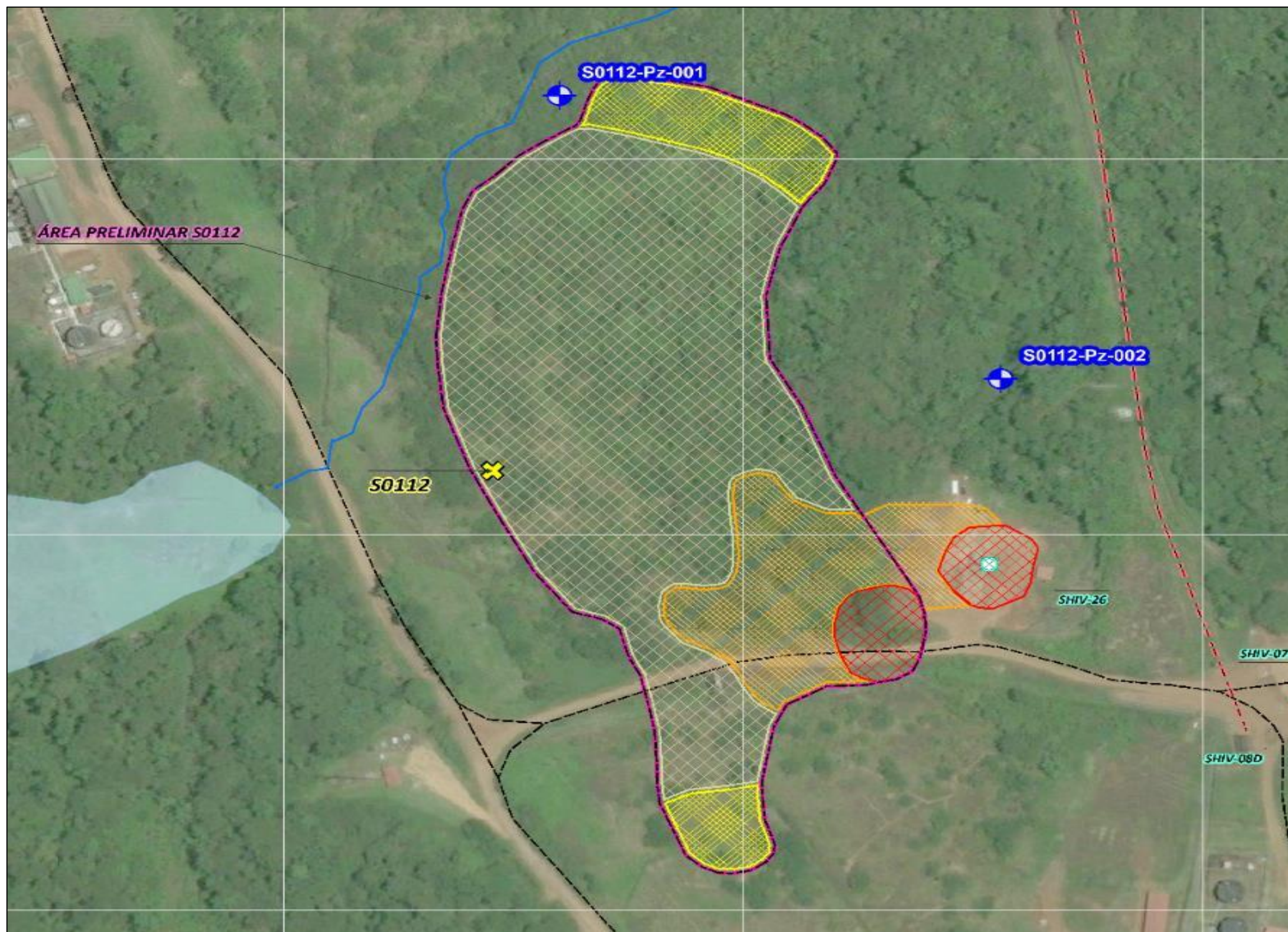
Cuadro 3-20 Medición del nivel freático

Código	Nivel freático (m) - Época Húmeda		
	En la instalación	13 junio 2018	20 junio 2018
S0112-Pz-01	1,83	1,94	1,97
S0112-Pz-02	3,72	4,38	2,79

* Profundidad del nivel freático medido desde la superficie del terreno.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-17 Ubicación de los piezómetros en el sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Calidad de agua subterránea

Se tomaron muestras de calidad de agua en dos (2) piezómetros instalados uno aguas arriba y uno aguas abajo del sitio, realizando una limpieza previa de los mismos siguiendo el protocolo establecido, posteriormente las muestras fueron tomadas por el laboratorio AGQ con la supervisión de JCI-HGE.

En el Cuadro 3-21 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de calidad de agua subterránea.

Cuadro 3-21 Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea

Código	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0112-ASub001	373 520	9 724 634	20/06/2018	Aguas abajo del sitio
S0112-ASub002	373 712	9 724 483	20/06/2018	Aguas arriba del sitio

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda.

3.6.1.6 Flora y fauna

En esta época siguiendo los transectos definidos se monitorearon 3 transectos para muestreo de flora y fauna de acuerdo con el ítem 3.5.2.5 Caracterización Biológica. A lo largo de estos transectos, se registraron especies de flora y/o fauna con potencial de uso (Ver Anexo 6.5.8 Cuadro resumen de registros de flora y fauna). Para todos los registros directos e indirectos se realizaron las descripciones biológicas e identificaciones de las diferentes especies (Ver ítem 3.5.2.5 Método para la Caracterización biológica). En el Cuadro 3-22 y Anexo 6.4 Mapa 6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo biológicos e hidrobiológicos del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda).

Cuadro 3-22 Ubicación puntos de muestreo de flora y fauna

N°	Código de Registro	Coordenadas Iniciales UTM WGS84		Coordenadas Finales UTM WGS84		Fecha	Componentes
		Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)		
1	S0112-FLO / S0112-FAU	373 479	9 724 540	373 607	9 724 255	9/06/2018	Flora y Fauna
2	S0112-FLO / S0112-FAU	373 507	9 724 597	373 626	9 724 295	9/06/2018	Flora y Fauna
3	S0112-FLO / S0112-FAU	373 557	9 724 635	373 650	9 724 325	9/06/2018	Flora y Fauna

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.1.7 Hidrobiología

En esta época se muestrearon 2 estaciones de hidrobiología y para cada estación se tomó 4 muestras (fitoplancton, zooplancton, perifiton, macrobentos) que fueron enviadas al laboratorio, haciendo un total de 8 muestras, también se realizó la descripción de las características de cada estación de muestreo.

A continuación, se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las muestras tomadas en campo (Cuadro 3-23, Anexo 6.4 Mapa 6.4.5).

Cuadro 3-23 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Fecha	Hora	Sub componente	Estado trófico	Sustrato inorgánico (%)	Ubicación	Cobertura Veg. ribereña (%)	Conservación de hábitat
		Este (m)	Norte (m)								
S0112-Hb-001	S0112-Hb-Ben1-001	373 400	9 724 429	13/06/2018	11:20	Bentos	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Fit1-001	373 400	9 724 429	13/06/2018	11:20	Fitoplancton	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Z001-001	373 400	9 724 429	13/06/2018	11:20	Zooplancton	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Per1-001	373 400	9 724 429	13/06/2018	11:20	Perifiton	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
S0112-Hb-002	S0112-Hb-Ben1-002	373 679	9 724 798	13/06/2018	12:05	Bentos	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Fit1-002	373 679	9 724 798	13/06/2018	12:05	Fitoplancton	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Z001-002	373 679	9 724 798	13/06/2018	12:05	Zooplancton	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Per1-002	373 679	9 724 798	13/06/2018	12:05	Perifiton	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.1.8 Peces

En esta época se envió una (1) muestra compilada de peces para su el análisis de laboratorio, pero se evaluó la toma de muestras de dos (2) estaciones en la zona. En el Cuadro 3-24 se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las Estaciones de muestreo de Peces (Ver también Anexo 6.4, Mapas 6.4.5).

Cuadro 3-24 **Ubicación de estaciones de muestreo de peces**

Código de estación	Código de muestreo	Coordenada UTM WGS84		Hora	Sub componente	Estado trófico	Sustrato inorgánico (%)	Ubicación	Cobertura Veg. ribereña (%)	Conservación de hábitat
		Este(m)	Norte (m)							
S0112-Hb-001	S0112-Hb-Pec1-001	373 400	9 724 429	11:20	Necton	eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Pec1-002	373 679	9 724 798	11:20	Necton	eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.2 Resultados de campo (época seca)

Para la obtención de los resultados de campo se capturaron, para cada matriz (suelo, agua, sedimentos, biológico), cierta cantidad de muestras. Las cantidades de muestras por punto y por matriz caracterizada son referidas en los siguientes acápite según corresponda, así como los objetivos para los cuales fueron muestreadas para durante la época húmeda. En esta etapa se muestrearon: suelos (sondeos manuales, muestras duplicadas), sedimentos, agua superficial, agua subterránea, flora y fauna, hidrobiología y peces.

3.6.2.1 Suelos

Para la toma de muestra de suelos se realizó la extracción de muestras por barrenos manuales. Como parte del control de la calidad de resultados se tomaron muestras duplicadas para ser analizadas por otro laboratorio. En el Anexo 6.5 se muestra las plantillas de campo, las especificaciones técnicas de los equipos, así también los certificados de calibración y las verificaciones del equipo P.I.D.

A. Sondeos manuales (complementarios)

Se realizaron 9 sondeos manuales de 1,5 a 2,1 metros de profundidad en esta época, las muestras fueron recolectadas por el laboratorio AGQ con ayuda en la parte mecánica de JCI-HGE. Estos sondeos manuales son complementarios para definir el área de evaluación.

En el Cuadro 3-25 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados en al área estudiada.

Cuadro 3-25 Ubicación de sondeos manuales (complementarios)

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia física/ organoléptico	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0112-S039	0,6	373 707	9 724 461	1/09/2018	No Medido	4,8
	0,9	373 707	9 724 461	1/09/2018	No Medido	2,3
S0112-S040	1,5	373 636	9 724 656	2/09/2018	Si	6,9
	2	373 636	9 724 656	2/09/2018	Si	1,4
S0112-S041	0,9	373 529	9 724 656	2/09/2018	Si	3,2
	1,5	373 529	9 724 656	2/09/2018	No Medido	2
S0112-S042	1,2	373 452	9 724 536	2/09/2018	Si	20
	2,1	373 452	9 724 536	2/09/2018	Si	10,2
S0112-S043	0,9	373 480	9 724 436	3/09/2018	Si	3,9
	2	373 480	9 724 436	3/09/2018	Si	4,1
S0112-S044	0,6	373 524	9 724 373	3/09/2018	Si	14,4
	1,5	373 524	9 724 373	3/09/2018	Si	23,4

Cuadro 3-25 Ubicación de sondeos manuales (complementarios)

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia física/ organoléptico	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0112-S045	0,6	373 536	9 724 335	3/09/2018	Si	11,5
	1,5	373 536	9 724 335	3/09/2018	Si	11,5
S0112-S046	0,6	373 553	9 724 256	3/09/2018	Si	18
	1,8	373 553	9 724 256	3/09/2018	Si	9,3
S0112-S047	0,9	373 568	9 724 221	3/09/2018	Si	5
	2,1	373 568	9 724 221	3/09/2018	Si	10

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el Mapa 6.4.2: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0112 (Sitio 35)-Época seca.

3.6.2.2 Agua superficial

En esta época se muestreo 5 puntos agua superficial, ubicados aguas arriba y aguas abajo, así como algunos puntos son confirmatorios por las excedencias encontradas en la primera temporada. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis de calidad de agua.

En el Cuadro 3-26 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-26 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

Código Agua Superficial	Fecha de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	
S0112-As001	1/09/2018	373 392	9 724 424	Aguas arriba del sitio
S0112-As002	1/09/2018	373 687	9 724 791	Aguas abajo del punto S0112-As001
S0112-As003	2/09/2018	373 503	9 724 623	Aguas arriba del S0112-Pz-01
S0112-As004	2/09/2018	373 617	9 724 657	Aguas abajo del S0112-Pz-01
S0112-As005	2/09/2018	373 695	9 724 467	Aguas arriba del S0112-Pz-02

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el anexo Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-Época seca.

3.6.2.3 Sedimentos

En esta época se muestreó 10 muestras de sedimentos, ubicados aguas arriba y aguas abajo, así como algunos puntos confirmatorios por las excedencias encontradas en la primera temporada. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

En el Cuadro 3-27 se visualiza las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-27 Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

Código sedimentos	Fecha de muestreo	Coordenada UTM WGS84		Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	
S0112-Sed001	3/09/2018	373 392	9 724 424	Aguas arriba del sitio
S0112-Sed001a	3/09/2018	373 387	9 724 419	Aguas abajo del sitio
S0112-Sed001b	3/09/2018	373 401	9 724 433	Aguas arriba del punto S0112-Sed001
S0112-Sed002	3/09/2018	373 687	9 724 791	Aguas abajo del punto S0112-Sed001
S0112-Sed002a	3/09/2018	373 669	9 724 787	Aguas arriba del punto S0112-Sed002
S0112-Sed002b	3/09/2018	373 695	9 724 791	Aguas abajo del punto S0112-Sed002
S0112-Sed003	1/09/2018	373 503	9 724 623	Aguas arriba del S0112-Pz-01
S0112-Sed004	1/09/2018	373 617	9 724 657	Aguas abajo del S0112-Pz-01
S0112-Sed005	1/09/2018	373 695	9 724 467	Aguas arriba del S0112-Pz-02
S0112-Sed006	1/09/2018	373 674	9 724 493	Aguas abajo del S0112-Pz-02

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el anexo Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-Época seca.

3.6.2.4 Agua subterránea

Monitoreo de piezómetros

En septiembre de 2018 se realizó la purga y medición de los niveles freático de los piezómetros instalados, en el Cuadro 3-28 se muestra la variación del nivel freático de acuerdo con la época de muestreo.

Cuadro 3-28 Variación del nivel freático

Código	Coordenadas WGS84		Nivel freático (m) - Época seca
	Este (m)	Norte (m)	7 setiembre 2018
S0112-Pz-01	373 520	9 724 634	2,03
S0112-Pz-02	373 712	9 724 483	1,30

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Como se observa en el S0112-Pz-02 el nivel de agua en esta temporada se encuentra a menor profundidad que en la época húmeda, se asume que el nivel de agua en la época húmeda pudo estar afectado en la etapa de construcción e instalación por haberse purgado el agua del

piezómetro así facilitando la perforación de este. El nivel medido en el piezómetro en esta temporada debe ser el nivel estático que tiene un proceso de recuperación lento por las características textural del mismo.

Calidad de agua subterránea

Se tomaron muestras de calidad de agua subterránea en dos (2) piezómetros instaladas aguas arriba y aguas abajo del sitio, realizando una limpieza previa de los mismos, siguiendo el protocolo establecido, posteriormente las muestras fueron tomadas por el laboratorio AGQ con la supervisión de JCI-HGE y enviadas al laboratorio.

En el Cuadro 3-29 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de calidad de agua subterránea.

Cuadro 3-29 Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea

Código	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0112-ASub001	373 520	9 724 634	07/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0112-ASub002	373 712	9 724 483	07/09/2018	Aguas arriba del sitio

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En anexo Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-Época seca.

3.6.2.5 Hidrobiología

En esta época se muestrearon 2 estaciones de hidrobiología y para cada estación se tomó 4 muestras (fitoplancton, zooplancton, perifiton, macrobentos) que fueron enviadas al laboratorio, haciendo un total de 8 muestras, también se realizó la descripción de las características de cada estación de muestreo.

A continuación, se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las muestras tomadas en campo (Cuadro 3-30, Anexo 6.4 Mapa 6.4.6).

Cuadro 3-30 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Fecha	Hora	Sub componente	Estado trófico	Sustrato inorgánico (%)	Ubicación	Cobertura Veg. ribereña (%)	Conservación de hábitat
		Este (m)	Norte (m)								
S0112-Hb-001	S0112-Hb-Ben1-001	373 400	9 724 429	01/09/2018	11:20	Bentos	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Fit1-001	373 400	9 724 429	01/09/2018	11:20	Fitoplancton	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Z001-001	373 400	9 724 429	01/09/2018	11:20	Zooplancton	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Per1-001	373 400	9 724 429	01/09/2018	11:20	Perifiton	Eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
S0112-Hb-002	S0112-Hb-Ben1-002	373 679	9 724 798	01/09/2018	12:05	Bentos	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Fit1-002	373 679	9 724 798	01/09/2018	12:05	Fitoplancton	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Z001-002	373 679	9 724 798	01/09/2018	12:05	Zooplancton	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Per1-002	373 679	9 724 798	01/09/2018	12:05	Perifiton	Mesotrófico	Arena 20, Limo 20, grava 10, Arcilla 50	Aguas abajo	60	Medianamente perturbado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.2.6 Peces

En esta época se envió una (1) muestra compilada de peces para su el análisis de laboratorio, pero se evaluó la toma de muestras de dos (2) estaciones en la zona. En el Cuadro 3-31 se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las Estaciones de muestreo de Peces (Ver también Anexo 6.4, Mapas 6.4.6).

Cuadro 3-31 **Ubicación de estaciones de muestreo de peces**

Código de estación	Código de muestreo	Coordenada UTM WGS84		Hora	Sub componente	Estado trófico	Sustrato inorgánico (%)	Ubicación	Cobertura Veg. ribereña (%)	Conservación de hábitat
		Este(m)	Norte (m)							
S0112-Hb-001	S0112-Hb-Pec1-001	373 400	9 724 429	11:20	Necton	eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado
	S0112-Hb-Pec1-002	373 679	9 724 798	11:20	Necton	eutrófico	Arena 20, Limo 70, grava 10	Aguas arriba	80	Medianamente perturbado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.6.3 Resultados de laboratorio

Las muestras de suelo, agua y sedimentos fueron enviadas al laboratorio AGQ para su análisis. AGQ se encuentra acreditado como Laboratorio de Ensayo en el INACAL, bajo el Código de Acreditación N° LE-072. Posee asimismo certificación: ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007. Dichas certificaciones avalan la competitividad técnica de este laboratorio para realizar el programa analítico desarrollado para el presente muestreo.

Siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía para Muestreo de Suelos, tanto en el primer ingreso como en el segundo, JCI-HGE envió muestras duplicadas de suelo o muestras duplicadas a un segundo laboratorio. El laboratorio seleccionado para realizar estos ensayos de control de calidad fue SGS del Perú S.A.C. (SGS), ubicado en el distrito del Callao, Perú. SGS está acreditado por el INACAL, bajo el Código de Acreditación N° LE-002.

En la siguiente tabla se resumen las normas (nacionales e internacionales) que fueron utilizadas como base en los análisis, comparaciones e interpretaciones de los niveles de calidad ambiental para las distintas matrices del medio físico-natural y ecológico evaluadas en o en el entorno de los sitios impactados. En algunos casos las normas de calidad ambiental se consideraron determinantes en la identificación de excedencias en los elementos contaminantes presentes en las diferentes matrices evaluadas en los sitios impactados. Otras normas han sido utilizadas de manera referencial, lo cual ayuda en la interpretación de los resultados, permitiendo inferir, estimar situaciones o hipótesis que simulen la dinámica potencial migración o de cambio en los contaminantes de acuerdo a su composición o características y al entorno que los rodea.

Cuadro 3-32 Resumen de la normativa utilizada para evaluación de resultados

MATRIZ	NORMATIVA AMBIENTAL DE ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (Nacional e internacional)	ALCANCE DE APLICACIÓN
Suelo	Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
	Norma De Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados – Ecuador	Se utilizará de manera orientativa para interpretación de algunos parámetros no contemplados en la normal peruana.
	Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Uso Agrícola.	Se utilizará de manera orientativa para interpretación de algunos parámetros no contemplados en la normal peruana.
Agua superficial	Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
Sedimentos	Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
Agua subterránea	Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines	Comparación con los resultados de laboratorio e interpretación.
Hidrobiología (Sin Necton)	Se uso como base de comparación los índices de abundancia y de diversidad de especies con respecto a ecosistemas en condiciones prístinas o no contaminados, en regiones similares o equivalentes a la selva peruana	

Cuadro 3-32 Resumen de la normativa utilizada para evaluación de resultados

MATRIZ	NORMATIVA AMBIENTAL DE ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (Nacional e internacional)	ALCANCE DE APLICACIÓN
Peces	Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación (RDE N° 057 2016 SANIPES-DE).	Comparación con los resultados de laboratorio y análisis de metales en tejido muscular del pez.
	Ecological risk assessment of barite (BaSO ₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms. Ecología Aplicada, 17 (1), Paredes y Miglio, 2018	Comparación con los resultados de laboratorio y análisis de Bario en tejido muscular del pez.

Véase el Anexo 6.10 informes de resultados analíticos emitidos por el laboratorio y las acreditaciones de cada laboratorio

Cuadro 3-33 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)

Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)					50	750	1,4	0,4	6,6	70	1200	3000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11	0,5
Nombre de la Estación	Coordenadas Este UTM [a]		Fecha de Muestreo	Unidades	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS		mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
	Este (m)	Norte (m)		Clase Textural	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo IV	Mercurio Total	Plomo Total	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos	PCBs (Suma)
S0112-NF	373 409	9 724 343	02/06/2018	-	4,18	68,35	0,09049	-	< 0,010	10,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S001-1.20	373 611	9 724 229	30/05/2018	Franca-Limosa	2,41	130,2	0,05055	-	< 0,010	12,7	7703	3743	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S002-1.20	373 578	9 724 247	30/05/2018	Franco- Arcilloso	5,06	121	0,12267	-	< 0,010	31,8	3819	2007	< 0,3	< 0,005	2,59	0,17	0,03	0,01	0,01	0
S0112-S003-1.20	373 570	9 724 336	30/05/2018	Franco- Arcilloso	6,36	228,5	0,17489	-	0,073	30,5	6454	3198	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S004-1.20	373 615	9 724 332	30/05/2018	Arcillosa	1,39	22,2	0,0008	-	0,067	10,8	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S005-1.20	373 660	9 724 342	30/05/2018	Arcillosa	1,53	22,07	0,0008	-	0,08	7,414	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S006-0.60	373 691	9 724 390	30/05/2018	Franca	1,31	91,2	0,05081	-	< 0,010	4,06	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S007-1.20	373 652	9 724 382	30/05/2018	Franco-Arcillo-Limoso	5,57	223,4	0,29209	-	< 0,010	20,8	4665	2350	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S008-1.20	373 615	9 724 379	29/05/2018	Franco-Arcillo-Limoso	7,22	203,8	0,29961	-	< 0,010	24,6	7816	3811	-	< 0,005	0,003	-	-	-	-	0
S0112-S009-1.20	373 571	9 724 381	29/05/2018	Franco-Arcillo-Limoso	11,6	257,1	0,20841	-	0,056	105	9858	3852	-	< 0,005	3,51	-	-	-	-	0
S0112-S010-1.20	373 528	9 724 382	29/05/2018	Franco-Arcillo-Limoso	4,93	142,2	0,30129	-	< 0,010	23,9	10474	4390	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S011-1.20	373 488	9 724 423	29/05/2018	Arcilla-Limosa	8,1	238,7	0,33604	-	< 0,010	32,7	7271	3132	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S012-1.20	373 468	9 724 492	29/05/2018	Arcillosa	6,27	210,9	0,42418	-	0,05	19,8	1718	715	< 0,3	< 0,005	0,058	0,01	0,01	0,01	0,01	0
S0112-S013-1.20	373 489	9 724 559	29/05/2018	Arcillosa	6,85	191,6	0,25488	-	< 0,010	22,1	676	421	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S014-1.20	373 492	9 724 590	29/05/2018	Arcillosa	3,85	77,91	0,0008	-	< 0,010	12	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S015-1.20	373 532	9 724 606	29/05/2018	Arcillosa	8,05	125,9	0,2597	-	< 0,010	28,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S016-1.50	373 538	9 724 641	29/05/2018	Arcillosa	7,05	125,9	0,24977	-	< 0,010	27,7	274	156	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S017-0.90	373 571	9 724 634	29/05/2018	Arcillosa	11,2	187,3	0,24038	-	< 0,010	83,2	1824	1014	-	< 0,005	0,003	-	-	-	-	0
S0112-S018-1.20	373 571	9 724 602	29/05/2018	Arcillosa	11,7	153,6	0,28986	-	0,053	112	1227	773	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S019-1.20	373 616	9 724 605	30/05/2018	Arcilla-Limosa	5,56	156,3	0,18603	-	< 0,010	25,9	2634	1595	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S020-1.20	373 618	9 724 560	30/05/2018	Arcilla-Limosa	4,16	48,83	0,0008	-	< 0,010	12,6	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S021-1.20	373 618	9 724 475	30/05/2018	Franco- Arcilloso	6,57	2344	2,9214	-	0,483	199	147	48	-	< 0,005	0,003	-	-	-	-	0
S0112-S022-0.60	373 638	9 724 433	30/05/2018	Arcilla-Limosa	2,99	667	0,27099	-	< 0,010	30,7	68,9	42,2	-	< 0,005	0,003	-	-	-	-	0
S0112-S023-0.6	373 587	9 724 278	19/06/2018	Franca-Limosa	4,05	99,36	0,08117	-	< 0,010	17	5050	4296	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S023-3.3	373 587	9 724 278	19/06/2018	Franca-Limosa	3,41	78,72	0,10538	-	< 0,010	17	3700	3109	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S023-5.1	373 587	9 724 278	19/06/2018	Franco- Arcilloso	2,74	61,23	0,06387	-	< 0,010	13,7	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S024-0.3	373 570	9 724 305	19/06/2018	Arcilla-Limosa	3,9	106	0,07689	-	< 0,010	18,3	10368	8839	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S024-2.1	373 570	9 724 305	19/06/2018	Arcilla-Limosa	3,74	129,3	0,0819	-	< 0,010	19,4	13237	10031	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S024-4.5	373 570	9 724 305	19/06/2018	Arcillosa	4,7	50,49	0,0008	-	< 0,010	9,556	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S025-0.6	373 578	9 724 417	18/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	7,25	274	0,34611	-	< 0,010	18,6	4350	4012	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S025-4.5	373 578	9 724 417	18/06/2018	Franco- Arcilloso	4,62	312,1	0,19012	-	0,064	24,2	6830	5106	< 0,3	< 0,005	2,09	0,08	0,03	0,01	0,01	0
S0112-S025-5.7	373 578	9 724 417	18/06/2018	Franco- Arcilloso	5,63	103,9	0,0008	-	< 0,010	16,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S026-0.9	373 538	9 724 416	15/06/2018	Arcilla-Limosa	6,7	266	0,23228	-	< 0,010	21	11315	7325	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S026-2.1	373 538	9 724 416	15/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	8,84	256,1	0,29563	-	0,058	22,8	10228	6295	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S026-6.3	373 538	9 724 416	16/06/2018	Franco- Arcilloso	7,73	89,1	0,0008	-	< 0,010	17,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S027-0.9	373 509	9 724 437	15/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	8,48	218,3	0,34407	-	0,107	29,2	6185	4196	< 0,3	< 0,005	0,104	0,01	0,01	0,01	0,01	0
S0112-S027-3.3	373 509	9 724 437	15/06/2018	Arcilla-Limosa	8,18	222,9	0,28196	-	< 0,010	21	761	579	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S027-5.7	373 509	9 724 437	16/06/2018	Franco- Arcilloso	4,98	93,73	0,0008	-	< 0,010	12,8	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S028-0.6	373 554	9 724 369	16/06/2018	Arcilla-Limosa	6,25	113,5	0,18021	-	< 0,010	20,4	8389	5476	-	-	-	-	-	-	-	0

Cuadro 3-33 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)

Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)					50	750	1,4	0,4	6,6	70	1200	3000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11	0,5
Nombre de la Estación	Coordenadas Este UTM [a]			Unidades	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS		mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
	Este (m)	Norte (m)	Fecha de Muestreo	Clase Textural	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo IV	Mercurio Total	Plomo Total	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos	PCBs (Suma)
S0112-S028-3.3	373 554	9 724 369	16/06/2018	Arcilla-Limosa	8,54	168,4	0,22424	-	< 0,010	22,7	4562	3046	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S028-6.3	373 554	9 724 369	16/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	3,39	96,36	0,0008	-	< 0,010	13,8	4727	2525	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S029-0.6	373 580	9 724 458	12/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	4,39	195,4	0,16612	-	< 0,010	13,8	2167	3940	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S029-1.8	373 580	9 724 458	12/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	4,13	186,5	0,14288	-	< 0,010	13,6	5348	4759	< 0,3	< 0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01	0
S0112-S029-4.8	373 580	9 724 458	12/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	3,85	96,07	0,07305	-	< 0,010	12,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S030-0.9	373 537	9 724 463	14/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	6,93	214,1	0,31616	-	< 0,010	13,6	5532	4416	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S030-3.3	373 537	9 724 463	14/06/2018	Arcillosa	6,25	173,3	0,22041	-	< 0,010	12,9	4242	3260	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S030-4.5	373 537	9 724 463	14/06/2018	Arcilla-Limosa	5,65	211,3	0,18244	-	< 0,010	12,9	1391	1182	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S031-0.6	373 629	9 724 359	18/06/2018	Arcilla-Limosa	6,37	166,7	0,20656	-	< 0,010	19,4	1542	1894	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S031-2.1	373 629	9 724 359	18/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	7,39	161,9	0,15212	-	< 0,010	23,3	2682	1895	-	0,061	0,005	-	-	-	-	0
S0112-S031-5.1	373 629	9 724 359	18/06/2018	Arcillosa	5,88	64,33	0,17662	-	< 0,010	13,6	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S032-0.9	373 506	9 724 488	14/06/2018	Arcilla-Limosa	6,54	188,3	0,28583	-	0,061	12,6	4962	4035	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S032-2.1	373 506	9 724 488	14/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	6,83	205,2	0,31036	-	< 0,010	13	4459	3542	< 0,3	< 0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01	0
S0112-S032-5.1	373 506	9 724 488	14/06/2018	Arcillosa	3,81	60,75	0,0008	-	< 0,010	10,9	1241	1216	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S033-0.9	373 536	9 724 504	14/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	6,69	205,3	0,28325	-	< 0,010	12,5	4100	3654	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S033-2.1	373 536	9 724 504	14/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	1,11	146,3	0,0008	-	0,087	17,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S034-0.9	373 579	9 724 506	13/06/2018	Arcillosa	4,57	92,39	0,06167	-	< 0,010	13,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S034-3.3	373 579	9 724 506	13/06/2018	Franco-Arcillo-Arenoso	1,36	83,3	0,13733	-	< 0,010	7,422	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S034-4.5	373 579	9 724 506	13/06/2018	Franco- Arcilloso	2,31	80,33	0,06235	-	< 0,010	10,6	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S035-0.9	373 565	9 724 528	12/06/2018	Arcillosa	4,42	106,9	0,124	-	< 0,010	12,9	853	925	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S035-1.5	373 565	9 724 528	12/06/2018	Arcilla-Limosa	4,72	80,96	0,07066	-	< 0,010	11,2	5	5	-	< 0,005	0,003	-	-	-	-	0
S0112-S035-4.5	373 565	9 724 528	12/06/2018	Arcillosa	4,93	88,96	0,0008	-	< 0,010	12,2	2074	2665	-	< 0,005	0,003	-	-	-	-	0
S0112-S036-0.9	373 510	9 724 531	13/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	5,96	215,4	0,30645	-	< 0,010	12	1885	1507	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S036-2.10	373 510	9 724 531	13/06/2018	Franco-Arcillo-Limoso	5,89	154,7	0,2532	-	< 0,010	12,1	2263	1737	-	< 0,005	0,003	-	-	-	-	0
S0112-S036-5.10	373 510	9 724 531	13/06/2018	Arcillosa	6,49	77,83	0,0008	-	< 0,010	21	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S037-0.9	373 542	9 724 554	12/06/2018	Arcillosa	5,67	122,1	0,16477	-	< 0,010	15	94,5	116	< 0,3	< 0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01	0
S0112-S037-2.10	373 542	9 724 554	12/06/2018	Arcillosa	5,03	94,1	0,0008	-	0,056	22,9	748	949	-	< 0,005	0,019	-	-	-	-	0
S0112-S037-4.7	373 542	9 724 554	12/06/2018	Arcillosa	5,1	49,2	0,0008	-	< 0,010	8,974	5	5	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S038-1.2	373 519	9 724 564	04/06/2018	Franco- Arenoso	6,71	138,4	0,16307	-	< 0,010	11,9	539	498	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S038-2.40	373 519	9 724 564	04/06/2018	Franco- Arenoso	7,15	122,7	0,15308	-	< 0,010	12,8	4426	2967	-	-	-	-	-	-	-	0
S0112-S038-5.40	373 519	9 724 564	04/06/2018	Franco- Arenoso	4,92	40,19	0,0008	-	< 0,010	10,4	78,5	57,9	-	-	-	-	-	-	-	0

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
- Parámetro no registrado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-34 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época seca)

Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)					50	750	1,4	0,4	6,6	70	1200	3000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11	0,5
Nombre de la Estación	Coordenadas Este UTM [a]		Fecha de Muestreo	Unidades	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS		mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
	Este (m)	Norte (m)		Clase Textural	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cromo IV	Mercurio Total	Plomo Total	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos	PCBs (Suma)
S0112-S039-0.6	373 707	9 724 461	1/09/2018	Franca	5,41	255,1	0,08	-	< 0,01	21,6	< 5	< 5	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S039-0.9	373 707	9 724 461	1/09/2018	Franca	6,3	201	0,09	-	< 0,01	18,1	< 5	< 5	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S040-1.5	373 636	9 724 484	2/09/2018	Franca	4,99	511,7	0,09	-	< 0,01	17,2	< 5	< 5	< 0,3	< 0,005	< 0,003	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
S0112-S040-2.0	373 636	9 724 484	2/09/2018	Franca	6,15	138,8	0,15	-	< 0,01	17,6	< 5	< 5	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S041-0.9	373 529	9 724 656	2/09/2018	Franca	6,24	132,8	0,1	-	< 0,01	21,7	< 5	< 5	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S041-1.5	373 529	9 724 656	2/09/2018	Franca	6,9	129,4	0,15	-	< 0,01	19,9	< 5	< 5	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S042-1.2	373 452	9 724 536	2/09/2018	Franco- Arenoso	6,84	195,1	0,24	-	< 0,01	21,5	4497	4121	< 0,3	< 0,005	< 0,003	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
S0112-S042-2.1	373 452	9 724 536	2/09/2018	Franco- Arenoso	6,21	148	0,16	-	< 0,01	18,8	2933	2807	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S043-0.9	373 480	9 724 436	3/09/2018	Franco- Arenoso	7,09	250,6	0,3	-	< 0,01	18	5614	5259	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S043-2.0	373 480	9 724 436	3/09/2018	Franca	7,22	170,8	0,34	-	< 0,01	16,3	1665	1413	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S044-0.6	373 524	9 724 373	3/09/2018	Franca	4,73	108,3	0,13	-	0,052	19,9	5846	5132	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S044-1.5	373 524	9 724 373	3/09/2018	Franca	4,87	108,5	0,16	-	0,059	18,7	7662	5667	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S045-0.6	373 536	9 724 335	3/09/2018	Franca	5,56	134,3	0,21	-	0,051	19,5	6578	5098	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S045-1.5	373 536	9 724 335	3/09/2018	Franca	5,26	136,6	0,18	-	< 0,01	19,7	9525	7119	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S046-0.6	373 553	9 724 256	3/09/2018	Franca	4,12	120,8	0,16	-	0,174	17,5	11822	7564	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S046-1.8	373 553	9 724 256	3/09/2018	Franca	3,68	98,3	0,08	-	0,114	15,4	6145	4354	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S047-0.9	373 568	9 724 221	3/09/2018	Franca	0,84	108,4	0,05	-	< 0,01	41,9	4644	3135	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-S047-2.1	373 568	9 724 221	3/09/2018	Franco- Arenoso	5,18	123,5	0,14	-	< 0,01	14,9	2411	1931	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)
- Parámetro no registrado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-35 Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época húmeda)

Estándar de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 4. E2 Ríos de Selva (D.S. N° 004-2017-MINAM)				1000	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	0,64	0,15	1,00	0,00	0,10	0,0001	0,05	0,00	0,01	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,05	5,00
Nombre de la Estación	Coordenadas UTM WGS84 [a]			(μS/cm)	mg/L	-	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Este (m)	Norte (m)	Fecha de Muestreo	C. E.	Oxígeno Disuelto	pH	Temp.	Fósforo Total	Antimonio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cobre Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plomo Total	Selenio Total	Talio Total	Hidrocarburos Totales C10-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno	Aceites y Grasas
S0112-As001	373 392	9 724 424	31/05/2018	107	2,09	6,71	24,1	0,045	0,00015	0,0119	0,0665	< 0,00001	0,0005	< 0,00007	< 0,0009	0,00022	0,00258	< 0,00001	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007	-
S0112-As002	373 687	9 724 791	31/05/2018	149	6,97	3,51	24,6	0,018	0,00016	0,0110	0,0618	< 0,00001	0,0004	< 0,00007	< 0,0009	0,0002	0,00284	< 0,00001	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Legenda:

No excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)
Excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)

Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 3-36 Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época seca)

Estándar de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 4. E2 Ríos de Selva (D.S. N° 004-2017-MINAM)				1000	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	0,64	0,15	1,00	0,00	0,10	0,0001	0,05	0,00	0,01	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,05	5,00
Nombre de la Estación	Coordenadas UTM WGS84 [a]		Fecha de Muestreo	(μS/cm)	mg/L	-	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Este (m)	Norte (m)		C. E.	Oxígeno Disuelto	pH	Temp.	Fósforo Total	Antimonio Total	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Cobre Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plomo Total	Selenio Total	Talio Total	Hidrocarburos Totales C10-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno	Aceites y Grasas
S0112-As001	373 392	9 724 424	1/09/2018	123	0,53	6,6	25	0,057	< 0,00002	0,00246	0,09	< 0,00005	< 0,0003	< 0,00007	< 0,0009	< 6E-05	0,00061	< 0,00001	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007	< 0,25
S0112-As002	373 687	9 724 791	1/09/2018	238	6,2	7,3	25	0,023	< 0,00002	0,00119	0,1	< 0,00005	< 0,0003	< 0,00007	< 0,0009	< 6E-05	0,00054	< 0,00001	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007	< 0,25
S0112-As003	373 503	9 724 623	2/09/2018	159	6,1	7,1	25	0,035	< 0,00002	0,00211	0,1	< 0,00005	< 0,0003	< 0,00007	< 0,0009	0,0001	0,00048	< 0,00001	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007	-
S0112-As004	373 617	9 724 657	2/09/2018	158	6,5	7,1	26	0,037	< 0,00002	0,00184	0,1	< 0,00005	0,0004	< 0,00007	< 0,0009	0,00025	0,00055	< 0,00001	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007	-
S0112-As005	373 695	9 724 467	2/09/2018	354	4,7	7,5	26	0,052	< 0,00002	0,00088	0,63	< 0,00005	0,0011	< 0,00007	< 0,0009	0,00112	0,00067	< 0,00001	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Legenda:

No excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)
Excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-37 Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época húmeda)

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISQG Agua dulce)				5,90	0,60	35,70	37,30	0,17	35,00	123,00	0,01	0,01	0,05	0,03	0,03	0,06	0,01	0,04	0,11	0,02	0,03	0,05
Nombre de la Estación	Coordenadas UTM WGS84 [a]		Fecha de Muestreo	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.
	Este (m)	Norte (m)		Arsénico Total	Cadmio Total	Cobre Total	Cromo Total	Mercurio Total	Plomo Total	Zinc Total	Acenafeno	Acenafileno	Antraceno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Criseno	Dibenzo (a,h) antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	Naftaleno	Pireno
S0112-SED001	373 392	9 724 424	31/05/2018	1,09	< 0,00080	40	17,4	< 0,010	5,43	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S0112-SED002	373 687	9 724 791	31/05/2018	7,99	0,11009	27	23,3	< 0,010	27,8	63	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005

Legenda:

No excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
Excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-38 Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época seca)

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)				5,90	0,60	35,70	37,30	0,17	35,00	123,00	0,01	0,01	0,05	0,03	0,03	0,06	0,01	0,04	0,11	0,02	0,03	0,05
Nombre de la Estación	Coordenadas UTM WGS84		Fecha de Muestreo	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.	mg/kg de PS.
	Este (m)	Norte (m)		Arsénico Total	Cadmio Total	Cobre Total	Cromo Total	Mercurio Total	Plomo Total	Zinc Total	Acenafteno	Acenaftileno	Antraceno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Criseno	Dibenzo (a,h) antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	Naftaleno	Pireno
S0112-SED001	373 392	9 724 424	3/09/2018	6,56	0,31	31	39,2	0,07	15,7	83	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	0,021	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005
S0112-SED001a	373 687	9 724 791	3/09/2018	4,11	0,25	32	47,7	0,053	14,9	65	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,018	< 0,005
S0112-SED001b	373 387	9 724 419	3/09/2018	5,38	0,21	35	67,3	0,072	16,7	96	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,21	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005
S0112-SED002	373 401	9 724 433	3/09/2018	15,1	0,12	27	22,9	< 0,01	31,9	57	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005
S0112-SED002a	373 669	9 724 787	3/09/2018	10,4	0,06	24	31,8	0,249	19,8	55	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005
S0112-SED002b	373 695	9 724 791	3/09/2018	9,86	0,18	23	20,4	0,069	19,4	51	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005
S0112-SED003	373 503	9 724 623	1/09/2018	8,05	0,15	24	29,2	< 0,01	22,7	50	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005
S0112-SED004	373 617	9 724 657	1/09/2018	6,2	0,13	22	31,1	< 0,01	13,8	52	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,003	< 0,005
S0112-SED005	373 695	9 724 467	1/09/2018	5,43	0,19	26	21,8	0,214	19,1	73	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,013	< 0,004	0,361	< 0,005	0,086	0,071	< 0,005
S0112-SED006	373 674	9 724 493	1/09/2018	9,59	0,09	23	20,2	0,064	15,8	63	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,024	< 0,005	< 0,005	< 0,004	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,053	< 0,005

Legenda:

No excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
Excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-39 Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época húmeda)

Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	100,00	0,01	0,006	0,005	1,00	1,00	0,005	0,007	0,0049	0,30	0,050	0,000005	0,20	0,0001	0,01	0,001	0,0008	0,03	1,10	0,50	0,0004	0,0001	0,0010	0,05
Código de muestra	Coordenadas Este UTM		Fecha de Muestreo	μS/cm a 25°C	mg/L O2	pH	Temp.	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Este (m)	Norte (m)		C.E.	O.D.			Fósforo Total	Cloruros	Aluminio Total	Antimonio Total	Arsénico Total	Bario Total	Boro Total	Cadmio Total	Cobre Total	Cromo Total	Hierro Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plata Total	Plomo Total	Selenio Total	Talio Total	Zinc Total	Hidrocarburos Totales C10-C40	Hidrocarburos Totales C28-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
S0112-ASUB001	373 520	9 724 634	20/06/2018	1982	4,27	5,25	25,5	0,035	697	4,15	< 0,00002	0,00257	0,2782	0,166	< 0,00001	0,0034	0,002	33	4,3557	< 0,00007	0,005	< 0,00006	0,00329	0,00021	< 0,00001	0,075	< 0,05	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007
S0112-ASUB002	373 712	9 724 483	20/06/2018	677	7,14	7,72	25	0,173	56	0,303	0,00041	0,00272	0,1213	0,107	< 0,00001	0,0012	< 0,001	0,1	0,04084	< 0,00007	< 0,0009	< 0,00006	0,00031	0,0007	< 0,00001	0,025	< 0,05	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007

Legenda:

No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-40 Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época seca)

Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	100,00	0,01	0,006	0,005	1,00	1,00	0,005	0,007	0,0049	0,30	0,050	0,000005	0,20	0,0001	0,01	0,001	0,0008	0,03	1,10	0,50	0,0004	0,0001	0,0010	0,05
Código de muestra	Coordenadas Este UTM			μS/cm a 25°C	mg/L O2	Unidades de pH	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	Este (m)	Norte (m)	Fecha de Muestreo	C.E.	O.D.	pH	Temp.	Fósforo Total	Cloruros	Aluminio Total	Antimonio Total	Arsénico Total	Bario Total	Boro Total	Cadmio Total	Cobre Total	Cromo Total	Hierro Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Níquel Total	Plata Total	Plomo Total	Selenio Total	Talio Total	Zinc Total	Hidrocarburos Totales C10-C40	Hidrocarburos Totales C28-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
S0112-ASUB001	373 520	9 724 634	07/09/2018	603	1,9	6,3	25	55	0,031	1,67	< 0,00002	0,00541	0,21	0,007	< 0,00001	0,0023	< 0,001	16	1,6292	0,00012	0,0013	< 0,00006	0,00251	0,00063	< 0,00001	0,026	< 0,05	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007
S0112-ASUB002	373 712	9 724 483	07/09/2018	691	1,7	7,1	25	38	0,209	0,851	0,00036	0,00389	0,22	0,061	< 0,00001	0,0013	< 0,001	0,36	0,11183	< 0,00007	0,0011	< 0,00006	0,00137	0,00137	< 0,00001	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,00008	< 0,00008	< 0,00008	< 0,007

Legenda:
No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-41 Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época húmeda)

Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE (*)			25,00	0,7 – 1(**)	0,05	0,50	0,30
Código de muestra	Coordenadas UTM WGS84		mg/kg de PS	mg/l	mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS
	Este (m)	Norte (m)	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total
S0112-HB-PEC-1-001.2	373 687	9 724 791	< 0,0100	14,94	0,0359	0,0378	0,131

* Organismo Nacional de Sanidad Pesquera
**Ecological risk assessment of barite (BaSO4) using ecotoxicological tests with twelve organisms, Christian Paredes y María Cristina Miglio. Ecología Aplicada, 17(1), 2018
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-42 Resumen de los resultados de laboratorio de peces (época seca)

Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE (*)			25,00	0,7 – 1 (**)	0,05	0,50	0,30
Código de muestra	Coordenadas WGS84 UTM		mg/kg de PS	mg/l	mg/kg de PS	mg/kg de PS	mg/kg de PS
	Este (m)	Norte (m)	Arsénico Total	Bario Total	Cadmio Total	Mercurio Total	Plomo Total
S0112-HB-PEC1-002	367 007	9 696 237	0.126	15.47	0.1614	0.0145	0.181

* Organismo Nacional de Sanidad Pesquera
**Ecological risk assessment of barite (BaSO4) using ecotoxicological tests with twelve organisms, Christian Paredes y María Cristina Miglio. Ecología Aplicada, 17(1), 2018
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-43 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola

Tipo de Producto		SUELO AGRICOLA		
Fecha de muestreo		19/06/2018	2/09/2018	3/09/2018
Nombre de la Estación		S0112-SCA-019	S0112-SCA-020	S0112-SCA-021
Parámetro	Unidades	Resultados		
Complejo de Cambio				
Aluminio de Cambio	meq/100 g	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Calcio Cambio	meq/100 g	35.1	38.8	30.6
CIC Efectiva	meq/100 g	38.4	42.2	32.8
Magnesio de Cambio	meq/100 g	2.65	2.66	1.69
Potasio Cambio	meq/100 g	0.26	0.26	0.19
Sodio Cambio	meq/100 g	0.35	0.45	0.33
Fertilidad				
Caliza Activa	% CaCO3	1.83	1.89	1.15
Cond. Eléctrica (Ext 1/1)	µS/cm a 20° C	1238	1417	992
Fósforo Disponible Bray-Kurtz	mg/kg	20.6	23.3	12.8
Materia Orgánica	%	3.71	3.9	4.04
Nitrógeno Total	mg/kg	653	650	548
pH (Extracto 1/1)	Unidades de pH	7.35	7.5	7.47
Microelementos				
Boro	mg/kg	0.69	0.88	0.69
Cobre (DTPA)	mg/kg	1.27	1.2	0.58
Hierro (DTPA)	mg/kg	51.5	53.5	29.4
Manganeso (DTPA)	mg/kg	56	49.3	24.3
Zinc (DTPA)	mg/kg	3.94	4.64	3.34
Propiedades Físicas - Granulometría				
Arcilla	%	33.6	35.3	29.3
Arena	%	27.1	9.63	17.5
Arena Fina	%	27.1	9.63	17.5
Arena Gruesa	%	< 0	< 0	< 0
Clase Textural	%	Franco-Arcillosa	Franco-Arcillo-Limosa	Franco-Arcillo-Limosa
Limo	%	39.4	55.1	53.1
Relaciones de Interés				
Relación C/N		32.9	34.8	42.8

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7 Interpretación de los resultados.

Según los resultados de laboratorio se procedió al análisis respectivo, se hizo la comparación con los límites establecidos por los estándares de calidad de la Normatividad Nacional Vigente ECA para Suelo (D. S. N°011-2017-MINAM).

3.7.1 Suelos

La primera interpretación de los datos se efectúa sobre los niveles de fondo, para lo cual se organiza la data en el Cuadro 3-44. Del análisis de esta información se puede evidenciar que el Boro (4 sectores / 8 sitios) y el Selenio (3 sectores / 3 sitios) se presentan con valores que superan algunas de las normas internacionales, aun cuando se tomaron las muestras en lugares no contaminados. El Vanadio y el Cromo igualmente observan este comportamiento, pero en un único sector y en una única muestra que no corresponde con el sitio impactado S0112 (Sitio 35). La variabilidad en los niveles de metales en el área de estudio (4 sectores) es elevada.

Se analizaron 87 muestras de suelo, de las cuales 69 muestras se captaron en época húmeda y 18 muestras en época seca. Los sitios de muestreo en la segunda temporada se establecieron a partir de los resultados obtenidos de laboratorio para el muestreo de la primera temporada, adicionando sondeos en los límites del polígono con evidencias de impacto y así delimitar efectivamente el sitio impactado y definir la afectación.

El Cuadro 3-33 y Cuadro 3-34, presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron, en al menos un parámetro, los **ECA para suelos de uso agrícola** o el nivel de fondo. Por otra parte, en vista que el cromo total no está considerado en el ECA por la categoría agrícola, se comparó con el ECA para tipo de suelo residencial/parques.

Cuadro 3-44 Análisis de los niveles de fondo

ECA Agrícola				50	750	-	1,4	-	-	-	-	6,6	-	-	70	-	-	-	-
Norma Ecuatoriana				12	200	1	0,5	10	25	54		0,1	5	19	19	1		76	60
Canadian Soil Quality				12	750	2	1,4	40	63	64	-	6,6	5	45	70	1	1	130	250
Sector	Código	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
1	S0111-NF	373 200	9 723 927	4,62	47,36	4,728	<0,0008	7,038	18	16,5	0,006	<0,01	0,49	7,7	10,4	0,631	0,255	59	56
	S0112-NF	373 409	9 724 343	4,18	68,35	6,448	<0,0905	9,131	14	11,4	0,0976	<0,01	0,29	8,05	10,3	1,451	0,165	41	52
	S0118-NF	374 833	9 719 905	0,811	17,9	5,483	<0,0008	2,668	33	94,6	0,2371	0,066	0,133	22	7,628	0,332	0,094	168	25
Promedio				3,20	44,54	5,55	0,03	6,28	21,67	40,83	0,11	0,03	0,30	12,58	9,44	0,80	0,17	89,33	44,33
Desviación Estándar				1,70	20,69	0,70	0,04	2,69	8,18	38,08	0,10	0,03	0,15	6,66	1,28	0,47	0,07	56,11	13,77
Sector	Código	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
2	S0107-NF	363 520	9 709 926	6,22	37,42	1,114	<0,0008	0,918	8,5	13	0,1357	0,079	0,631	3,48	8,054	0,326	0,107	42	21
	S0108-NF	363 826	9 713 189	6,39	50,24	6,036	<0,0008	20,8	19	24	0,0104	<0,01	0,297	6,39	11,3	1,449	0,231	76	41
	S0109-NF	363 630	9 710 670	4,68	14,07	5,677	<0,0008	0,571	3,3	12,4	0,0659	<0,01	2,722	1,66	5,23	0,694	0,069	37	17
	S0110-NF	371 929	9 708 054	6,25	15,26	1,088	<0,0008	0,513	4	13,3	0,0972	0,061	0,482	2,27	41,1	0,098	0,075	48	12
Promedio				5,89	29,25	3,48	0,00	5,70	8,70	15,68	0,08	0,04	1,03	3,45	16,42	0,64	0,12	50,75	22,75
Desviación Estándar				0,70	15,28	2,38	0,00	8,72	6,27	4,82	0,05	0,03	0,98	1,82	14,41	0,51	0,07	15,09	11,01
Sector	Código muestra	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)															
3	S0113-NF	365 389	9 696 609	1,08	16,07	0,458	<0,0008	0,83	5,6	13,2	0,1047	0,079	<0,002	1,48	7,349	0,564	0,098	85	12
	S0115-NF	366 185	9 695 813	0,978	10,53	1,05	<0,0008	0,502	3,7	9,632	0,2141	<0,01	<0,002	1	5,537	0,352	0,071	58	7
	S0116-NF	367 233	9 693 655	1,78	15,81	0,919	<0,0008	0,907	6,3	14,9	0,0774	<0,01	0,092	1,89	7,301	0,623	0,103	71	14
	S0114-NF	366 632	9 696 894	1,07	10,36	2,125	0,0252	0,506	3,8	11	0,3187	0,084	0,124	1,28	3,674	0,79	0,127	59	13
Promedio				1,23	13,19	1,14	0,01	0,69	4,85	12,18	0,18	0,05	0,05	1,41	5,97	0,58	0,10	68,25	11,50
Desviación Estándar				0,32	2,75	0,61	0,01	0,18	1,13	2,02	0,10	0,04	0,05	0,32	1,51	0,16	0,02	10,94	2,69
Sector	Código	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
				(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
4	S0117-NF	385 165	9 699 025	2,7	45,08	2,076	<0,0008	0,865	6,5	17,4	0,0517	0,088	0,159	3,09	9,765	1,708	0,169	82	18
	S0119-NF	385 341	9 699 476	3,63	15,61	5,799	<0,0008	0,796	3,2	16,4	1,175	0,075	<0,002	3,41	5,476	0,881	0,093	72	15
Promedio				3,17	30,35	3,94	0,00	0,83	4,85	16,90	0,61	0,08	0,08	3,25	7,62	1,29	0,13	77,00	16,50
Desviación Estándar				0,47	14,74	1,86	0,00	0,03	1,65	0,50	0,56	0,01	0,08	0,16	2,14	0,41	0,04	5,00	1,50
				Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Estaño Total	Mercurio	Molibdeno	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	Vanadio	Zinc
Promedio (Todos los sitios)				3,41	28,00	3,30	0,01	3,54	9,92	20,59	0,19	0,04	0,41	4,9	10,2	0,76	0,12	69,08	23,3
Desviación Estándar				2,06	18,9	2,27	0,02	5,64	8,52	21,65	0,29	0,03	0,69	5,45	9,18	0,47	0,05	32,33	15,4

El Anexo 6.10 incluye el informe de resultados analíticos emitidos por el laboratorio AGQ y Ver Anexo 6.4.1 Mapa 6.4.1.1: Mapa de excedencias en suelos del sitio S0112 (Sitio 35)-Época húmeda y seca.

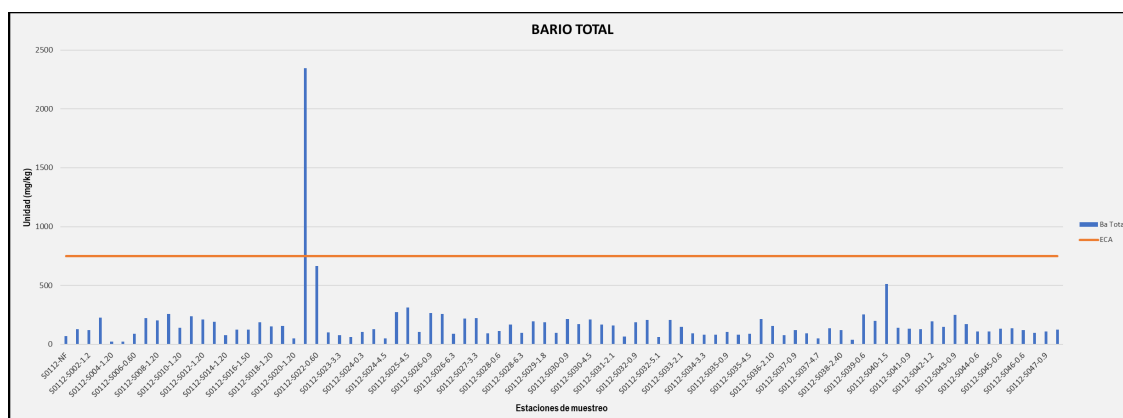
A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los ECA para suelos de uso agrícola y nivel de fondo y las concentraciones máximas reportadas por el laboratorio:

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El bario fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (750,0 mg/kg) en:

Sondeo	Concentración mg/kg
S021-1.20	2 384

Figura 3-18 Concentraciones del bario

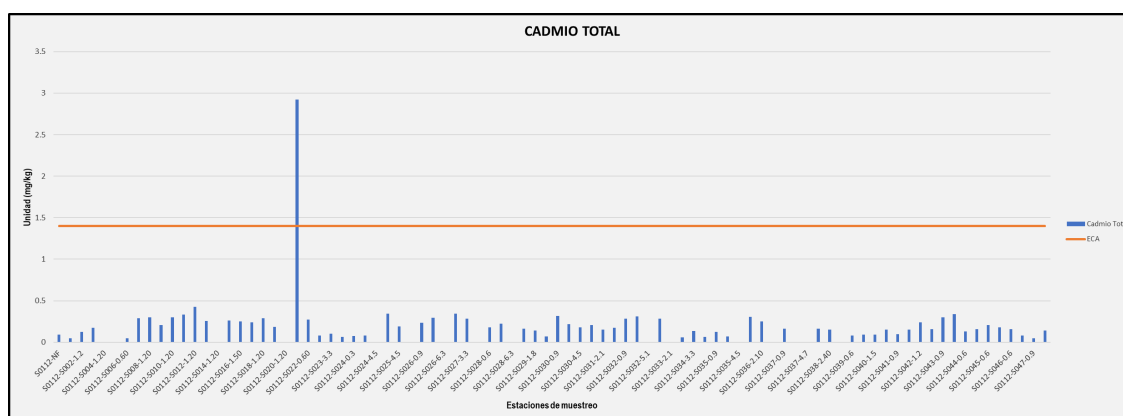


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El cadmio fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1,4 mg/kg) en:

Sondeo	Concentración mg/kg
S021-1,20	2,92

Figura 3-19 Concentraciones del cadmio

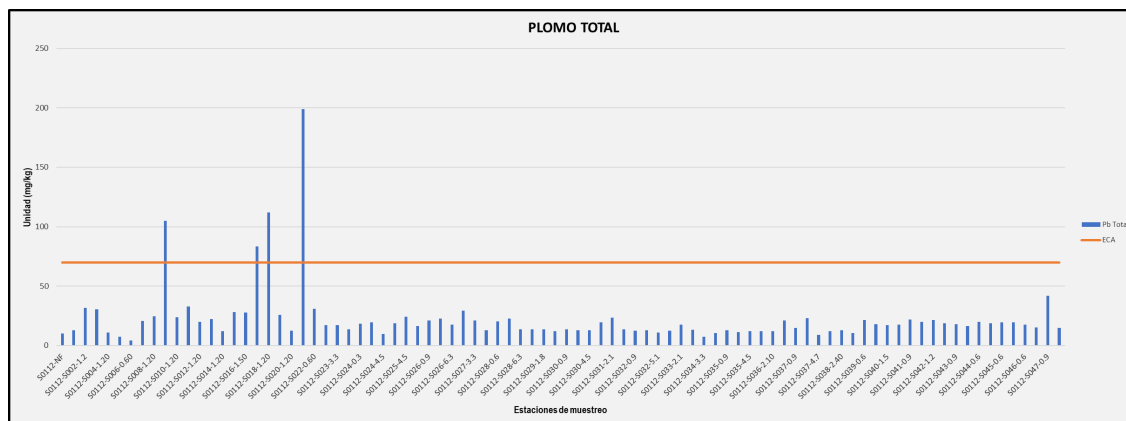


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El plomo fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (70,0 mg/kg) en 4 muestras. La concentración máxima fue de 199,0 mg/kg en el sondeo S021-1.20.

Sondeo	Concentración mg/kg
S009-1,20	105,0
S017-0,90	83,20
S018-1,20	112,0
S021-1,20	199,0

Figura 3-20 Concentraciones del plomo



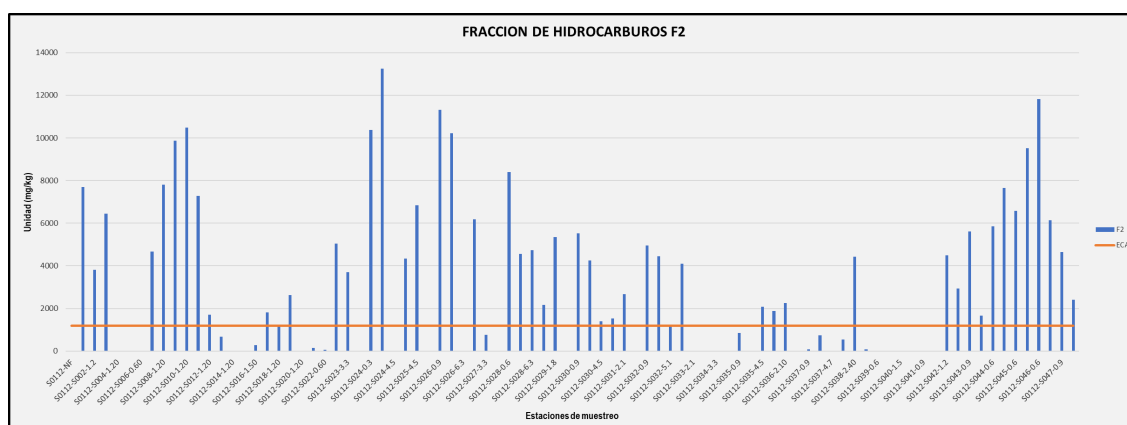
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La fracción de hidrocarburo F2 fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1 200,0 mg/kg) en 51 muestras. La concentración máxima fue de 13 237,0 mg/kg en el sondeo S024-2,10.

Sondeo	Concentración mg/kg
S001-1,20	7 703
S002-1,20	3 819
S003-1,20	6 454
S007-1,20	4 665
S008-1,20	7 816
S009-1,20	9 858
S010-1,20	10 474
S011-1,20	7 271
S012-1,20	1 718
S017-0,90	1 824
S018-1,20	1 227
S019-1,20	2 634
S023-0,60	5 050
S023-3,30	3 700
S024-0,30	10 368
S024-2,10	13 237
S025-0,60	4 350
S025-4,50	6 830
S026-0,90	11 315
S026-2,10	10 228
S027-0,90	6 185

Sondeo	Concentración mg/kg
S028-0,60	8 389
S028-3,30	4 562
S028-6,30	4 727
S029-0,60	2 167
S029-1,80	5 348
S030-0,90	5 532
S030-3,30	4 242
S030-4,50	1 391
S031-0,60	1 542
S031-2,10	2 682
S032-0,90	4 962
S032-2,10	4 459
S032-5,10	1 241
S033-0,90	4 100
S035-4,50	2 074
S036-0,90	1 885
S036-2,10	2 263
S038-2,40	4 426
S042-1,20	4 497
S042-2,10	2 933
S043-0,90	5 614
S043-2,00	1 665
S044-0,60	5 846
S044-1,50	7 662
S045-0,60	6 578
S045-1,50	9 525
S046-0,60	11 822
S046-1,80	6 145
S047-0,90	4 644
S047-2,10	2 411

Figura 3-21 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2

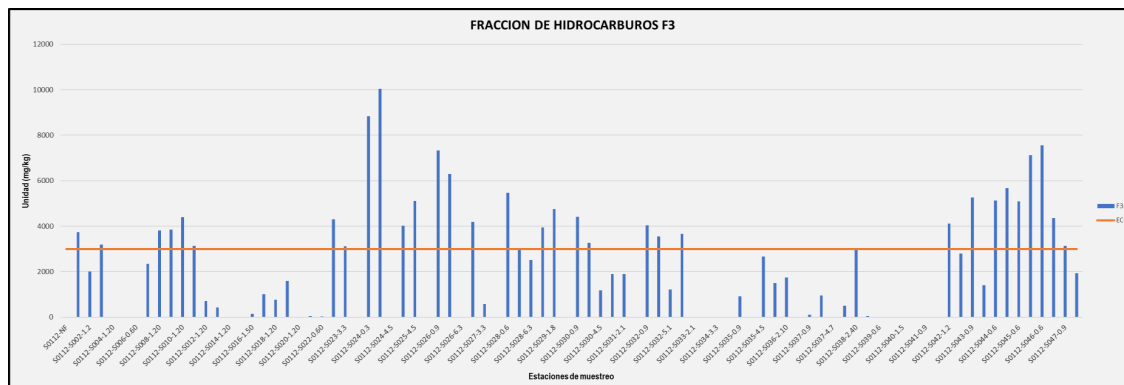


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La fracción de hidrocarburo F3 fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (3 000,0 mg/kg) en 33 muestras. La concentración máxima fue de 10 031,00 mg/kg en el sondeo S024-2,10.

Sondeo	Concentración mg/kg
S001-1,20	3 743
S003-1,20	3 198
S008-1,20	3 811
S009-1,20	3 852
S010-1,20	4 390
S011-1,20	3 132
S023-0,60	4 296
S023-3,30	3 109
S024-0,30	8 839
S024-2,10	10 031
S025-0,60	4 012
S025-4,50	5 106
S026-0,90	7 325
S026-2,10	6 295
S027-0,90	4 196
S028-0,60	5 476
S028-3,30	3 046
S029-0,60	3 940
S029-1,80	4 759
S030-0,90	4 416
S030-3,30	3 260
S032-0,90	4 035
S032-2,10	3 542
S033-0,90	3 654
S042-1,20	4 121
S043-0,90	5 259
S044-0,60	5 132
S044-1,5 0	5 667
S045-0,6 0	5 098
S045-1,50	7 119
S046-0,60	7 564
S046-1,80	4 354
S047-0,90	3 135

Figura 3-22 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3

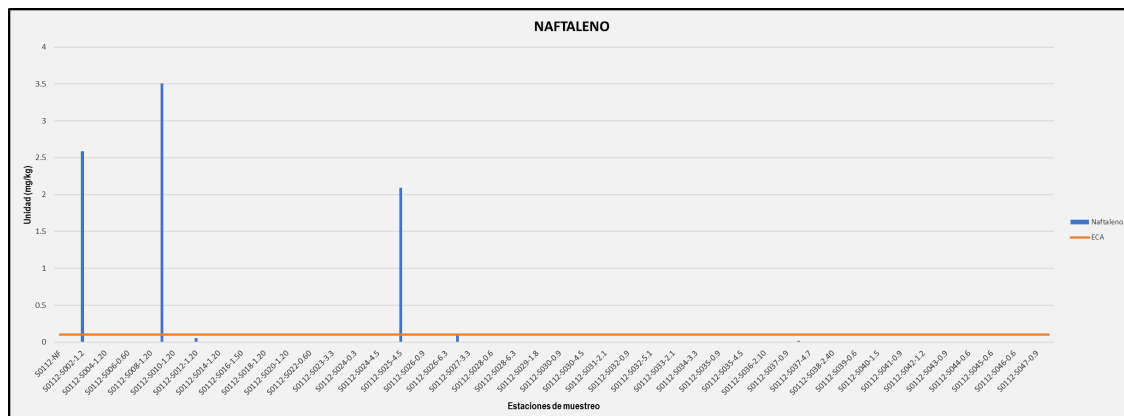


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El naftaleno fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0,10 mg/kg) en cuatro (4) muestras. La concentración máxima fue de 3,51 mg/kg en el sondeo S009-1.20.

Sondeo	Concentración mg/kg
S002-1,20	2,590
S009-1,20	3,510
S025-4,50	2,090
S027-0,90	0,104

Figura 3-23 Concentraciones de naftaleno

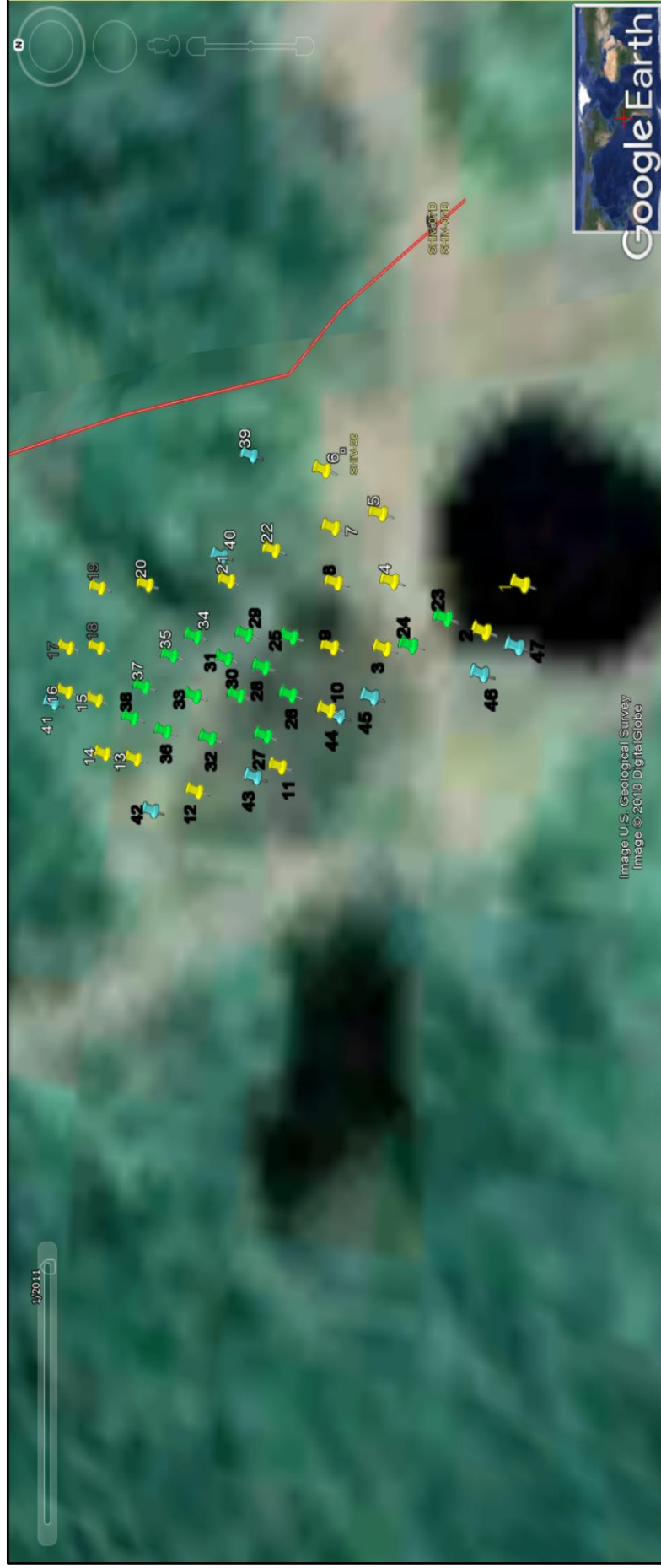


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El benceno fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0,03 mg/kg) en dos (2) muestras. La concentración máxima fue de 0,17 mg/kg.

Sondeo	Concentración mg/kg
S002-1,20	0,17
S025-4,50	0,08

Figura 3-25 Imagen satelital histórica donde se puede apreciar por su color tres fosas de lodos de perforación

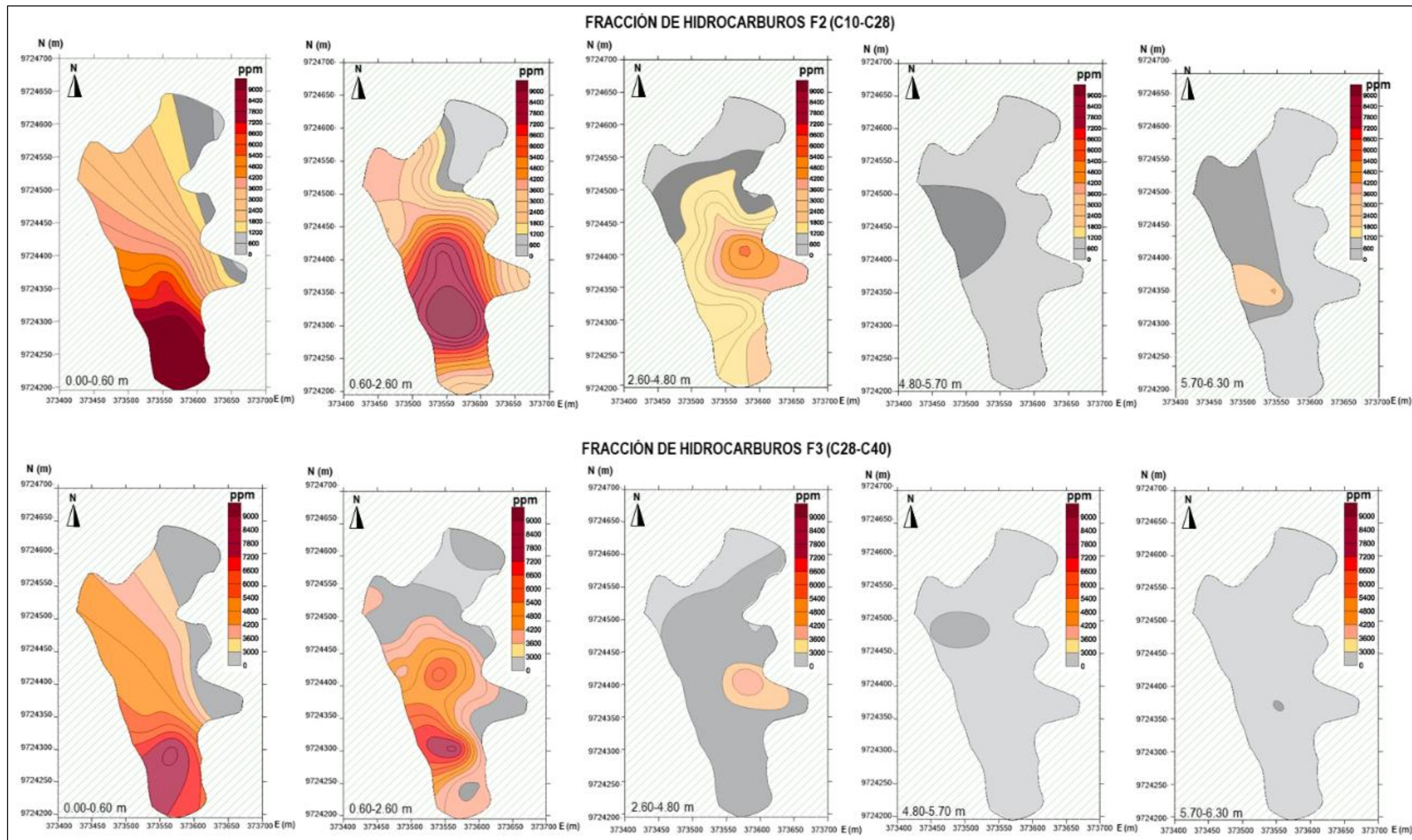


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Modificado de Google Earth

Se presentan en las siguientes figuras los resultados del modelamiento para las fracciones de hidrocarburos F2 y F3, de acuerdo con los resultados de laboratorio y al análisis de los relevamientos de campo.

Los modelamientos se generaron en formas de isoconcentración a partir de la interpolación de datos de suelos, a diferentes profundidades y con diferentes concentraciones (siempre comparando las excedencias con el ECA de suelos, tipo agrícola).

Figura 3-26 Modelamientos de Isoconcentraciones



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Según los resultados de laboratorio se procedió al análisis respectivo, se hizo la comparación inicialmente con los niveles de fondo para el sector, en segundo lugar, con los límites establecidos por los estándares de calidad de la Normatividad Nacional Vigente ECA para Suelo (D. S. N° 011-2017-MINAM). Finalmente, para aquellos parámetros no contemplados en la norma peruana se tomaron, de forma referencial u orientativa, los valores de la norma canadiense y de la norma de Ecuador.

Ciertos elementos contaminantes fueron comparados con otras normas internacionales (Canadá y Ecuador). No obstante, estas comparaciones se hacen de manera orientativa ya que los escenarios en los que se determinaron los parámetros internacionales pueden discrepar considerablemente de las condiciones del sitio en estudio. Durante el análisis comparativo se comprueba la presencia -en algunos casos de forma natural- de altas concentraciones de otros metales. Esta afirmación se sustenta al revisar los valores de los metales en las muestras que corresponden a niveles de fondo (Cuadro 3-44).

Es importante resaltar que la comparación de resultados con normas internacionales, incluso con las nacionales, debe ser vista con sumo cuidado. Para este análisis se han contemplado exclusivamente aquellos componentes que predominantemente han aparecido en los sitios impactados y que son inherentes a las operaciones petroleras, y que no se encuentran referidos en los ECA de suelos para el Perú. En este sentido se evaluaron de manera independiente y con un fundamento estadístico los siguientes contaminantes: Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Selenio (Se), Vanadio (V) y Zinc (Zn), dependiendo de su ocurrencia en uno u otro sitio impactado.

Para el caso del S0112 (Sitio 35) se evalúan los siguientes metales, por ser los que superan las normas internacionales (Canadá y Ecuador): B, Cu, Ni, Pb, Se, Ta y V. El siguiente Cuadro 3-45 presenta los estadísticos y niveles de fondo para estos.

Cuadro 3-45 Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas (S0112 (Sitio 35))

Metal	Nivel fondo	Media geométrica	Norma Canadá	Norma Ecuador	Desviación estándar	Lím. Inf. (ppm)	Lím. Sup. (ppm)
	ppm					ppm	
Boro	6,44	4,39	2	1	2,86	1	10
Cobre	14	27,07	63	25		0,00	85,53
Níquel	8		45	19	Presenta sólo 2 valores que superan la norma canadiense, 86 y 105 ppm.		
Plomo	10		70	19	Presenta sólo 4 valores que superan la norma canadiense, que varían de 83 a 200 ppm		
Selenio	1,45	1,6	1	1	0,82	0,00	3,24
Talio (*)	0,16	0,59	1	-	0,8	0,00	2,20
Vanadio (**)	41	72,44	130	76	38	0,00	148,7

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

(*) Se presentan sólo 6 muestras con valores que superan, que varían de 2,3-4 ppm

(**) Se presentan sólo 6 muestras con valores que superan, que varían de 200-243 ppm

El caso del Cromo total debe ser visto con cuidado. La norma peruana no establece ECA para suelos agrícolas. Por ello se toma el siguiente más restrictivo de la misma norma, el cual corresponde al “residencial” cuyo valor es de 400 ppm. Al comparar los resultados con la norma canadiense (64 ppm) se consiguen 8 valores que superan a misma de manera notable, lo cual se infiere al revisar el nivel de fondo para este metal cuyo valor es de 11,4 ppm. Si se efectuara la comparación con la norma ecuatoriana (54 ppm) el número de puntos se incrementa a 12 muestras que exceden.

Cuando se revisa en conjunto las potenciales excedencias de Cromo total (al comparar con normas internacionales) se evidencia una correlación en la ocurrencia conjunta en los mismos sitios, profundidades y muestras con: Vanadio, Níquel, Selenio y Talio, y adicionalmente con la ocurrencia de fracciones de hidrocarburos F2 y F3. Aun cuando estos resultados parecieran pocos y pudieran resultar no representativos (8 valores que exceden de 88 muestras, aproximadamente un 9 %), consideramos relevante este análisis. No obstante, la evaluación de riesgo determinará su relevancia dentro del sitio impactado.

Es importante acotar que para el sitio S0112 (Sitio 35), los niveles de fondo son superados en forma natural por los siguientes elementos: Boro y Selenio, como puede observarse en el Cuadro 3-44.

Origen del Bario

Luego de obtenido los resultados de laboratorio se procedió a realizar un análisis del origen del Bario, para ello, como primer paso se procede a evaluar la concentración de Bario Total (mg/kg) obtenido por el método de ICP-Metales, comparándolo con el valor indicado en los Estándares de Calidad (ECA) para suelos, el cual establece un valor de 750 mg/kg para Suelos de Uso Agrícola. En el Cuadro 3-46 se presenta la muestra que excedió este límite.

Un segundo paso es realizar el análisis de Bario Extraíble, y comparar su valor con el valor límite que también establece dicha Guía, el cual es de 250 mg/kg. Si el resultado excede este valor el origen del Bario no es de la Baritina. De ser inferior se efectúa un tercer paso, donde se realiza un el análisis de Bario Total Real, y se compara el valor resultante con el indicado en la guía: 10 000 mg/kg. Es importante mencionar que la muestra con excedencia no es representativa al tratarse de una (1) muestra de las 87 muestras analizadas para este sitio y estadísticamente solo representa el 1.15 % del total de las muestras. Cabe mencionar también que el análisis de Bario extraíble y Bario total real se realizaría sobre el 25 % del total de muestras de cada sitio impactado que superaran la norma ECA agrícola para el Bario. Una muestra no se considera representativa, por lo cual no se efectuó el análisis de bario extraíble.

Cuadro 3-46 Resultados de Bario para el sitio 112 (Sitio 35)

Muestra	Bario total mg/kg	Bario Extraíble mg/kg	Bario Total Real mg/kg
Estándar de calidad ECA suelos agrícola (Perú)	750 (agrícola)	250 (agrícola)	10 000 (agrícola)
S0112-S021-1,20	2344	NE	NE

Fuente: JCI-HHE

NRE: No representativo estadísticamente (se analizaría hasta un 25% del total de muestras que presentarían excedencias)

Resultados de Pruebas Adicionales

Como parte del estudio se realizó los análisis de TCLP (lixiviados) para metales y MEH (Material extractable de hexano) para las muestras de suelos. El procedimiento de lixiviación característica de toxicidad (TCLP) determina la movilidad de los contaminantes inorgánicos presente en una muestra. Este ensayo se realiza bajo los estándares EPA (método 1311). El ensayo TCLP se realizó al 10% del total de muestras que superaron la norma ECA de suelos (tipo agrícola) para metales por sitio impactado.

Por otro lado, el material extractable en hexano (MEH) determina si la presencia de hidrocarburos, en sus diferentes fracciones (representados como TPH), se debe a una fuente por petróleo o por descomposición de materia orgánica. Se realizó para un 50% del total de muestras de suelo del sitio S0112 (Sitio 35).

Los análisis de TCLP para metales y MEH (Material Extractable en Hexano) en las muestras de suelo se observan en el Anexo 6.10 informes de resultados analíticos emitidos por el laboratorio AGQ.

- Los resultados obtenidos para TCLP (Cuadro 3-47), de todas las muestras analizadas (sólo metales que superaron el ECA Suelo) ninguna supera la norma internacional (EPA - Hazardous Waste Test Methods / SW-846) en los extractos de lixiviados de las muestras de suelos.
- Para el caso de MEH se comparan los valores del ensayo con las concentraciones de las fracciones F2 y F3 en suelos, representadas como TPH (en este caso se asuma como la suma de las fracciones). De las muestras analizadas ninguna muestra presenta concentraciones mayores que los valores de TPH, lo cual se confirma que el hidrocarburo es de origen de petrogénico.

Cuadro 3-47 Concentraciones de TCLP – Temporada húmeda

Código de Muestra	Concentración máxima de contaminantes por características de toxicidad *			TCLP (mg/l)		
	Arsénico (mg/l)	Bario (mg/l)	Plomo (mg/l)	Arsénico	Bario	Plomo
S0112-S021-1.20	5	100	5	0.0014	3.6802	0.0151

* EPA - Hazardous Waste Test Methods / SW-846

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-48 Concentraciones de MEH

Código de Muestra	Temporada	Material Extractable en Hexano (mg/kg)	Código de Muestra	Temporada	Material Extractable en Hexano (mg/kg)
S0112-S002-1.20	Húmeda	93.2	S0112-S030-4.50	Húmeda	50
S0112-S007-1.20	Húmeda	85.3	S0112-S031-0.60	Húmeda	50
S0112-S012-1.20	Húmeda	210	S0112-S031-2.10	Húmeda	389
S0112-S016-1.50	Húmeda	60.1	S0112-S032-0.90	Húmeda	61.4
S0112-S017-0.90	Húmeda	52.7	S0112-S032-2.10	Húmeda	92.2

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)

Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 3-48 Concentraciones de MEH

Código de Muestra	Temporada	Material Extractable en Hexano (mg/kg)	Código de Muestra	Temporada	Material Extractable en Hexano (mg/kg)
S0112-S018-1.20	Húmeda	73.9	S0112-S032-5.10	Húmeda	50
S0112-S019-1.20	Húmeda	79.2	S0112-S033-0.90	Húmeda	182
S0112-S023-0.60	Húmeda	50	S0112-S035-4.50	Húmeda	50
S0112-S023-3.30	Húmeda	50	S0112-S036-0.90	Húmeda	194
S0112-S024-0.30	Húmeda	50	S0112-S036-2.10	Húmeda	394
S0112-S024-2.10	Húmeda	121	S0112-S038-2.40	Húmeda	89.3
S0112-S025-0.60	Húmeda	50	S0112-S042-1.20	Seca	847
S0112-S025-4.50	Húmeda	310	S0112-S042-2.10	Seca	885
S0112-S026-0.90	Húmeda	323	S0112-S043-0.90	Seca	1548
S0112-S026-2.10	Húmeda	375	S0112-S043-2.00	Seca	1587
S0112-S027-0.90	Húmeda	158	S0112-S044-0.60	Seca	1658
S0112-S028-0.60	Húmeda	171	S0112-S044-1.50	Seca	1458
S0112-S028-3.30	Húmeda	55.8	S0112-S045-0.60	Seca	948
S0112-S028-6.30	Húmeda	55.1	S0112-S045-1.50	Seca	978
S0112-S029-0.60	Húmeda	81.6	S0112-S046-0.60	Seca	745
S0112-S029-1.80	Húmeda	135	S0112-S046-1.80	Seca	845
S0112-S030-0.90	Húmeda	78.9	S0112-S047-0.90	Seca	589
S0112-S030-3.30	Húmeda	50	S0112-S047-2.10	Seca	745

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.2 Agua superficial

Los parámetros y variables determinados en agua superficial y sedimentos fueron comparados con el ECA Categoría 4. E2 Ríos de Selva (D. S. N° 004-2017-MINAM).

El Cuadro 3-35 y el Cuadro 3-36 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización. Asimismo, en el Anexo 6.4.2, el Mapa 6.4.2.1: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35)-época seca.

A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los ECA de agua superficial:

- Fosforo fue detectado fuera del rango del ECA para agua (0,05 mg/l) en una (2) muestra de la época húmeda, siendo las estaciones: S0112-As001 y S0112-As005.

3.7.3 Sedimentos

Los parámetros y variables determinados en agua superficial y sedimentos fueron comparados con los Estándares de calidad para sedimentos de Canadá (Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life).

El Cuadro 3-37 y el Cuadro 3-38 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron, en al menos un parámetro.

A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los Estándares Canadá ISQG sedimentos:

- Arsénico fue detectado fuera del estándar para sedimentos (5,9 mg/kg) en ocho (8) muestras, siendo las estaciones: S0112-Sed002 (ambas épocas), S0112-Sed001, S0112-Sed002a, S0112-Sed002b, S0112-Sed003, S0112-Sed004 y S0112-Sed006 (todas estas para época seca).
- Cobre fue detectado fuera del estándar para sedimentos (35,7 mg/kg) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0112-Sed001.
- Cromo Total fue detectado del estándar para sedimentos (37,3 mg/kg) en tres (3) muestras en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed001, S0112-Sed001a y S0112-Sed001b.
- Mercurio fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,17 mg/kg) en dos (2) muestras en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed002a, S0112-Sed005.
- Benceno (a) antraceno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0317 mg/kg) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0112-Sed001b.
- Fenantreno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0419 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed005.
- Fluoreno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0212 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed005.
- Naftaleno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0346 mg/kg) en dos (2) muestra en la época seca, siendo las estaciones: S0112-Sed005 y S0112-Sed006.

El Arsénico está presente en la quebrada que se encuentra la mayoría de los puntos de monitoreo en la época seca y solo en un punto en la época húmeda, se infiere la presencia de arsénico en los sedimentos sea producto los arrastres de algún flujo que contenga un alto grado de concentración.

Los demás metales, los componentes de BTEX y componentes de HAPs contiene muy poca cantidad de muestras con estos valores para poder hacer un análisis consistente. Ver Anexo 6.4.2 Mapa 6.4.2.1: Mapa de excedencias de agua superficial, sedimentos y agua subterránea-Época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias de agua superficial, sedimentos y agua subterránea-Época seca.

3.7.4 Geofísica

A. Tomografía Eléctrica

El procesamiento de los datos obtenidos en campo corresponde a una fase de análisis, los cuales son correlacionados con algunos parámetros de observación de campo como la geomorfología y

geología, para la obtención de resultados y su correspondiente elaboración de los perfiles geofísicos.

- **Perfil Tomográfico Eléctrico 1 (S0112-GEO-001)**

El perfil tomográfico tiene una orientación NO-SE y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-27.

La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado es de 12 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 100,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado es de 10 a 12 metros aproximadamente. Este estrato se presume este saturado por proceso de recarga por infiltración de las quebradas o precipitaciones producto de la temporada en que se realizó la prospección geofísica.

La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 450,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Nauta. No se estimó la potencia de dicho estrato. Este estrato se ubica por debajo de los 12 metros de profundidad.

- **Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0112-GEO-002)**

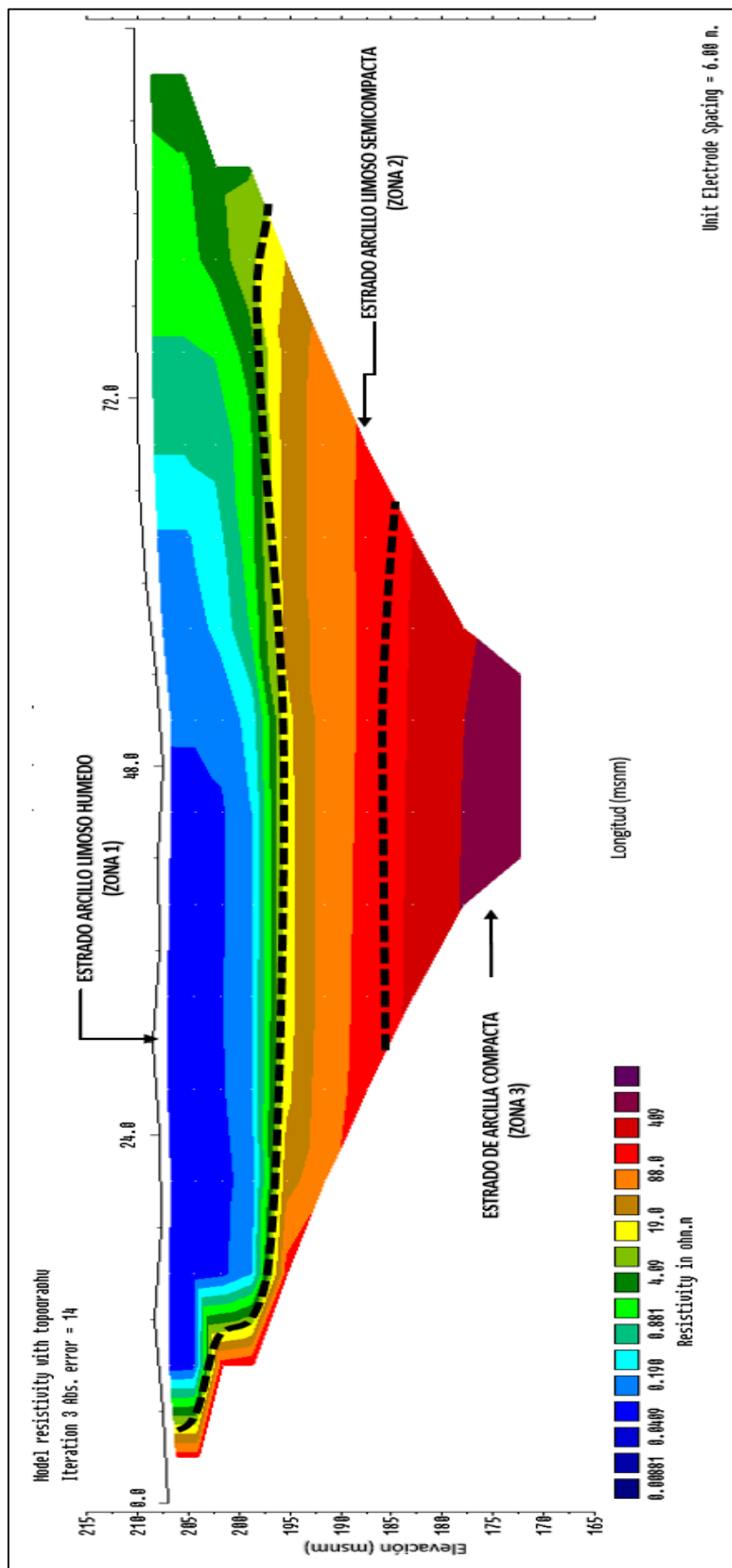
El perfil tomográfico tiene una orientación NO-SE y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-28.

La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado es de 25 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 100,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor no se ha logrado estimar. Este estrato se presume este saturado por proceso de recarga por infiltración de las quebradas o precipitaciones producto de la temporada en que se realizó la prospección geofísica.

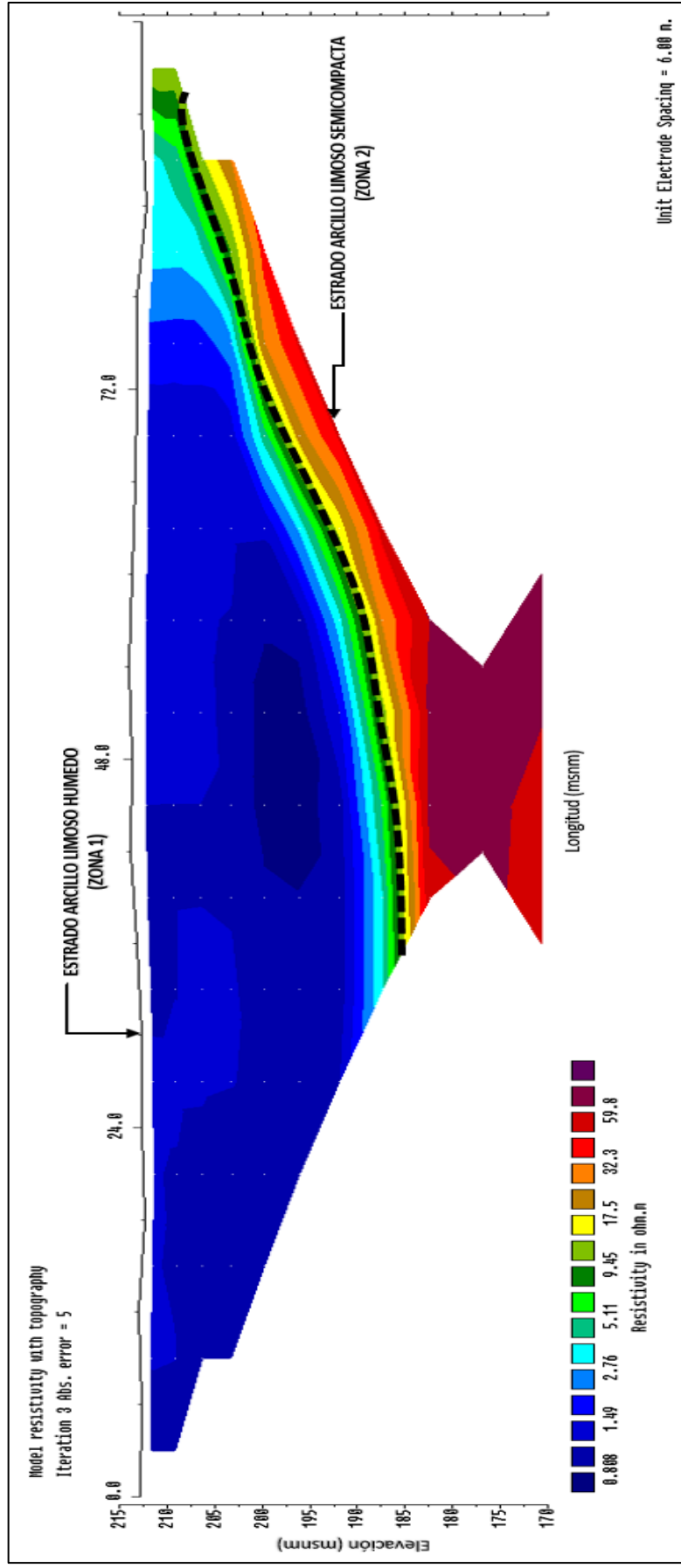
Para los Planes de Rehabilitación el movimiento de los metales pesados a través de las diferentes litologías producido por el flujo de agua subterránea en dirección sur a norte, la distancia horizontal de recorrido estará definida por el tipo de metal presente. En caso de ocurrir (de acuerdo con los resultados de laboratorio), se estima que el movimiento potencial vertical de los metales pesados sea como máximo hasta los 12 metros de profundidad, según los resultados de la tomografía eléctrica está presente arcillas más compactas y que actúa como material impermeable. Los hidrocarburos presentes como elementos contaminantes en el sitio S0112 (Sitio 35) se encuentran meteorizados y deben representar las fracciones más recalcitrantes lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través del subsuelo, incluso también en superficie.

Figura 3-27 Perfil Tomográfico Eléctrico 1 (S0112-GEO-001)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-28 Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0112-GEO-001)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.5 Agua subterránea

Los parámetros a analizar serán los que superen los estándares de calidad regulados por el Alberta Tier I (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá.

El Cuadro 3-39 y el Cuadro 3-40 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización. A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los Estándares de Alberta Canadá:

- Fosforo fue detectado fuera del estándar para agua (0,05 mg/L) en una (1) muestra en ambas épocas, siendo la estación: S0112-ASub002.
- Cloruro fue detectado fuera del estándar para agua (100 mg/L) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0112-ASub001.
- Aluminio fue detectado fuera estándar para agua (0,01 mg/L) en dos (2) muestras para ambas épocas, siendo las estaciones: S0112-ASub001 y S0112-ASub002.
- Arsénico fue detectado fuera del estándar para agua (0,005 mg/L) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0112-ASub001.
- Hierro fue detectado fuera del estándar para agua (0,3 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0112-ASub001 (ambas épocas) y S0112-ASub002 (época seca).
- Manganeseo fue detectado fuera del estándar para agua (0,05 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0112-ASub001 (ambas épocas) y S0112-ASub002 (época seca).
- Mercurio fue detectado fuera del estándar para agua (0,000005 mg/L) en una (1) muestra en la época seca en la estación S0112-ASub001, cabe mencionar que el límite de detección del laboratorio (<0.00007 mg/l) es mayor al estándar de calidad internacional Alberta (0.000005 mg/l) .
- Selenio fue detectado fuera del estándar para agua (0,001 mg/L) en una (1) muestra época seca, siendo la estación: S0112-ASub002.
- Zinc fue detectado fuera del estándar para agua (0,03 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0112-ASub001 (época húmeda) y S0112-ASub002 (época seca).
- La conductividad fue detectada por encima del estándar, en la muestra S0112-ASub001 (época húmeda)

El Arsénico en el ASub-01 solo se observa en época seca se infiere puede estar afecta de alguna manera por las concentraciones de sedimentos observados en los puntos de monitoreo de estos.

Los demás metales (Al, Fe, Mn, Hg, Se y Zn) que se observan están fuera del rango del Alberta se infiere se producto del mismo suelo natural de la zona debido a que las concentraciones presentes elevadas y característico. Ver Anexo 6.4.2 Mapa 6.4.2.1: Mapa de excedencias de agua superficial, sedimentos y agua subterránea-Época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias de agua superficial, sedimentos y agua subterránea-Época seca.

3.7.6 Componente flora y fauna

De acuerdo con los objetivos del estudio de fauna terrestre, la temporalidad de muestreo se torna indistinta, ya que la finalidad no es medir abundancia y riqueza general de especies de flora y fauna, sino registrar las especies podrían intervenir en una eventual exposición a agentes

contaminantes dentro de los sitios impactados. Por ello, se analiza la información de campo de acuerdo con la biología de cada especie.

3.7.6.1 Descripción

Presenta formación vegetal Bosque de colinas bajas (Bcb). Esta unidad de cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas) y que debido a la escala de trabajo y a la resolución espacial de las imágenes satelitales no permitieron su discriminación. El bosque ubicado en las colinas bajas tiene una superficie mayor, y se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial antigua que se presenta con diferentes grados de disección, con una elevación topográfica menor de 80 m de altura con respecto a su base. También se observó la formación Áreas de no bosque amazónico (Ano-bo) la cual se encuentra ubicada en la región Amazónica y comprende las áreas que fueron desboscadas y hoy convertidas en áreas agropecuarias, con cultivos agrícolas y pastos cultivados; asimismo, comprenden todas las áreas cubiertas actualmente con vegetación secundaria (“purma”) y que están en descaso por un determinado número de años hasta que retorne la fertilidad natural del suelo, para ser nuevamente integradas a la actividad agropecuaria. Presencia de especies de árboles frutales a lo largo del sitio.

Ambas formaciones se encuentran descritas en el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015).

A. Riqueza de especies con uso potencial

- **Flora.** Se registraron ocho especies correspondientes a siete familias y seis órdenes taxonómicos. Entre las especies representativas tenemos a *Inga edulis* “Guaba” (uso Alimentario) y *Anacardium occidentale* “Casho” (uso medicinal), entre otros.

Cuadro 3-49 Lista de especies de flora registrada con uso potencial

Sector	Comunidad Nativa	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
1	José Olaya	S0112 (Sitio 35)	Flora	Arecales	Arecaeae	<i>Mauritia flexuosa</i>	Aguaje	Alimento
				Malvales	Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	Alimento
				Fabales	Fabaceae	<i>Inga edulis</i>	Guaba	Alimento
				Fabales	Fabaceae	<i>Erythrina sp.</i>	Amasisa	Medicinal
				Sapindales	Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	Limón	Alimento
				Sapindales	Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Casho	Medicinal
				Sapindales	Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Medicinal
				Lamiales	Bignoniaceae	<i>Mansoa alliaceae</i>	Ajo sachá	Maderable

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-11 *Theobroma cacao* “Cacao” (Uso alimentario) en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-12 *Inga edulis* “Guaba” (Uso alimentario) en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-13 *Anacardium occidentale* “Casho” (Uso medicinal) en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Fauna

Respecto a las especies de fauna silvestre más comunes dentro del área evaluada (Cuadro N° 3-50), las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en la amazonía de Colombia, Ecuador, Perú y Brasil (Tirira, 2015; Schulenberg, 2010; Carrillo e Icochea, 1995). Se pueden mencionar especies que se encuentran relacionadas con las áreas utilizadas para actividades humanas, generalmente actividades agrícolas; por tanto, dichas especies son frecuentemente avistadas por los pobladores locales, quienes a su vez, utilizan algunas de ellas como alimento, medicina, ornamento, mascotas, etc. Por otro lado, algunas de estas especies también representan un peligro potencial para estas personas, por lo que son cazadas o eliminadas cuando se producen estos encuentros (MEM, 2008). Actualmente, algunas de esas especies se encuentran en categorías de conservación nacional e internacional, presentando relevancia para futuros estudios relacionados a la conservación de especies de fauna silvestre (MINAGRI, 2014; IUCN, 2018.3; CITES, 2018.3). Actualmente no existen programas de manejo y/o conservación de especies de fauna silvestre dentro del área de estudio.

Cuadro 3-50 Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categorías de Conservación			Endemismo	Actividad cinegética	Usos locales
					D.S.004-2014-MINAGRI	IUCN 2018.3	CITES 2018.3			
Aves	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Ara ararauna</i>	Guacamayo azul amarillo		LC	Apéndice II		X	Mascota
			<i>Pionites melanocephalus</i>	loro de cabeza negra		LC	Apéndice II		X	Mascota
	Cathartidae	Cathartiformes	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo de cabeza negra						
	Passeriformes	icteridae	<i>Cacicus cela</i>	Paucarcillo						
Mamíferos	Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas					X	Ornamento
	Primates	Callitrichidae	<i>Saguinus fuscicollis</i>	Pichico común			Apéndice II		X	Mascota
		Cebidae	<i>Cebus apella</i>	Machin negro			Apéndice II		X	Mascota
	Carnívora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	Otorongo	NT				X	Ornamento
		Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Tayra		LC	Apéndice III			
	Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir	NT	VU	Apéndice II			*En otras zonas es cazado para consumirlo como alimento
			<i>Cuniculus sp.</i>	Majaz		LC	Apéndice III		X	Alimento
	Rodentia	Dasypodidae	<i>Dasypoda sp.</i>	Añuje					X	Alimento
		Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>	Sapo						
	Anura		<i>Rhinella margaritifera</i>	Sapo pipa						
Reptiles	Squamata	Gekkonidae	<i>Hemidactylus mabouia</i>	Salamandra						

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 3-50 Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Categorías de Conservación			Endemismo	Actividad cinegética	Usos locales
					D.S.004-2014-MINAGRI	IUCN 2018.3	CITES 2018.3			
Testudinata	Teiidae		<i>Ameiva ameiva</i>	Lagartija						
			<i>Tupinambis teguixin</i>	Iguana						
	Colubridae		<i>Imantodes lentiferus</i>	Afaninga						
	Viperidae		<i>Bothrops atrox</i>	Jergon						
	Testudinidae		<i>Chelonoidis denticulata</i>	Motelo		VU	Apéndice II		X	Alimento

Leyenda: VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación menor

Apéndice I: incluye especies amenazadas de extinción. El comercio de individuos de estas especies, se permite solamente en circunstancias excepcionales.

Apéndice II incluye las especies que no necesariamente están amenazadas con la extinción, pero en las que el comercio debe ser controlado para evitar un uso incompatible con su supervivencia.

Apéndice III contiene las especies que están protegidas al menos en un país, y que han solicitado a otras Partes de la CITES ayuda para controlar su comercio.

Fuente: Informe N° 97-2008-MEM-AAE/IB. Proyecto de Perforación de los 20 pozos de Desarrollo en el Lote 1 AB

INFORME TECNICO-LOTE 1AB-N°2413084-N°33

D.S. 004-2014 MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba la actualización de la Lista de Clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.

Tirira, D. 2015. Mamíferos del Ecuador. Grupo Murciélago Blanco. Versión 5, on-line.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, ver. 2018.3. The CITES Appendices. <http://www.cites.org/eng/append/index.shtml>

International Union for Conservation of Nature, ver 2018.3. En web: <http://www.iucnredlist.org/static/programme#partnership>

Carrillo e Icochea, 1995. Lista taxonómica preliminar de los reptiles vivientes del Perú. Publicaciones del Museo de Historia natural U.N.M.S.M.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Composición de especies (con uso potencial)

Se registraron cuatro especies de mamíferos, correspondientes a cuatro familias y cuatro órdenes; y dos especies de aves, correspondientes a una familia y un orden taxonómico. Las especies de fauna silvestre con uso conocido y que fueron registradas están representadas por *Cuniculus paca* “Majaz” y *Pecari tajacu* “Sajino”. Se tomaron Registros Indirectos como parte del método Censo por Transecto lineal (Ver ítem 3.5.2.5 Métodos para la caracterización biológica).

Cuadro 3-51 Lista de especies de fauna registrada con uso potencial

Sector	Comunidad Nativa	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
1	José Olaya	S0112 (Sitio 35)	Fauna	Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Mazama americana</i>	Venado colorado	Alimento
				Cetartiodactyla	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Sajino	Alimento
				Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta sp.</i>	Añuje	Alimento
				Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus sp.</i>	Majaz, picuro	Alimento
				Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir, sachavaca	Sin uso conocido
				Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona sp.</i>	Loro verde	Mascota
				Psittaciformes	Psittacidae	<i>Pionites leucogaster</i>	Chirriclés vientre blanco	Mascota

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-14 Plumas de *Amazona sp.* “Loro verde” en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-15 Huellas de *Pecari tajacu* “Sajino” en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-16 Huellas de *Cuniculus* sp. “Majaz” en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Diversidad

- **Flora.** No se determinó por ser una evaluación netamente cualitativa. En el Cuadro 3-47 se muestra la lista de especies registradas.
- **Fauna.** La abundancia de una especie está íntimamente relacionada con la probabilidad de ser cazada. De acuerdo con esta premisa, se optó por calcular el índice de ocurrencia e índice de actividad de Boddicker para mamíferos mayores (Ver ítem 3.5.2.5). Los resultados indican que no se puede confirmar la presencia de las cuatro especies registradas para en este sitio, ya que todas estas especies alcanzaron igual puntaje total menor a 10, y tampoco son abundantes, pues estos valores también son menores a 25 (MINAM, 2015). Los índices de diversidad requieren registros cuantitativos para poder ser calculados. Se obtuvo el registro de dos especies (una de manera directa y otra de manera indirecta). Al realizar el cálculo de diversidad con la en aves con la única especie registrada de manera cuantitativa, se obtuvo un valor de diversidad igual a cero.

Es necesario recalcar que se tomó un día por sitio para realizar los registros de fauna, y que los avistamientos directos de especies dependen de distintos factores como temperie, actividad humana, horario, rutas de movilización, disposición de recursos, presencia de impactos, etc. Por tanto, se pueden obtener datos cuantitativos y/o cualitativos de este componente, y no necesariamente pueden ser susceptibles a análisis estadísticos.

Cuadro 3-52 Índice de ocurrencia e índice de actividad de Boddicker para mamíferos

Especie	Nombre común	Tipo de registro	Índice de Ocurrencia	N° de observaciones	Índice de Actividad
<i>Mazama americana</i>	Venado colorado	Huellas	5	1	5
<i>Cuniculus sp.</i>	Majaz	Huellas	5	1	5
<i>Dasypsecta sp.</i>	Tapir	Huellas	5	1	5
<i>Pecari tajacu</i>	Sajino	Huellas	5	1	5

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7 Hidrobiología

3.7.7.1 Fitoplancton

A. Composición de especies

En la época seca, se determinaron 14 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 6 especies representando el 46,15 % de dominancia, seguida por las Euglenophyta con 3 especies (23,07 %). La estación de monitoreo mejor representada fue S0112-HB-FIT1-001 con 13 especies, mientras que la estación S0112-HB-FIT1-002 registró 7 especies de fitoplancton.

En la época seca, se determinaron 13 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 6 especies representando el 57,14 % de dominancia, seguida por las Cyanobacteria y Euglenophyta con 3 especies cada uno (21,43 %). La estación de monitoreo mejor representada fue S0112-HB-FIT1-001 con 13 especies, mientras que la estación S0112-HB-FIT1-002 registró 7 especies de fitoplancton.

La lista de especies de fitoplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de resultados de laboratorio.

Cuadro 3-53 Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-FIT1-001	S0112-HB-FIT1-002	S0112-HB-FIT1-001	S0112-HB-FIT1-002
	N° de Individuos			
Bacillariophyta	8	5	5	6
Cyanobacteria	2	2	1	2
Euglenophyta	3	0	3	3
Charophyta	0	0	2	0
Total de especies	13	7	11	11

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época húmeda, se registró un total 1 600 ind/L. La mayor abundancia la presentaron las Bacillariophyta (75 %), seguida de las Cyanobacteria (18,75 %).

La estación S0112-HB-FIT1-001 mayor cantidad de individuos del fitoplancton, con 1 133 ind/L.

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época seca, se registró un total 5 741 ind/L. La mayor abundancia la presentaron las Euglenophyta (58,63 %), seguida de las Bacillariophyta (28 %).

Cuadro 3-54 Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-FIT1-001	S0112-HB-FIT1-002	S0112-HB-FIT1-001	S0112-HB-FIT1-002
	N° de Individuos			
Bacillariophyta	800	400	1 031	866
Cyanobacteria	233	67	33	32
Euglenophyta	100	0	2 366	549
Total	1 133	467	3 430	1 447

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0112-HB-FIT1-001 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S = 13$, $H' = 3,274$ bits/ind y $1-D = 0,867$ probits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

En época seca, la estación S0112-HB-FIT1-002 registró los valores más altos de diversidad ($H' = 1,865$ bits/ind y $1-D = 0,801$ probits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a bajos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

La familia Bacillariophyta presentó una clara dominancia sobre las demás taxas. Estas algas son muy diversas y presentan distintos grados de tolerancia a contaminación orgánica como de variabilidad hídrica (Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011), por lo cual no se descarta contaminación orgánica.

Cuadro 3-55 Número de especies, individuos e índices de diversidad de fitoplancton

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-FIT1-001	S0112-HB-FIT1-002	S0112-HB-FIT1-001	S0112-HB-FIT1-002
	N° de Individuos			
Riqueza específica (S)	13	7	11	11
Total de Individuos	1 133	467	4 496	1 245
Índice de Margalef (D)	1,706	0,976	1,189	0,403
Equidad de Pielou (J')	0,885	0,930	0,679	0,777
Índice de Shannon y Wiener (H')	3,274	2,611	1,629	1,865
Índice de Simpson (1-D)	0,867	0,816	0,735	0,801

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.2 Zooplancton

A. Composición de especies

En época húmeda el zooplancton estuvo representado por 20 especies, distribuidas en 6 phylum, destacando el Phylum Rotifera con 11 especies representando el 55 % de dominancia.

En época seca el zooplancton estuvo representado por 22 especies, distribuidas en 5 phylum, destacando el Phylum Bacillariophyta con 16 especies representando el 72 % de dominancia.

La lista de especies de zooplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de resultado de laboratorio.

Cuadro 3-56 Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-ZOO1-001	S0112-HB-ZOO1-002	S0112-HB-ZOO1-001	S0112-HB-ZOO1-002
	N° de Individuos			
Rotifera	11	5	5	8
Ciliophora	2	2	0	1
Protozoa	2	2	2	1
Arthropoda	2	1	2	1
Nematoda	1	1	1	1
Gastrotrichia	1	1	0	0
Total de especies	19	12	10	12

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y Diversidad

Respecto a la abundancia del zooplancton para época húmeda, se registró un total de 5 650 ind/l. La estación S0112-HB-ZOO1-001 representó la mayor abundancia con 3 300 ind/l.

Respecto a la abundancia del zooplancton para época seca, se registró un total de 7 272 ind/l. La estación S0112-HB-ZOO1-002 representó la mayor abundancia con 5 900 ind/l.

Cuadro 3-57 Abundancia del zooplancton por estación de monitoreo

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-ZOO1-001	S0112-HB-ZOO1-002	S0112-HB-ZOO1-001	S0112-HB-ZOO1-002
	N° de Individuos			
Nematoda	300	300	500	1 600
Arthropoda	250	50	187	100
Rotífera	2 150	750	561	3 700
Ciliophora	150	900	0	300
Protozoa	400	300	134	200
Gastrotrichia	50	50	0	0
Total	3 300	2 350	1 372	5 900

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En general, las especies registradas en las estaciones de monitoreo evaluadas son comunes de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos. Pueden ser tolerantes a polución orgánica de moderada a muy fuerte.

Los valores del índice de diversidad de Simpson son sensibles a las abundancias de una o dos de las especies más frecuentes de la comunidad y puede ser considerado como una medida de la concentración dominante ya que, respecto a los índices de dominancia, son los que mejor describen la estructura de la comunidad de zooplancton, ya que ésta, en general, suele estar compuesta por unas cuantas especies muy abundantes y una larga cola de especies con densidades muy bajas (Margalef, 1983).

La estación S0112-HB-ZOO1-001 presentó los mayores valores de diversidad y dominancia ($H' = 3,909$ bits/ind y $1-D = 0,920$ probits/ind), en época húmeda, y la estación S0112-HB-ZOO1-002 la que presentó los mayores valores de diversidad ($H' = 2,042$ bits/ind y $1-D = 0,834$ probits/ind) en época seca. De acuerdo con estos valores, se podría inferir una buena calidad de agua para el sitio; sin embargo, se debe considerar que la familia más abundante es Chironomidae, la cual está relacionada a altos niveles de materia orgánica en descomposición (Armitage, Cranston y Pinder, 1995).

Cuadro 3-58 Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-ZOO1-001	S0112-HB-ZOO1-002	S0112-HB-ZOO1-001	S0112-HB-ZOO1-002
	N° de Individuos			
Riqueza específica (S)	19	12	10	12
Total de Individuos	3 300	2 350	1 372	5 900
Índice de Margalef (D)	2,222	1,417	0,246	1,267
Equidad de Pielou (J')	0,920	0,830	0,848	0,821
Índice de Shannon y Wiener (H')	3,909	2,975	1,954	2,042
Índice de Simpson (1-D)	0,920	0,829	0,805	0,834

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.3 Perifiton

A. Composición de especies

En la época húmeda, se determinaron 20 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 11 especies representando el 55 % de dominancia. La estación de monitoreo mejor representada fue S0112-HB-PER1-001 con 15 especies.

En la época seca, se determinaron 18 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 10 especies representando el 55 % de dominancia. La estación de monitoreo mejor representada fue S0112-HB-PER1-001 con 16 especies.

La lista de especies de perifiton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de resultados de laboratorio.

Cuadro 3-59 Número de especies de perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-PER1-001	S0112-HB-PER1-002	S0112-HB-PER1-001	S0112-HB-PER1-002
	N° de Individuos			
Bacillariophyta	7	5	10	3
Cyanobacteria	2	1	2	0
Protozoa	2	0	1	1
Nematoda	1	1	1	1
Charophyta	1	0	0	0
Rotifera	1	0	0	0
Ciliophora	1	0	0	0
Euglenophyta	0	0	2	0
Total de especies	15	7	16	5

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

Con respecto a la abundancia de especies del perifiton en época húmeda, se registró un total 331 org/cm². La mayor abundancia la presentó Bacillariophyta (82,81 %), seguida de Cyanobacteria (5,76 %).

Con respecto a la abundancia de especies del perifiton en época seca, se registró un total 38 475 org/cm². Bacillariophyta presentó la mayor abundancia (82,97 %), seguida de Nematoda (6,1 %).

Las algas más abundantes pertenecieron a especies de diatomeas (Bacillariophytas), por lo que se infiere contaminación orgánica en el sitio (Calizaya-Anco J, Avendaño-Cáceres M, Delgado-Vargas I., 2013).

Cuadro 3-60 Abundancia del perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-PER1-001	S0112-HB-PER1-002	S0112-HB-PER1-001	S0112-HB-PER1-002
	N° de Individuos			
Bacillariophyta	216	58	30 025	1 900
Charophyta	3	0	0	0
Cyanobacteria	16	3	1 950	0
Rotifera	3	0	0	0
Nematoda	13	3	1 875	475
Protozoa	13	0	375	1 425
Euglenophyta	0	0	450	0
Ciliophora	3	0		
Total	267	64	34 675	3 800

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0112-HB-PER1-001 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S = 15$, $H' = 2,902$ bits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

Con respecto a la diversidad en época seca, la estación S0112-HB-PER1-001 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S = 16$, $H' = 2,351$ bits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

Dado que las Bacillariophytas son bastante tolerantes a distintos grados de contaminación orgánica (Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011), se podría inferir que existen indicios de contaminación en este ambiente acuático.

Cuadro 3-61 Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton

Índice	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-PER1-001	S0112-HB-PER1-002	S0112-HB-PER1-001	S0112-HB-PER1-002
	N° de Individuos			
Riqueza específica (S)	15	7	16	5
Total de Individuos	266	65	36 025	3 800
Índice de Margalef (D)	2,508	1,436	1,43	0,485
Equidad de Pielou (J')	0,743	0,852	0,848	0,928
Índice de Shannon y Wiener (H')	2,902	2,392	2,351	1,494
Índice de Simpson (1-D)	0,213	0,224	0,873	0,75

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.4 Macroinvertebrados bentónicos

A. Composición de especies

En lo que respecta a bentos en época húmeda, se registró un total de 1 órdenes, 4 familias y 6 morfoespecies pertenecientes a la clase Insecta (phylum Arthropoda).

En época seca, se registró un total de 3 órdenes, 7 familias y 7 morfoespecies pertenecientes a las clases Insecta y Malacostraca (phylum Arthropoda).

Todos los individuos identificados pertenecen al phylum Arthropoda.

Las especies correspondientes a las familias Chironomidae y Simuliidae son las dominantes. Estas familias son tolerantes a ambientes con contaminación orgánica, por lo que significarían un indicador de estos impactos en el sitio (Barrera Alfonso, M.F., Monroy Mora, B.S., 2015).

La lista de especies de Macroinvertebrados bentónicos registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de resultado de laboratorio.

Cuadro 3-62 Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por orden

ORDEN	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-BEN1-001	S0112-HB-BEN1-002	S0112-HB-BEN1-001	S0112-HB-BEN1-002
	N° de Individuos			
Diptera	1	3	4	3
Ephemeroptera	0	2	0	0
Odonata	0	0	1	0
Decapoda	0	0	1	1
Total de especies	1	5	6	4

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

Se colectaron 44 individuos, todos del phylum Arthropoda en época húmeda.

En la estación de monitoreo S0112-HB-BEN1-002, se identificaron la mayor cantidad de individuos (40). El macroinvertebrado más abundante fue Chironomidae con 40 individuos.

Se colectaron 91 individuos, todos del phylum Arthropoda en época seca.

En la estación de monitoreo S0112-HB-BEN1-002, se identificaron la mayor cantidad de individuos (71). El macroinvertebrado más abundante fue Chironomidae con 64 individuos.

La dominancia del phylum Arthropoda en las estaciones evaluadas fue total, lo cual coincide con estudios anteriores (Rosenberg y Resh, 1993; Lujan *et al.*, 2014; Ortega *et al.*, 2013) donde los artrópodos y particularmente los insectos acuáticos son los predominantes en ecosistemas acuáticos continentales.

Cuadro 3-63 Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo

Orden	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-BEN1-001	S0112-HB-BEN1-002	S0112-HB-BEN1-001	S0112-HB-BEN1-002
	N° de Individuos			
Díptera	4	38	16	67
Ephemeroptera	0	2	0	0
Odonata	0	0	1	0
Decápoda	0	0	3	4
Total	4	40	20	71

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De forma general para ambas épocas, las estaciones de monitoreo presentaron valores de riqueza, diversidad y equidad bajos. La comunidad es poco diversa y con especies particularmente predominantes.

Cuadro 3-64 Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos

Índice	Época húmeda		Época seca	
	S0112-HB-BEN1-001	S0112-HB-BEN1-002	S0112-HB-BEN1-001	S0112-HB-BEN1-002
	N° de Individuos			
Riqueza específica (S)	1	5	4	5
Total de Individuos	4	40	20	71
Índice de Margalef (D)	0	1,084	1	0,938
Equidad de Pielou (J')	-	0,288	0,577	0,270
Índice de Shannon y Wiener (H')	0	0,669	0,799	0,435
Índice de Simpson (1-D)	0	0,188	0,41	0,183

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.7.7.5 Interpretación de resultados

Respecto al fitoplancton, el phylum Bacillariophyta presentó la mayor riqueza y abundancia. Estas algas son muy diversas y presentan distintos grados de tolerancia a contaminación orgánica como de variabilidad hídrica (Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011). Por ello se podría sospechar de un alto nivel de contaminación orgánica en el sitio.

De acuerdo con los resultados de zooplancton, se observa una alta diversidad de Shannon (cerca de o mayores a 3), y se podría interpretar como una buena calidad de agua; sin embargo, el índice de Simpson también muestra un elevado valor, lo cual indica la dominancia de unas pocas especies. Estas especies dominantes pertenecen a la familia Chironomidae, las cuales están relacionadas a aguas con abundante materia orgánica en descomposición (Barrera y Monroy, 2015), por lo cual este ambiente no se podría considerar bueno o saludable.

Al igual que en el fitoplancton, las diatomeas (Bacillariophyta) fueron las más representativas. Esto se debería a las razones ya mencionadas.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, el phylum Arthropoda (particularmente la clase Insecta) presentó la mayor dominancia en riqueza y abundancia, al igual que estudios anteriores (Rosenberg y Resh, 1993; Ortega *et al.*, 2010, Lujan *et al.*, 2013, Arana y Cabrera, 2017). De éstos, los dípteros y sobre todo la familia Chironomidae habitan en cuerpos de agua tanto naturales como artificiales, en aguas someras o profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficies o en pequeños reservorios (Paggi, 2001). También se les encuentra en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición, pudiendo ser usados como bioindicadores (Roldán y Ramírez, 2008; Domínguez y Fernández, 2009). Por tanto, estos organismos podrían haberse adaptado a ambientes contaminados con materia orgánica.

3.7.7.6 Peces

A. Composición de especies

Para los peces colectados en esta estación, se observó una dominancia del orden Characiformes, lo cual corrobora estudios anteriores para la Amazonía peruana (Ortega *et al.*, 2007; Ortega *et al.*, 2010, Ortega *et al.*, 2012).

Se registró 6 especies de peces durante el monitoreo de época húmeda, todas nativas y ninguna introducida. Estas estuvieron agrupadas en tres órdenes y en tres familias.

En época seca, se registró 13 especies de peces, todas nativas y ninguna introducida. Estas estuvieron agrupadas en 3 órdenes y en 3 familias.

Cuadro 3-65 Lista de especies de peces en época húmeda y época seca

Orden	Familia	Especie	Época húmeda	Época seca
Characiformes	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	0	2
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax sp</i>	0	3
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bimaculatus</i>	0	4
Characiformes	Characidae	<i>Chrysobrycon eliasi</i>	0	2
Characiformes	Characidae	<i>Gymnocorymbus thayeri</i>	0	7
Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon aff. metae</i>	1	0

Cuadro 3-65 Lista de especies de peces en época húmeda y época seca

Orden	Familia	Especie	Época húmeda	Época seca
Characiformes	Characidae	<i>Hemigrammus sp.</i>	1	0
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia sp</i>	36	5
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia cotinho</i>	0	2
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia oligolepis</i>	0	3
Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium aff. Steindachneri</i>	0	1
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	0	3
Characiformes	Lebiasinidae	<i>Pyrrhulina laeta</i>	1	0
Cichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	1	3
Cichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina sp</i>	0	3
Cyprinodontiformes	Cynolebiidae	<i>Anablepsoides sp.</i>	2	0
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Thalassophryne amazonica</i>	0	2

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-66 Número de especies de peces por orden taxonómico

Orden	Época húmeda	Época seca
	S0-112-HB-PEC-1-001.2	S0-112-HB-PEC-1-001.2
	N° de Individuos	
Characiformes	4	10
Cichliformes	1	2
Batrachoidiformes	0	1
Cyprinodontiformes	1	0
Total de Especies	3	6

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Abundancia y diversidad

En época húmeda se registró un total de 42 individuos de peces, de los cuales el 95,1 % correspondieron al orden Characiformes (39 individuos), seguido de Cichliformes y Cyprinodontiformes, con 2,43 % cada uno (1 individuos cada uno).

El pez más abundante fue *Moenkhausia sp.* (Characiformes: Characidae) con 36 individuos.

En época seca se registró un total de 40 individuos de peces, de los cuales el 80 % correspondieron al orden Characiformes (32 individuos), seguido de Cichliformes con 15 % (6 individuos).

Cuadro 3-67 Abundancia de especies de peces por orden en las estaciones de monitoreo

Orden	Época húmeda	Época seca
	S0-112-HB-PEC-1-001.2	
	N° de Individuos	
Characiformes	39	32
Cichliformes	4	6
Cyprinodontiformes	1	0
Batrachoidiformes	0	2
Total	42	40

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En época húmeda, la estación S0-112-HB-PEC-1-001.2 registró valores bajos de diversidad ($H' = 0,633$ bits/ind, $1-D = 0,260$ probits/ind), además el valor de equidad de Pielou^{dd} fue bajo, es decir, la comunidad no es heterogénea y presenta especies particularmente dominantes.

En época seca, la estación S0-112-HB-PEC-1-001.2 registró valores medio a altos de diversidad ($H' = 2,458$ bits/ind, $1-D = 0,905$ probits/ind), además el valor de equidad de Pielou^{ee} fue alto, es decir, la comunidad es homogénea y no presenta especies particularmente dominantes.

Cuadro 3-68 Número de especies, individuos e índices de diversidad del necton

Índice	Época húmeda	Época seca
	S0-112-HB-PEC-1-001.2	S0-112-HB-PEC-1-001.2
	N° de Individuos	
Riqueza específica (S)	6	13
Total de Individuos	42	40
Índice de Margalef (D)	1,338	3,253
Equidad de Pielou (J')	0,353	0,958
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,633	2,458
Índice de Simpson (1-D)	0,260	0,905

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Especies protegidas por la legislación nacional

No se registraron especies categorizadas dentro de la Legislación Nacional.

Especies incluidas en alguna categoría de conservación internacional

No se registraron especies incluidas en listas de conservación internacional (IUCN y CITES).

^{dd} Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú

^{ee} Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú

Especies empleadas por las poblaciones locales

Se sabe que algunos pobladores de zonas cercanas pescan con atarraya y red de espera con fines de consumo humano directo. Sin embargo, las especies colectadas *Laetacara flavilabris*, *Moenkhausia oligolepis* y *Hyphessobrycon loretoensis* no son utilizadas con estos fines.

C. Análisis de metales en tejido muscular de pez

Los metales pesados pueden entrar en los peces por tres posibles vías: a través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante, a través de la ingestión de la comida y, por último, a través de la superficie corporal (Amundsen *et al.*, 1997).

Se tomó como referente la RDE N° 057 2016 SANIPES-DE “Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación”, para comparar los Límites Máximos Permisibles (LMP) de metales pesados en las muestras de peces, donde se contempla al Plomo, Cadmio y Mercurio. En el caso del Cadmio, las muestras de tejido muscular de peces presentaron valores por encima de lo estipulado (valor significativo).

Para el caso del Bario se toma adicionalmente como referencia lo publicado por Paredes y Miglio (2018)^{ff}.

La concentración de metales en el agua superficial contribuye a la acumulación de metales en branquias y riñón de peces. Las branquias se exponen a metales a través del agua ya que están constantemente en contacto directo con ella. Los riñones están expuestos a los metales del agua porque la sangre fluye desde las branquias a la arteria carótida, que aporta sangre al riñón (Farell, 1993). Debido a que la matriz en la que se muestrearon los peces es el agua superficial; se utilizaron los valores estipulados en el D. S. 004-2017 MINAM (Categoría 4) como referencia (Paredes y Miglio, 2018) para los demás elementos (Antimonio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Talio, Zinc y Bario). Luego de la comparación, se observa que solamente el Bario y el Zinc presentaron valores muy por encima de los permitidos (Ver también cuadros 3-35 y 3-36). Se revisó el *Codex Alimentarius* elaborado por la FAO-OMS (1985), y no se encontraron coincidencias aplicables al presente estudio.

Cuadro 3-69 **Valores de metales pesados en peces durante muestreo del sitio S0112 (Sitio 35) respecto a LMP en RDE N°057-2016-SANIPES-DE y el D. S. 004-2017 MINAM**

Metales pesados	Valores en Peces - S0112 (Sitio 35)		LMP en Normativa Nacional	
	Época húmeda	Época seca	RDE-057.2016-SANIPES-DE	DS 004-2017 MINAM
Bario	14,94 mg/kg	15,47 mg/kg		1 mg/kg
Cadmio	0,03	0,16 mg/kg	0,05 mg/kg	0,00025 mg/kg
Cromo	0,34	0,13 mg/kg		0,011 mg/kg
Mercurio	0,0378	0,014 mg/kg	0,5 mg/kg	0,0001 mg/kg
Níquel	0,32	0,17 mg/kg		0,052 mg/kg
Plomo	0,13	0,18 mg/kg	0,3 mg/kg	0,0025 mg/kg
Selenio	0,23	0,45 mg/kg		0,005 mg/kg
Zinc	mayor a 50 mg/kg	mayor a 50 mg/kg		0,12 mg/kg

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

^{ff} Ecological risk assessment of barite (BaSO₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms. *Ecología Aplicada*, 17 (1), 2018

3.8 Delimitación del sitio impactado (técnico y topográfico) y estimación de áreas y volúmenes.

Producto de la interpretación de la información levantada en campo y la simulación del contaminante en el sitio impactado y en su entorno inmediato, se obtuvo la delimitación del área impactada, como se observa en la Figura 3-29.

Se presenta en esta figura el polígono del área impactada, secciones en profundidad con la presencia de fracciones de hidrocarburos (F2 y F3) y un perfil estratigráfico que define, por tipo de suelo y las perforaciones ejecutadas en el sitio, la ubicación de la contaminación asociada a la textura del suelo. Igualmente se presentan los volúmenes y superficies de suelo impactado.

La tabla resumen de volúmenes y superficies contaminadas se presentan en el Cuadro 3-69, por cada contaminante predominante en el sitio.

Cuadro 3-70 Volúmenes y superficies contaminadas por profundidad para el sitio impactado S0112 (Sitio 35)

Integración de resultados F3 (C28 – C40)		
Estimación de Volúmenes Contaminados		
Profundidad (m)	Superficies (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	41 389,23	24 833,53
0,60-2,60	30 749,53	61 499,06
2,60-4,80	5 153,78	11 338,32
4,80-5,70	0,00	0,00
5,70-6,30	0,00	0,00
Total		97 670,91
Integración de resultados F2 (C10 – C28)		
Estimación de Volúmenes Contaminados		
Profundidad (m)	Superficies (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	47 022,36	28 213,42
0,60-2,60	44 742,44	89 484,88
2,60-4,80	34 568,46	76 050,61
4,80-5,70	0,00	0,00
5,70-6,30	3 415,88	2 049,53
Total		195 798,44

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

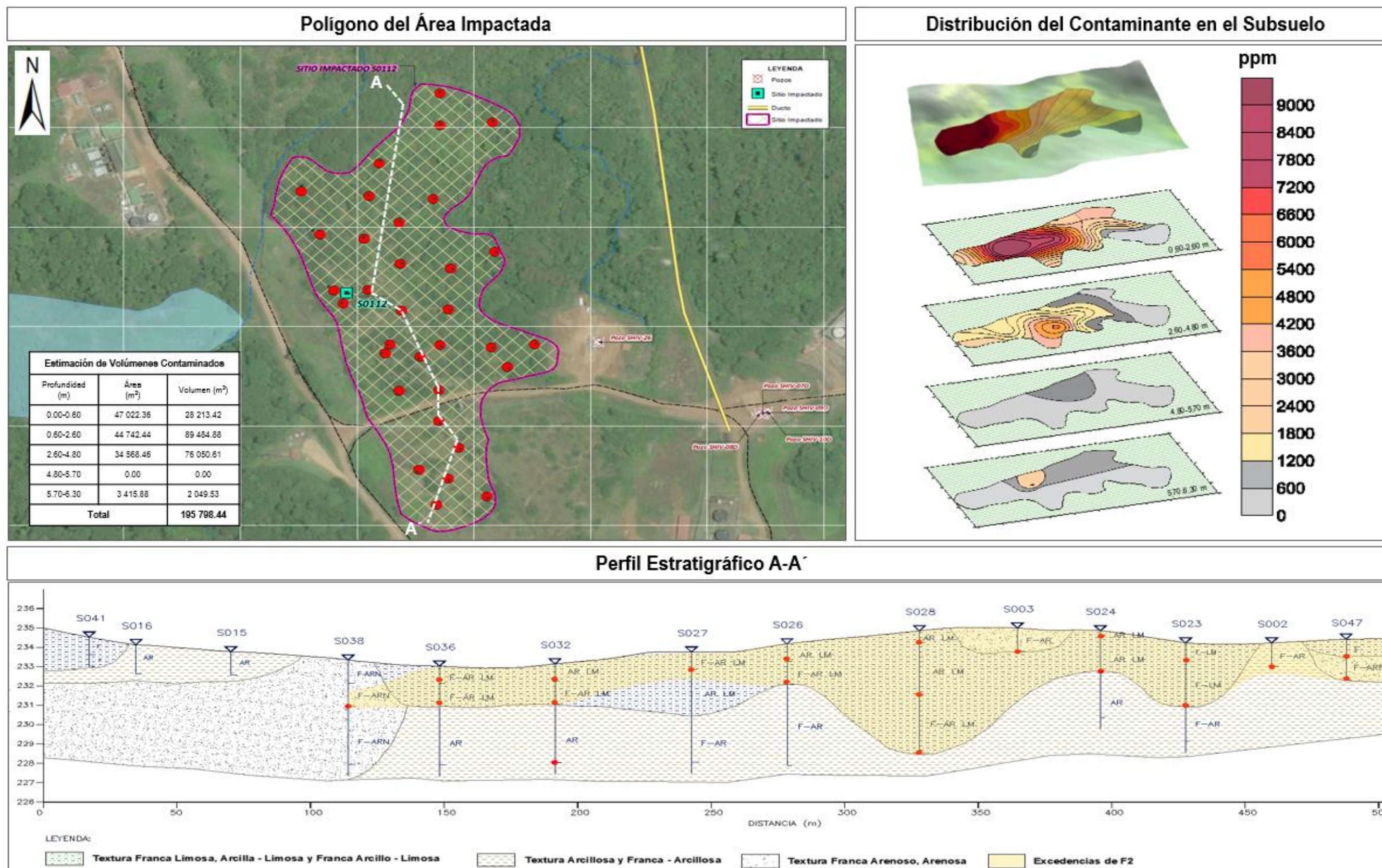
Para el caso de las estimaciones de sedimentos contaminados con metales pesados se calculó un volumen potencial de 117 m³ para el sitio S0112 (Sitio 35). Para este cálculo se tomó la longitud de la quebrada que discurre por el sitio impactado (230 metros) una sección promedio de la quebrada de 0,85 m y una profundidad máxima de 0,6 metros.

La superficie y volumen de suelo impactado no necesariamente implica la cantidad de suelo a remediar. Para el sitio S0112 (Sitio 35) se toma como superficie y volumen contaminado la comprometida por los contaminantes presentes (con mayor ocurrencia/representatividad) en el sitio impactado. Para este caso la predominancia de contaminantes la observan las fracciones de hidrocarburos F2 y F3.

La superficie potencial contaminada compromete casi el 90 % aproximadamente, del área total del sitio impactado en superficie (0-2,6 m), para las fracciones de hidrocarburos F2 y F3 que se encontraron en el sitio. La mancha de contaminación por fracciones de hidrocarburos se reduce a un 70 % en estratos más profundos, en el caso de F2 y a un 10 % (aproximadamente) para la fracción F3.

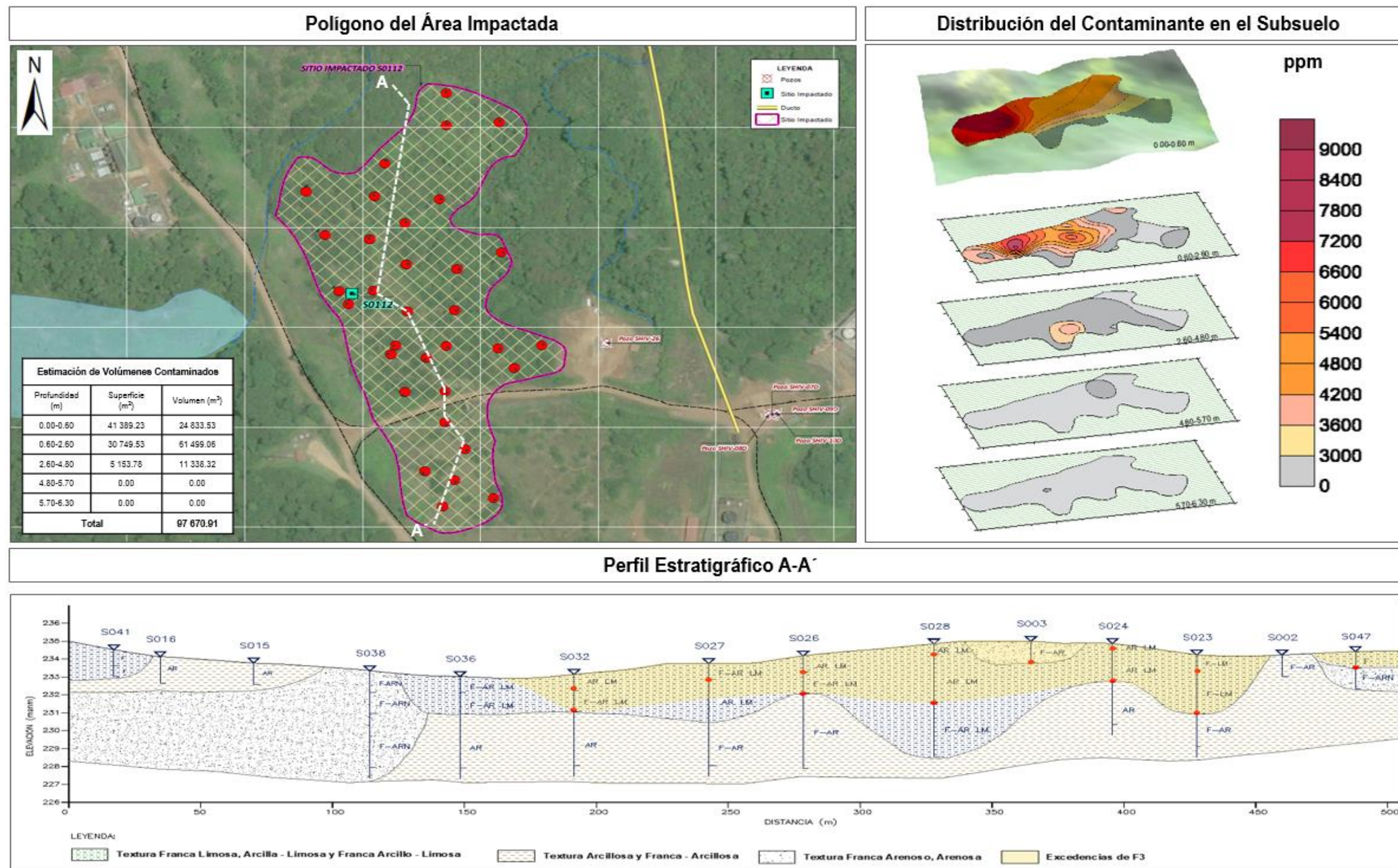
En cuanto al volumen, para las fracciones, el volumen se mantiene más o menos igual en profundidades de 0-0,6 m, para ambas fracciones de hidrocarburos. Sin embargo, incrementa notablemente para ambas fracciones en el estrato de 0,6-2,6 m. Para la fracción F2 se incrementa aún más para el estrato 2,6-4,8 m, mientras que para la fracción F3 se reduce notablemente la ocurrencia de y de 0,6-1,20 m.

Figura 3-29 Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F2



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 3-30 Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F3



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.9 Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:

El MCI inicial es una representación gráfica o esquemática del escenario actual del sitio donde se consideran las relaciones existentes entre las fuentes de contaminación y los receptores sensibles potencialmente expuestos a la misma. Específicamente el MCI incluye:

- Fuente de los contaminantes críticos seleccionados.
- Receptores de la contaminación.
- Rutas de exposición (mecanismos de transporte).
- Vías de exposición.
- Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro y su posible migración fuera de los límites del sitio de estudio.
- Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.
- Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

Para el sitio impactado S0112 (Sitio 35) se evidencian derrames recurrentes, el último y más importante desde el pozo SHIV-26, cercano al campamento Shiviayacu. Esta área actualmente se encuentra en operaciones, posee un relieve plano y está cercano a la carretera de acceso al pozo SHIV-26, limita al noreste con una estructura de concreto (tipo tanque) que parece una antigua fosa API y con el cauce de una quebrada.

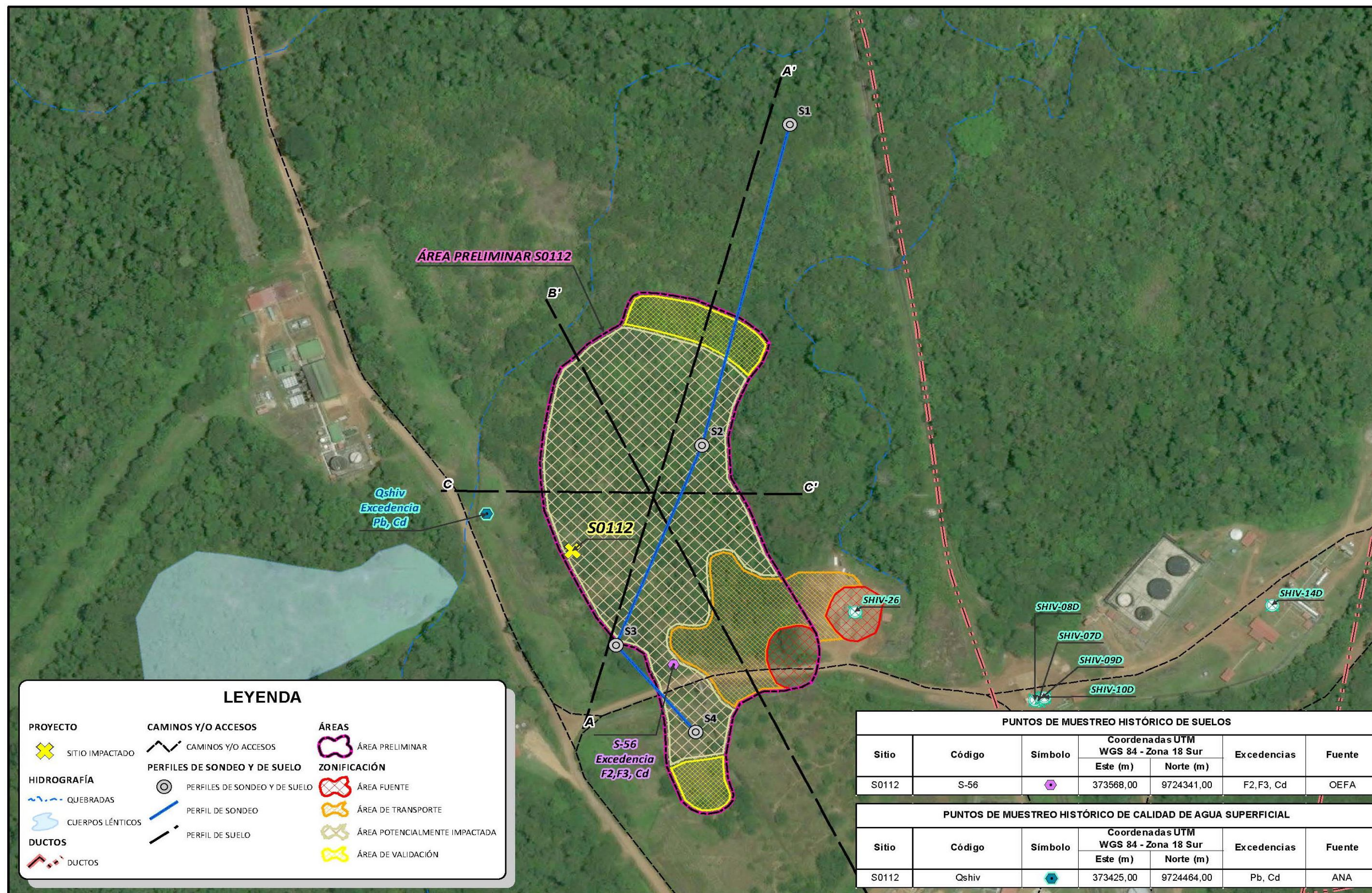
El material se encuentra enterrado en pequeños montículos de tierra removida con maquinaria pesada. El sitio no sufre grandes cambios por la temporalidad de las lluvias. Se observó un potencial ruta de exposición, al evidenciarse recolección de frutos en el entorno del sitio.

De acuerdo con información recabada en campo el Programa Ambiental Complementario realizó actividades en el sitio con el cubrimiento del hidrocarburo (hace unos 5 años).

De acuerdo con la información obtenida en campo, durante la visita de reconocimiento, la contaminación proviene de derrames del pozo SHIV-26 y se comunica esta área con una cocha que se encuentra también potencialmente afectada, de acuerdo con lo que manifiestan los monitores ambientales. Adicionalmente indican que hubo la actuación del personal de la operadora rociando el hidrocarburo con dispersantes o surfactantes en la cocha.

Por lo indicado en párrafos anteriores se delimitó la concentración del contaminante de acuerdo con el polígono que se observa en la Figura 3-31.

Figura 3-31 Área potencial de interés (API) de acuerdo con el MCI

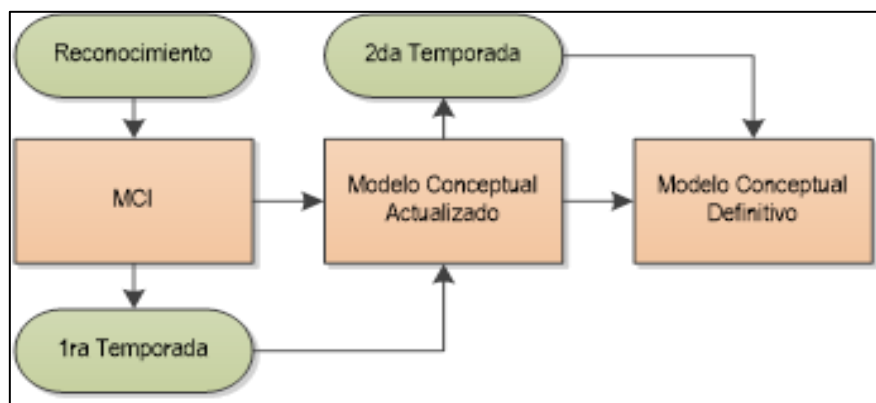


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El API de acuerdo con el MCI, como primera fase que se sustentó en la información levantada durante la salida de reconocimiento.

En la Figura 3-32 se muestra un flujograma de la evolución del modelo conceptual (MC).

Figura 3-32 Proceso del modelo conceptual



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Durante la investigación se realizaron sondeos en campo cubriendo toda el área en investigación. Se generaron incertidumbres acerca de la potencial extensión del área afectada al oeste y sur del polígono, puesto que los puntos que bordean el mismo evidenciaron niveles de contaminación que excedían los estándares de calidad para suelos.

Para la segunda temporada de muestreo se desarrolló el modelo conceptual actualizado tomando en cuenta los resultados analíticos de la primera temporada, para la ubicación de los puntos confirmatorios de suelo que posteriormente será insumo para la definición del polígono definitivo, también se plantearon puntos de agua superficial y sedimentos (para confirmar la dinámica de la contaminación en estos medios) y puntos en el entorno de los pozos de agua subterránea, (para verificar si los valores de metales conseguidos en la primera temporada eran propios del suelo natural).

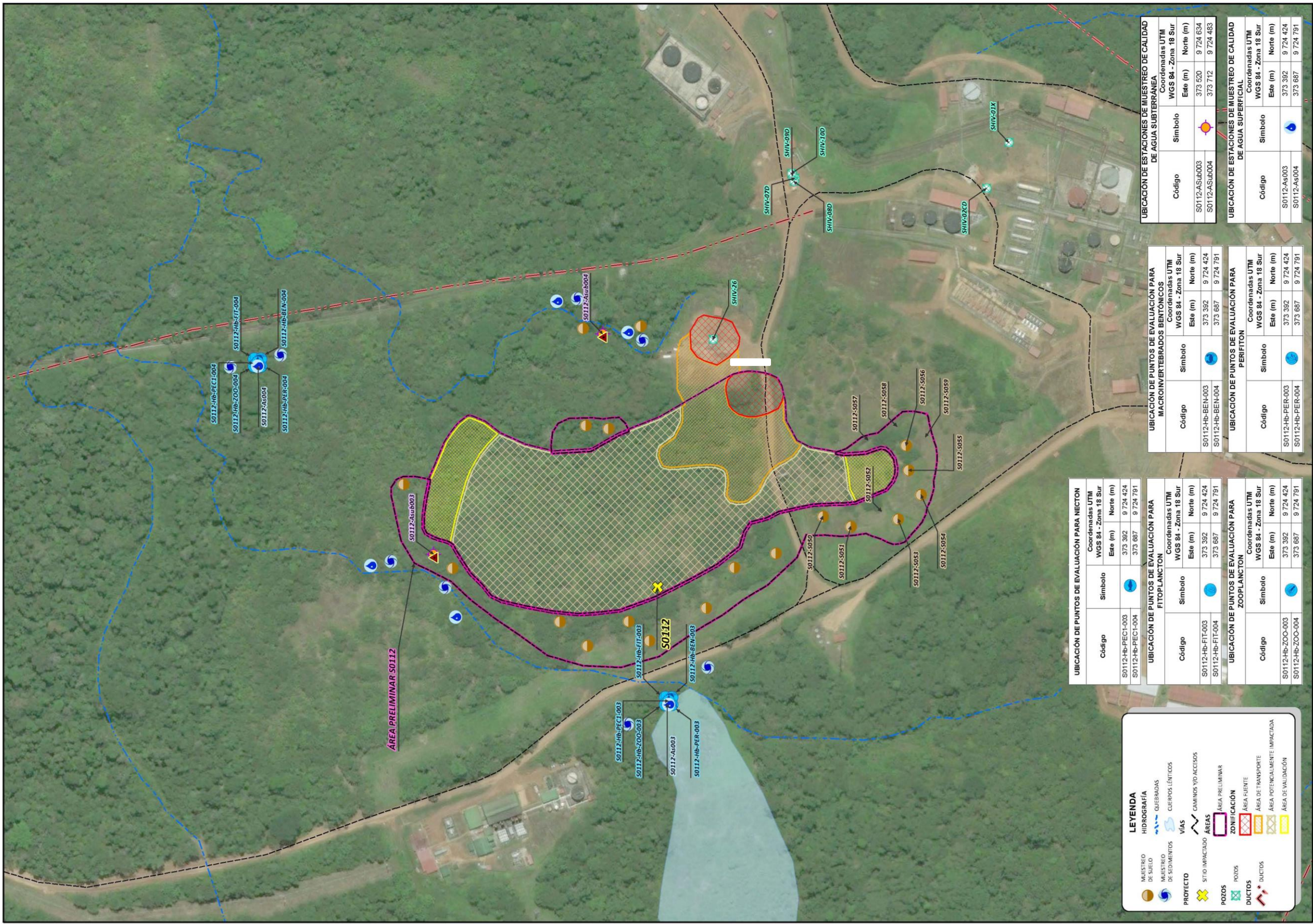
Premisas para la actualización del modelo conceptual

La actualización del MCI se realiza con base en los resultados obtenidos de la primera temporada, esto implicó una ampliación del MCI presentado inicialmente. Se aplicó un ajuste en el modelo conceptual de sitios impactados de acuerdo con las siguientes premisas:

- Excedencias en valores de ECA de suelos (estándar para suelo agrícola) en los parámetros: metales pesados e hidrocarburos totales de petróleo (TPH).
- Se requiera la confirmación del modelo en sitios con excedencias en sectores que pudieran presentar incertidumbres en la dinámica de movilización o transporte de contaminantes.
- Excedencia en los estándares de calidad para sedimentos (bajo los estándares de la norma canadiense).
- Excedencias en los estándares de calidad para aguas subterráneas (bajo los estándares de la norma de Alberta-Canadá).

De acuerdo con lo indicado se generó un segundo polígono que delimita el área en investigación esto se puede observar en la Figura 3-33.

Figura 3-33 Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

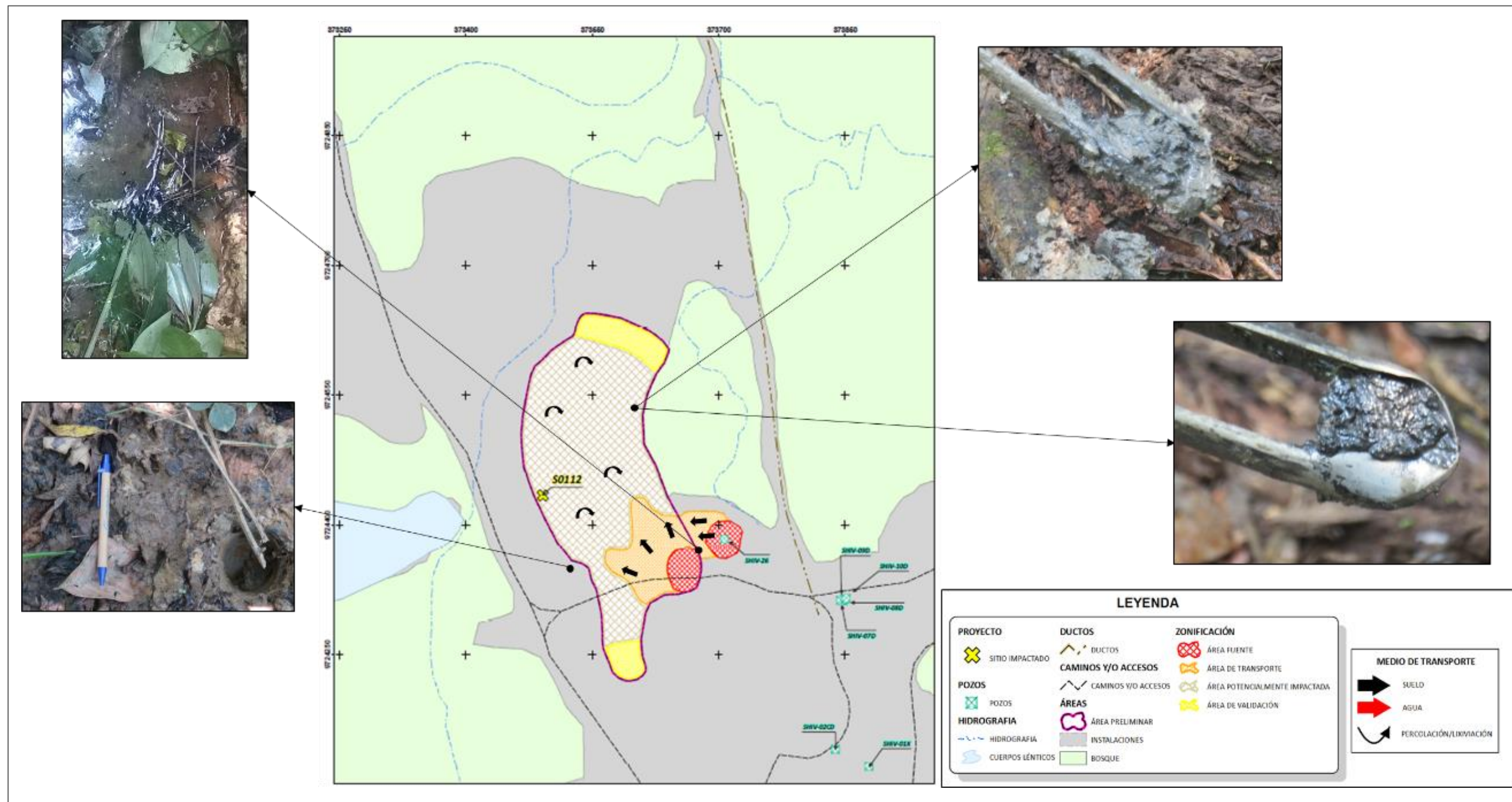
3.9.1 Fuentes de los contaminantes.

La fuente primaria es la operación petrolera, liberada por derrame del pozo SHIV-26 hace más de 15 años durante las operaciones de Pluspetrol. Otras potenciales fuentes de contaminación pueden ser revisadas en el punto 3.3 de este documento.

3.9.2 Potenciales receptores de la contaminación.

Los principales receptores son el suelo, la vegetación de bosque secundario (área muy intervenida), fauna asociada a este ecosistema y posibles receptores humanos. Lo indicado se ilustra en la Figura 3-34 que modela el comportamiento/dinámica del contaminante en el sitio impactado, simulando la potencial dirección del flujo del contaminante en suelo, además del posible proceso de percolación o lixiviación.

Figura 3-34 Mapa sinóptico



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.9.3 Potenciales rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte).

Al analizar los resultados obtenidos en cada uno de los componentes evaluados (Flora, fauna, hidrobiología, agua superficial, agua subterránea, suelo y sedimentos), podemos visualizar de manera concreta y objetiva el estatus de cada uno de los sitios evaluados, y lograr concluir si se logran completar vías de exposición, desde la fuente de contaminación hasta el receptor o receptores finales, en este caso, las poblaciones humanas, con los riesgos que representan, de acuerdo a los usos específicos potenciales de flora, fauna terrestre y peces en cada uno de los sitios evaluados. De acuerdo con esta premisa, se concluye que las potenciales rutas de exposición serían la flora y fauna contaminadas, que de manera incidental podrían ser recolectadas o cazadas para uso humano.

Cuadro 3-71 Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre y peces por parte de las poblaciones locales

Componente	Tipos de uso local
Flora	Alimento
	Ornamento, adorno
	Vestimenta
	Construcción
	Pinturas
	Medicinal
Fauna	Alimento
	Medicinal
	Ornamento, adorno
	Mascotas
	Carnada
Peces	Alimento
	Ornamento, adorno

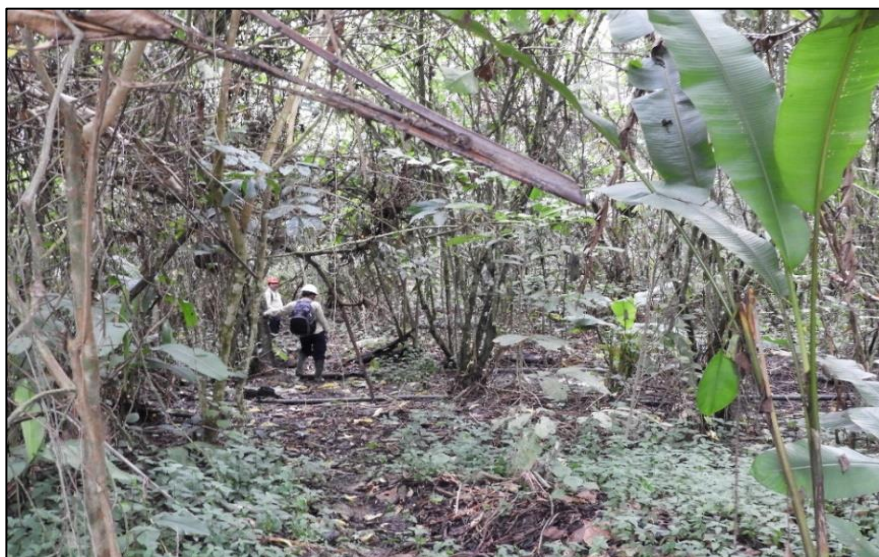
Flora. Se pudo observar las formaciones Bosque de colinas bajas (Bcb) y Áreas de no bosque amazónico (Ano-bo), y el área impactada representa un 70 % del área total del sitio. Aunque no se registra actividad cinegética, si se pudo registrar actividad de recolección de frutos junto a ciertas especies sembradas en zonas de “purma”, tales como *Citrus limón* “Limón”, *Inga edulis* “Guaba”, *Mauritia flexuosa* “Aguaje” y *Theobroma cacao* “Cacao”, actividad evidenciada por restos de cáscaras, semillas y también entrevistas no estructuradas a los apoyos locales. Este hecho podría dar lugar a escenarios de exposición de contaminantes por medio de los frutos recolectados por poblaciones humanas.

Fauna. Es en la formación Ano-bo donde se pudo evidenciar fauna terrestre representativa, entre las que podemos destacar a roedores grandes como *Cuniculus paca* “Majaz” y *Pecari tajacu* “Sajino”. Estas especies son habitualmente cazadas por pobladores locales; sin embargo, se obtuvo información que en este sitio no se realizan actividades cinegéticas, por lo que la probabilidad de exposición a contaminantes es muy baja.

Necton. Las altas concentraciones para Bario en las muestras de tejido muscular de pez en todas las estaciones colectadas, así como la concentración de cadmio podría deberse a la presencia de estos metales en el sedimento y agua de los cuerpos de agua evaluados, ya sea de forma natural o por pasivos ambientales debido a los derrames de hidrocarburos en años anteriores a la presente evaluación.

Por otro lado, el sitio evaluado colinda con dos quebradas, al este con una quebrada estacional y al oeste con una quebrada permanente, estas pudieran representar una ruta de migración de contaminantes o de exposición a contaminantes, a diferentes receptores que pueden ir desde la fauna nectónica, hasta la terrestre, como a las comunidades. No obstante, las concentraciones y ocurrencia de contaminantes son extremadamente bajas lo que dificulta esta posibilidad de migración.

Fotografía 3-17 Áreas de no bosque amazónico en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fotografía 3-18 Evidencia de recolección de frutos en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Poco probable, casi nula la exposición a seres humanos.

3.9.4 Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.

La migración puede ser a través del suelo superficial y por una potencial infiltración al nivel freático especialmente en zonas bajas donde se estima un mayor tiempo de exposición al contaminante. Los cuerpos de agua superficiales son estacionales, por lo que se presume que los contaminantes difícilmente se movilicen a ríos u otros cuerpos de agua superficiales.

De acuerdo con los resultados de los ensayos de tomografía eléctrica el movimiento de los metales pesados a través de las diferentes litologías producido por el flujo de agua subterránea en dirección sur a norte, la distancia horizontal de recorrido estará definida por el tipo de metal presente. En caso de ocurrir (de acuerdo con los resultados de laboratorio), se estima que el movimiento potencial vertical de los metales pesados sea como máximo hasta los 12 metros de profundidad, según los resultados de la tomografía eléctrica está presente arcillas más compactas y actúa como material impermeable. Los hidrocarburos presentes como elementos contaminantes en el S0112 (Sitio 35) se encuentran meteorizados y deben representar las fracciones más recalcitrantes lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través del subsuelo, incluso también en superficie

3.9.5 Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

Se puede mencionar de manera general, como factores que modifican el efecto de contaminantes sobre los receptores:

- **Factores que dependen del medio ambiente (exógenos o físicos)**
 - Topografía (relieve).
 - Condiciones climáticas y meteorológicas.
 - Textura, humedad y permeabilidad de los suelos.
 - Profundidad del nivel freático, distancia a cuerpos de agua superficial.
 - pH, oxígeno disuelto, dureza, potencial óxido-reducción, contenido de materia orgánica.
- **Factores propios del individuo (endógenos o biológicos)**
 - Edad, la cual influye en los factores toxicocinéticos y en las poblaciones susceptibles (ejemplo, los niños presentan tasas metabólicas más altas cuyos órganos vitales y sistemas se encuentran en desarrollo).
 - Genética particular del individuo.
 - Enfermedades (insuficiencia hepática, insuficiencia renal).
 - Otras condiciones particulares (fatiga, embarazo, lactancia).
 - Situación psicosocial (estilos de vida, actividades, alimentación, rutinas entre otros).

3.9.6 Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados.

Otros factores que modifican el efecto de los contaminantes sobre los receptores pudieran ser:

- Una potencial interconexión entre sitios impactados cercanos.
- Servicios básicos ineficientes (tratamientos de agua de desagüe, vertederos) en las comunidades nativas contribuyen a la degradación de cuerpos de agua (superficiales y subterráneos).
- Una deforestación no controlada.

3.9.7 Resultados de campo.

En el siguiente cuadros se muestran exclusivamente los resultados de los análisis de laboratorio que exceden la norma de calidad de suelo para el Perú.

Cuadro 3-72 Resultados del análisis de suelos - sitio S0112 (Sitio 35)

Sitio	Época	Código de Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Fecha de muestreo	Parámetros							
					Bario Total	Cadmio Total	Plomo Total	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno
Unidades					mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM) – Uso de Suelos Agrícola					750	1,4	70	1200	3000	0,1	0,1	0,03
S0112 (Sitio 35)	Húmeda	S0112-S001-1,20	1,20	30/05/2018	130,2	0,0506	12,7	7703,0	3743	-	-	-
		S0112-S002-1,20	1,20	30/05/2018	121	0,1227	31,8	3819,0	2007	0,005	2,59	0,17
		S0112-S003-1,20	1,20	30/05/2018	228,5	0,1749	30,5	6454,0	3198	-	-	-
		S0112-S007-1,20	1,20	30/05/2018	223,4	0,2921	20,8	4665,0	2350	-	-	-
		S0112-S008-1,20	1,20	29/05/2018	203,8	0,2996	24,6	7816,0	3811	0,005	0,003	-
		S0112-S009-1,20	1,20	29/05/2018	257,1	0,2084	105	9858,0	3852	0,005	3,51	-
		S0112-S010-1,20	1,20	29/05/2018	142,2	0,3013	23,9	10474,0	4390	-	-	-
		S0112-S011-1,20	1,20	29/05/2018	238,7	0,3360	32,7	7271,0	3132	-	-	-
		S0112-S012-1,20	1,20	29/05/2018	210,9	0,4242	19,8	1718,0	715	0,005	0,058	0,01
		S0112-S017-0,90	0,90	29/05/2018	187,3	0,2404	83,2	1824,0	1014	0,005	0,003	-
		S0112-S018-1,20	1,20	29/05/2018	153,6	0,2899	112	1227,0	773	-	-	-
		S0112-S019-1,20	1,20	30/05/2018	156,3	0,1860	25,9	2634,0	1595	-	-	-
		S0112-S021-1,20	1,20	30/05/2018	2344	2,9214	199	147,0	48	0,005	0,003	-
		S0112-S022-0,60	0,60	30/05/2018	667	0,2710	30,7	68,90	42,2	0,005	0,003	-
		S0112-S023-0,60	0,90	19/06/2018	99,36	0,0812	17	5050,0	4296	-	-	-
		S0112-S023-3,30	3,30	19/06/2018	78,72	0,1054	17	3700,0	3109	-	-	-
		S0112-S024-0,30	0,30	19/06/2018	106	0,0769	18,3	10368,0	8839	-	-	-
		S0112-S024-2,10	2,10	19/06/2018	129,3	0,0819	19,4	13237,0	10031	-	-	-
		S0112-S025-0,60	0,60	18/06/2018	274	0,3461	18,6	4350,0	4012	-	-	-
		S0112-S025-4,50	4,50	18/06/2018	312,1	0,1901	24,2	6830,0	5106	0,005	2,09	0,08
		S0112-S026-0,90	0,90	15/06/2018	266	0,2323	21	11315,0	7325	-	-	-
		S0112-S026-2,10	2,10	15/06/2018	256,1	0,2956	22,8	10228,0	6295	-	-	-
		S0112-S027-0,90	0,90	15/06/2018	218,3	0,3441	29,2	6185,0	4196	0,005	0,104	0,01
		S0112-S028-0,60	0,60	16/06/2018	113,5	0,1802	20,4	8389,0	5476	-	-	-
		S0112-S028-3,30	3,30	16/06/2018	168,4	0,2242	22,7	4562,0	3046	-	-	-
		S0112-S028-6,30	6,30	16/06/2018	96,36	0,0008	13,8	4727,0	2525	-	-	-
		S0112-S029-0,60	0,60	12/06/2018	195,4	0,1661	13,8	2167,0	3940	-	-	-
		S0112-S029-1,80	1,80	12/06/2018	186,5	0,1429	13,6	5348,0	4759	0,005	0,003	0,01
		S0112-S030-0,90	0,90	14/06/2018	214,1	0,3162	13,6	5532,0	4416	-	-	-
		S0112-S030-3,30	3,30	14/06/2018	173,3	0,2204	12,9	4242,0	3260	-	-	-
		S0112-S030-4,50	4,50	14/06/2018	211,3	0,1824	12,9	1391,0	1182	-	-	-

Cuadro 3-72 Resultados del análisis de suelos - sitio S0112 (Sitio 35)

Sitio	Época	Código de Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Fecha de muestreo	Parámetros							
					Bario Total	Cadmio Total	Plomo Total	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno
Unidades					mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM) – Uso de Suelos Agrícola					750	1,4	70	1200	3000	0,1	0,1	0,03
		S0112-S031-0,60	0,60	18/06/2018	166,7	0,2066	19,4	1542,0	1894	-	-	-
		S0112-S031-2,10	2,10	18/06/2018	161,9	0,1521	23,3	2682,0	1895	0,061	0,005	-
		S0112-S032-0,90	0,90	14/06/2018	188,3	0,2858	12,6	4962,0	4035	-	-	-
		S0112-S032-2,10	2,10	14/06/2018	205,2	0,3104	13	4459,0	3542	0,005	0,003	0,01
		S0112-S032-5,10	5,10	14/06/2018	60,75	0,0008	10,9	1241,0	1216	-	-	-
		S0112-S033-0,90	0,90	14/06/2018	205,3	0,2833	12,5	4100,0	3654	-	-	-
		S0112-S035-1,50	1,50	12/06/2018	80,96	0,0707	11,2	5	5	0,005	0,003	-
		S0112-S035-4,50	4,50	12/06/2018	88,96	0,0008	12,2	2074,0	2665	0,005	0,003	-
	Seca	S0112-S036-0,90	0,90	13/06/2018	215,4	0,3065	12	1885,0	1507	-	-	-
		S0112-S036-2,10	2,10	13/06/2018	154,7	0,2532	12,1	2263,0	1737	0,005	0,003	-
		S0112-S037-0,90	0,90	12/06/2018	122,1	0,1648	15	94,50	116	0,005	0,003	0,01
		S0112-S037-2,10	2,10	12/06/2018	94,1	0,0008	22,9	748,0	949	0,005	0,019	-
		S0112-S038-2,40	2,40	04/06/2018	122,7	0,1531	12,8	4426,0	2967	-	-	-
		S0112-S040-1,50	1,50	2/09/2018	511,7	0,0900	17,2	5	5	0,005	0,003	0,01
		S0112-S042-1,20	1,50	2/09/2018	195,1	0,2400	21,5	4497,0	4121	0,005	0,003	0,01
		S0112-S042-2,10	2,10	2/09/2018	148	0,1600	18,8	2933,0	2807	-	-	-
		S0112-S043-0,90	0,90	3/09/2018	250,6	0,3000	18	5614,0	5259	-	-	-
		S0112-S043-2,00	2,00	3/09/2018	170,8	0,3400	16,3	1665,0	1413	-	-	-
		S0112-S044-0,60	0,60	3/09/2018	108,3	0,1300	19,9	5846,0	5132	-	-	-
		S0112-S044-1,50	1,50	3/09/2018	108,5	0,1600	18,7	7662,0	5667	-	-	-
		S0112-S045-0,60	0,60	3/09/2018	134,3	0,2100	19,5	6578,0	5098	-	-	-
		S0112-S045-1,50	1,50	3/09/2018	136,6	0,1800	19,7	9525,0	7119	-	-	-
		S0112-S046-0,60	0,60	3/09/2018	120,8	0,1600	17,5	11822,0	7564	-	-	-
		S0112-S046-1,80	1,80	3/09/2018	98,3	0,0800	15,4	6145,0	4354	-	-	-
		S0112-S047-0,90	0,90	3/09/2018	108,4	0,0500	41,9	4644,0	3135	-	-	-
		S0112-S047-2,10	2,10	3/09/2018	123,5	0,1400	14,9	2411,0	1931	-	-	-

Leyenda:

No excede la normativa nacional
Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-73 Resultados del análisis de peces - sitio S0112 (Sitio 35)

Época	Sitio	Código de muestra	Parámetro	
			Cadmio Total	Bario Total *
Unidades			mg/kg	mg/kg
Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE (*)			0,05	0.7 - 1
Húmeda	S0112 (Sitio 35)	S0112-HB-PEC1-002	0,0359	14.94
Seca		S0112-HB-PEC1-002	0,1614	15.47

* Organismo Nacional de Sanidad Pesquera.

Leyenda:

No excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE
Excede la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE
* Ecological risk assessment of barite (BaSO ₄) using ecotoxicological tests with twelve organisms, Christian Paredes y María Cristina Miglio. Ecología Aplicada, 17(1), 2018

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-74 Resultados del análisis de las muestras de sedimentos - sitio S0112 (Sitio 35)

Época	Sitio	Código de Muestra	Parámetros							
			Arsénico Total	Cobre Total	Cromo Total	Mercurio Total	Benzo (a) antraceno	Fenantreno	Fluoreno	Naftaleno
Unidades			mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Canadian Sediment Quality guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canada ISQG Agua dulce)			5,90	35,70	37,30	0,17	0,0317	0,0419	0,0212	0,0346
Húmeda	S0112 (Sitio 35)	S0112-Sed001	1,09	40	17,4	0,01	-	-	-	-
		S0112-Sed002	7,99	27	23,3	0,01	0,005	0,005	0,005	0,003
Seca	S0112 (Sitio 35)	S0112-Sed001	6,56	31	39,2	0,07	0,005	0,021	0,005	0,003
		S0112-Sed001a	4,11	32	47,7	0,053	0,005	0,005	0,005	0,018
		S0112-Sed001b	5,38	35	67,3	0,072	0,21	0,005	0,005	0,003
		S0112-Sed002	15,1	27	22,9	0,01	0,005	0,005	0,005	0,003
		S0112-Sed002a	10,4	24	31,8	0,249	0,005	0,005	0,005	0,003
		S0112-Sed002b	9,86	23	20,4	0,069	0,005	0,005	0,005	0,003
		S0112-Sed003	8,05	24	29,2	0,01	0,005	0,005	0,005	0,003
		S0112-Sed004	6,2	22	31,1	0,01	0,005	0,005	0,005	0,003
		S0112-Sed005	5,43	26	21,8	0,214	0,005	0,361	0,086	0,071
		S0112-Sed006	9,59	23	20,2	0,064	0,024	0,005	0,005	0,053

Leyenda:

No excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
Excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-75 Resultados del análisis de las muestras de agua subterránea – sitio S0112 (Sitio 35)

Época	Sitio	Código de muestra	Parámetros										
			Oxígeno Disuelto In Situ Medido MA	pH In Situ Medido MA	Fósforo Total	Cloruros	Aluminio Total	Arsénico Total	Hierro Total	Manganeso Total	Mercurio Total	Selenio Total	Zinc Total
Unidades			mg/L O2	Unidades de pH	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines)			≥ 5	6,5 - 9,0	0,05	100,00	0,01	0,005	0,30	0,050	0,000005	0,001	0,03
Húmeda	S0112 (Sitio 35)	S0112-ASub001	4,27	5,25	0,035	697	4,15	0,00257	33	4,3557	<0,00007	0,00021	0,075
		S0112-ASub002	7,14	7,72	0,173	56	0,303	0,00272	0,1	0,04084	<0,00007	0,00070	0,025
Seca		S0112-ASub001	1,86	6,31	0,031	38	1,67	0,00541	16	1,6292	0,00012	0,00063	0,026
		S0112-ASub002	1,74	7,12	0,209	55	0,851	0,00389	0,36	0,11183	<0,00007	0,00137	0,05

Leyenda:

No excede la normativa nacional e internacional
Excede el ECA-Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)
Excede Alberta Tier I (Groundwater) Remediation Guidelines

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 3-76 Resultados del análisis de las muestras de agua superficial – sitio S0112 (Sitio 35)

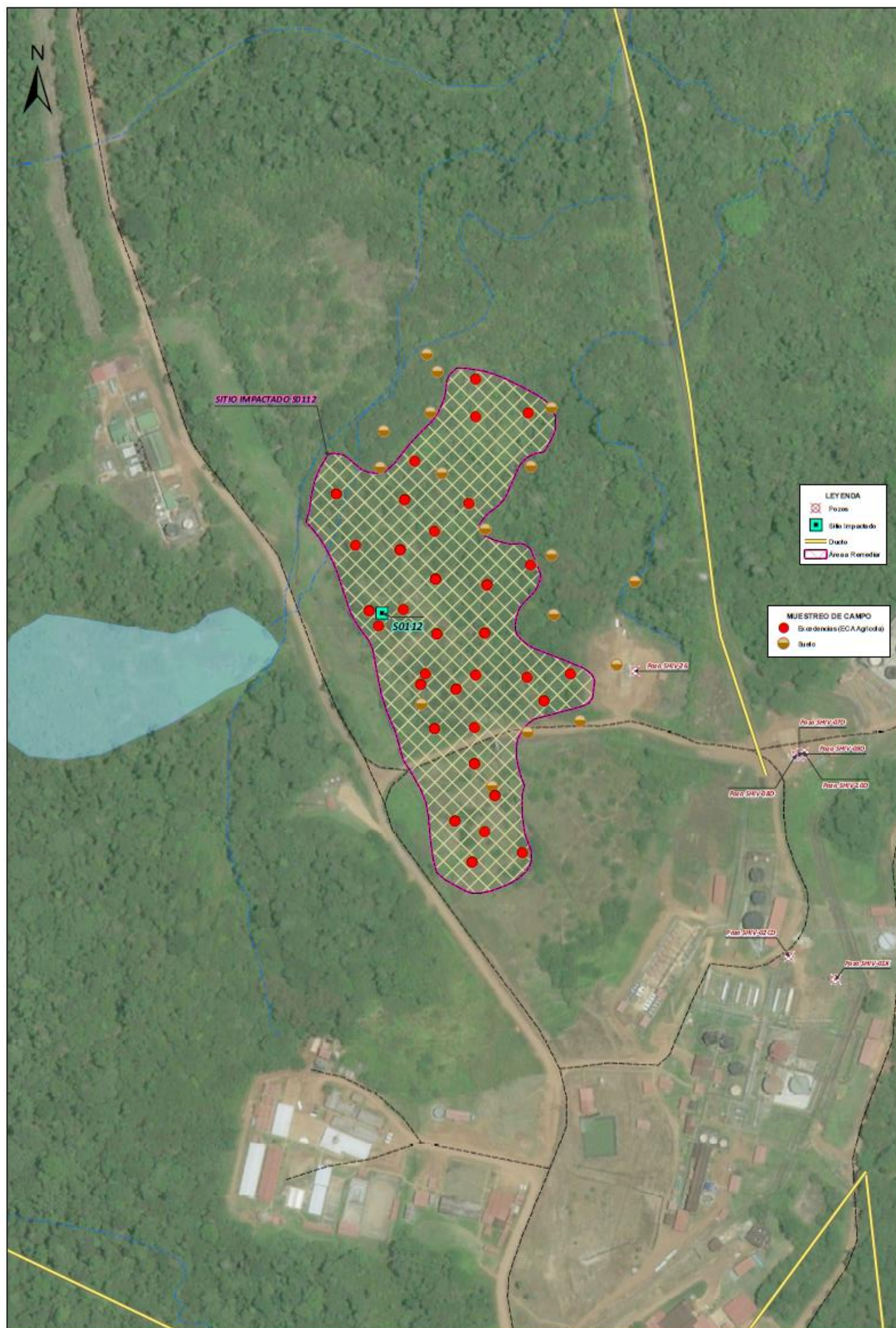
Época	Sitio	Código de Muestra	Fecha de Muestreo	Parámetros		
				Oxígeno Disuelto In Situ Medido MA	pH In Situ Medido MA	Fósforo Total
Unidades				mg/L	mg/L	mg/L
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2				≥ 5	6,5 - 9,0	0,05
Húmeda	S0112 (Sitio 35)	S0112-As001	31/05/2018	2,09	6,71	0,045
		S0112-As002	31/05/2018	6,97	3,51	0,018
Seca		S0112-As001	1/09/2018	0,53	6,6	0,057
		S0112-As005	2/09/2018	4,7	7,5	0,052

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

3.10 Interpretación de los resultados.

De acuerdo con la evolución y cambios del modelo conceptual para el sitio S0112 (Sitio 35), producto de la interpretación de los resultados de laboratorio y del análisis integrado de estos con el entorno natural y modificado del sitio, se delimitó el área impactada como se puede apreciar en la Figura 3-35.

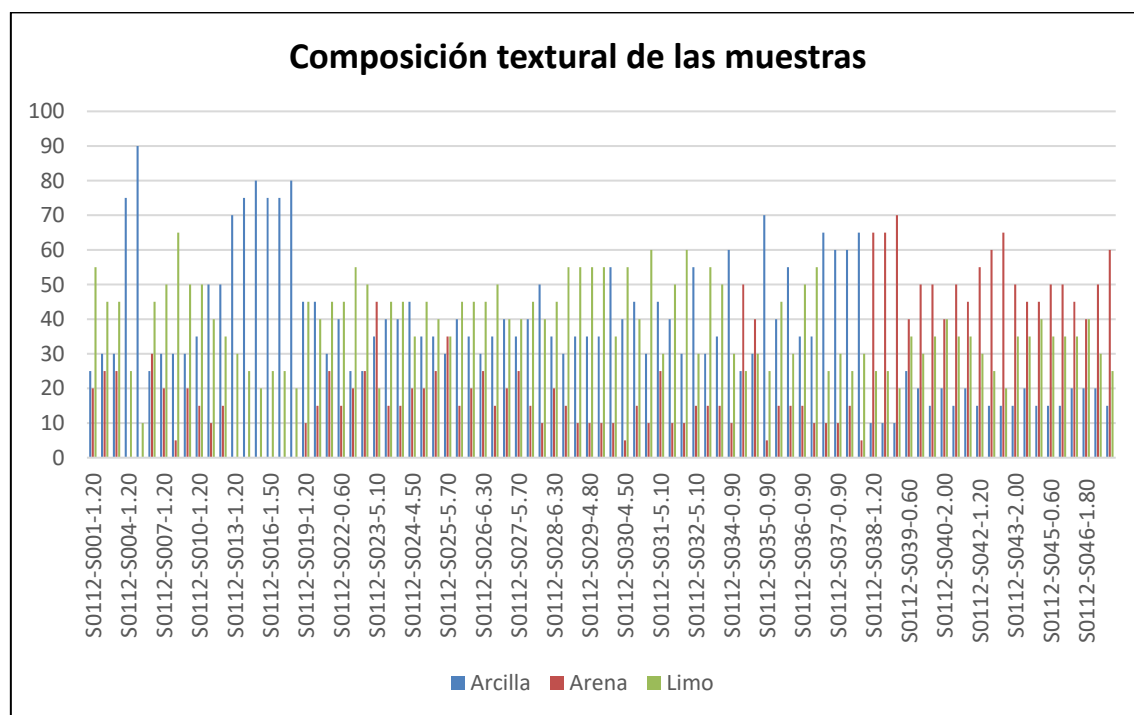
Figura 3-35 Sitio impactado S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El sitio se caracteriza por presentar una textura de suelos que va de franco al franco-arcilloso, en los primeros 1,5 metros (aproximadamente), pasando por texturas franco-arenosas en un intervalo aproximado de profundidad entre 2-2,5 metros y textura arcillosa (en algunos casos franco-arcillosa) en profundidades mayores a los 2,5 metros. De acuerdo con los resultados de la tomografía eléctrica, las arcillas impermeables se localizan a unos 12 metros de profundidad. La interpretación de la geofísica, acompañado de los resultados de campo y laboratorio, así como la interpretación del entorno, permite inferir una dinámica de hidrogeológica, para la napa freática, en sentido sur norte y que se localiza entre los 0 y los 12 metros de profundidad.

Figura 3-36 Composición textural



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La potencial migración de contaminantes se pudiera manifestar verticalmente en este horizonte de suelos de 12 metros y horizontalmente en dirección sur-norte.

Para el gradiente hídrico se requiere una red de piezométrica que permitiría definir un mejor resultado del comportamiento hidráulico, en el caso del sitio S0112 (Sitio 35) se dispone solo dos pozos (piezómetros) para la toma de muestras de calidad de agua subterránea, con nivel piezométrico medido, por lo cual se estimara de manera referencial la velocidad real del agua subterránea, cuyos datos son los siguientes:

Pozo	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Cota (m)	Prof. Nivel (m)	Nivel piezométrico (m)
Pz 1	373 520	9 724 634	228	1,83	226,17
Pz 2	373 712	9 724 483	226	1,10	224,90

De estos datos se deduce que los pozos están separados 244 m y sus diferencias de nivel piezométrico son 1,27 m.

Considerando que la dirección del flujo fuera de P₂₂ a P₂₁ el gradiente vendrá dado por:

$$I = 1,27/244 = 0,005$$

La estimación de la velocidad real del agua subterránea vendrá dada por:

$$V_R = \frac{k_e i}{m_e} = \frac{10^{-3} \cdot 0,005}{0,05} = 10^{-4} \text{ m/d}$$

Es decir, el resultado obtenido es de 0,0001 m/día, o lo que es lo mismo 0,04 m en un año.

Estos valores ponen de manifiesto que el agua subterránea, se mueve muy lentamente y el flujo de agua subterráneo pudiera incluso considerarse despreciable, que en realidad no hay flujo de agua subterránea. Los limos, arcillas y limos arcillosos tienen una permeabilidad tan baja que en realidad se pueden considerar como impermeables a los efectos de transmisión del agua y más aún de un producto petrolífero de viscosidad mayor.

Amén de la hipótesis que pudiera hacerse sobre la migración potencial de contaminantes en el sitio S0112 (Sitio 35), es importante recalcar que los eventos que dieron origen a esta área impactada tienen una data mayor a 10 años (de acuerdo con la información bibliográfica y a la información obtenida del monitor ambiental "local"). Por otro lado, existen evidencias de una intervención con fines de remediación en el sitio a través el Programa Ambiental Complementario (PAC) con al menos 10 o más años de ejecución. Consistió en el cubrimiento del suelo con tierra no contaminada con el objeto de reducir la concentración de los contaminantes.

Lo anterior permite establecer hipótesis de trabajo más ajustadas a la realidad de contaminación del sitio. Las facilidades operativas localizadas en el entorno son oleoductos, pozos operativos (SHIV-26, operativo para la inyección de aguas de producción) y antiguamente unas fosas de producción o de contención, de lo cual no se tiene total certeza.

Desde el punto de vista hidrodinámico la conceptualización del sitio S0112 (Sitio 35) nos permite inferir una nula o inexistente movilización del contaminante predominante, en este caso las fracciones F2 y F3 de hidrocarburos, por su condición meteorizada y recalcitrante. Los metales presentes en el suelo son puntuales y aislados y su presencia pudiera deberse a dos hipótesis: (1) derrames más o menos recientes de agua producida del pozo de reinyección SHIV-26; (2) solubilización de metales contenidos (adsorbidos) en la matriz de suelo.

No obstante, la ocurrencia de metales pesados en el suelo del sitio impactado es poco relevante, más no ocurre así para los sedimentos.

Para el sitio impactado S0112 (Sitio 35) los resultados analíticos en sedimentos arrojaron presencia de metales (As, Cr y Hg) en ambas épocas (húmeda y seca) y de HAPs (Benzoantraceno, fluoreno, naftaleno y fenantreno). Estos últimos tienen, de acuerdo con la bibliografía⁹⁹, una tasa de degradación media inferior al año, lo cual permite inferir que su origen es distinto al del sitio impactado.

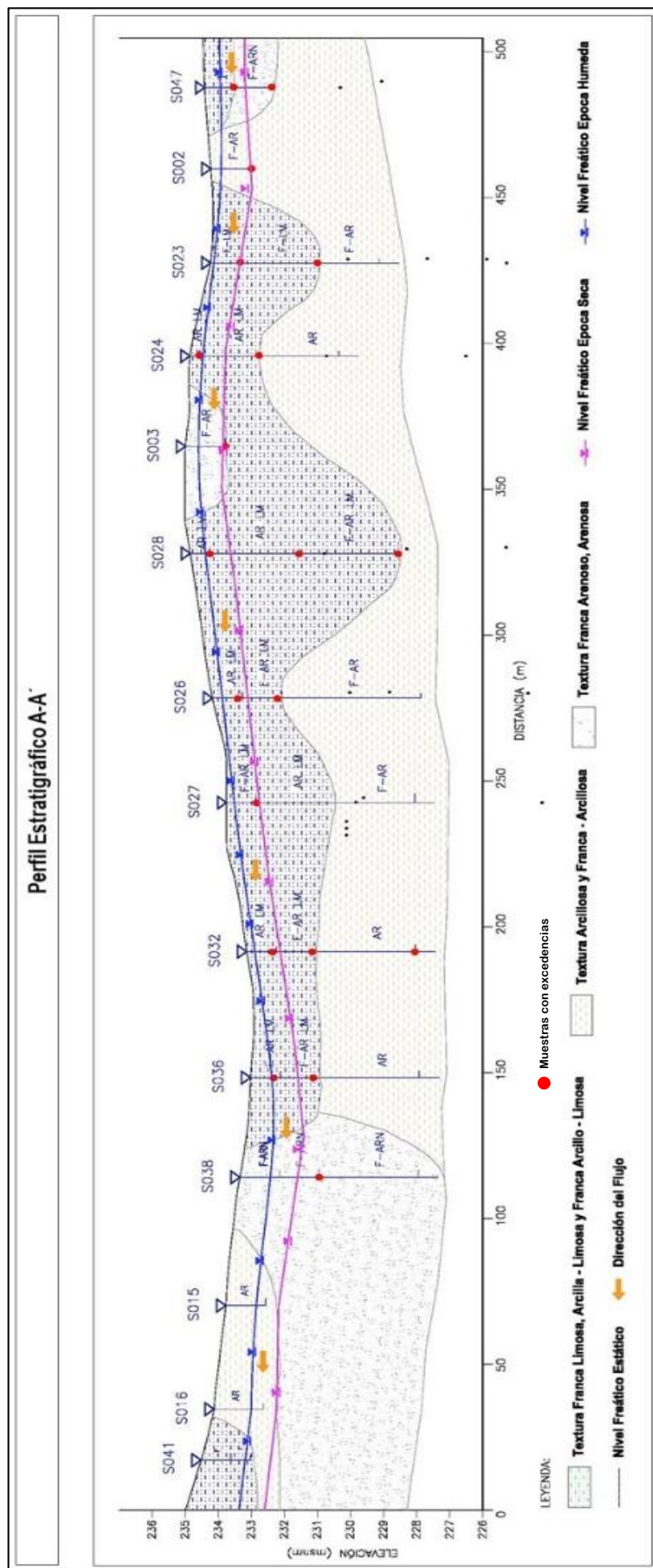
⁹⁹ Metcalf & Eddy (1993), Wastewater Engineering y Douglas et al. (1996). Environmental Stability of Selected Petroleum Hydrocarbon Source and Weathering Ratios. Environ. Sci. Technol. 30, 2332-2339.

En el área estudiada los valores de los parámetros hidráulicos de las formaciones son tan bajos que no existe un flujo que permita el escape ni de una sustancia contaminante de origen petrolífero ni tan siquiera del agua. La zona, morfológicamente, es una pequeña cubeta donde no existen señales de que el agua tenga algún punto de entrada (recarga) o salida (descarga).

Las permeabilidades están por debajo de los 10-3 m/d, y esta cifra es de por sí tan baja que no parece que pueda incluso existir continuidad hidráulica en la formación debidos a los continuos cambios laterales de facies de este tipo de terrenos. Los contaminantes se derramaron en el suelo y la falta de saturación de este con presiones intersticiales negativas ha condicionado que se extendiera moderadamente en la vertical y la horizontal, pero equilibradas estas presiones de absorción cualquier desplazamiento o movilidad de está imposibilitada por la baja permeabilidad de los materiales de la zona y que mantienen cautivos los elementos contaminantes que se infiltraron en subsuelo.

La conceptualización de esta dinámica se presenta en la Figura 3-37.

Figura 3-37 Conceptualización dinámica hidrogeológica



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

3.10.1 Determinación de los contaminantes.

Los contaminantes presentes en el sitio S0112 (Sitio 35) se presentan en el Cuadro 3-64, donde se resumen exclusivamente las excedencias comparando los resultados con los valores de ECA para suelos tipo “agrícolas” del Perú (D.S. N° 011-2017-MINAM). Se evidencia de forma notable la presencia de fracciones medianos y pesados de hidrocarburos (F2 y F3) y en unos pocos puntos metales pesados “típicos” de las aguas de producción: Pb, Cd y Ba, a profundidades que no superan el 1,20 m. Por otro lado, también de manera aislada (sin explicación en su distribución) se encontraron trazas de benceno (BTEX) y de Naftaleno (HAPs) su mayoría a una profundidad no mayor al 1,20 m. Solamente se presentó un caso a 4,5 m de BTEX y HAPs.

Estos hallazgos de los HAP's en suelos pudieran deberse a un posible atrapamiento (adheridos) a partículas de suelo, como se han encontrado que ocurre en sedimentos de agua dulce y marinos donde los HAP's tienden a fijarse a las partículas del suelo en ecosistemas tanto terrestres como acuáticos, acumulándose con el tiempo, volviéndose no sólo aún más difícil de eliminar, sino bioacumulativos en la cadena alimenticia^{hh}.

Por otro lado, se presentan valores de metales pesados (As, Cr y Hg) en sedimentos, en ambas épocas. También se presentan valores de metales pesados en las aguas subterráneas (As, Mn, Pb y Zn). El tejido de peces arrojó valores preocupantes en As, Ba y Cd.

3.10.2 Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.

De acuerdo con el acápite anterior, son las fracciones pesadas de hidrocarburos “recalcitrantes” y “meteorizados” los que caracterizan ampliamente la contaminación del sitio S0112 (Sitio 35). Se determinó la presencia de algunos metales pesados los cuales, desde nuestro punto de vista, no corresponden a los eventos de contaminación que comprometen el área impactada.

La existencia de una pendiente natural en dirección sur – norte, la cual coincide con la dinámica de la napa freática, sumado a la existencia de una quebrada estacional en el límite oeste del sitio, así como la dinámica de inundación y saturación de agua en el suelo, pudieran ser fenómenos que contribuirían potencialmente a la degradación ambiental. No obstante, al tratarse de fracciones pesadas de hidrocarburos su movilidad en superficie o subsuelo es prácticamente nula o despreciable. Los metales que pudieran provenir de los HC ya fueron posiblemente lavados y movilizados hacia capas más profundas del subsuelo.

Las aguas subterráneas presentan valores de contaminación para metales (As, Mn, Pb y Zn). La presencia de estos metales pudiera contribuir a la degradación ambiental, no obstante, la población más cercana está a más de 17 km de distancia y el sitio se ubica en una cuenca distinta a la del río Corrientes.

La presencia de valores elevados de metales (Cd, As y Ba), es un aspecto que contribuye a la degradación ambiental.

^{hh} : Resúmenes de Salud Pública - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) [Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PHA)]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry

3.11 Base de información en el sistema informático respectivo.

La información relacionada con el proyecto se compila en una estructura conceptualizada en dos módulos:

- Sistema de información geográfica con su base de datos asociada
- Geodatabase o repositorio de datos (metadata)

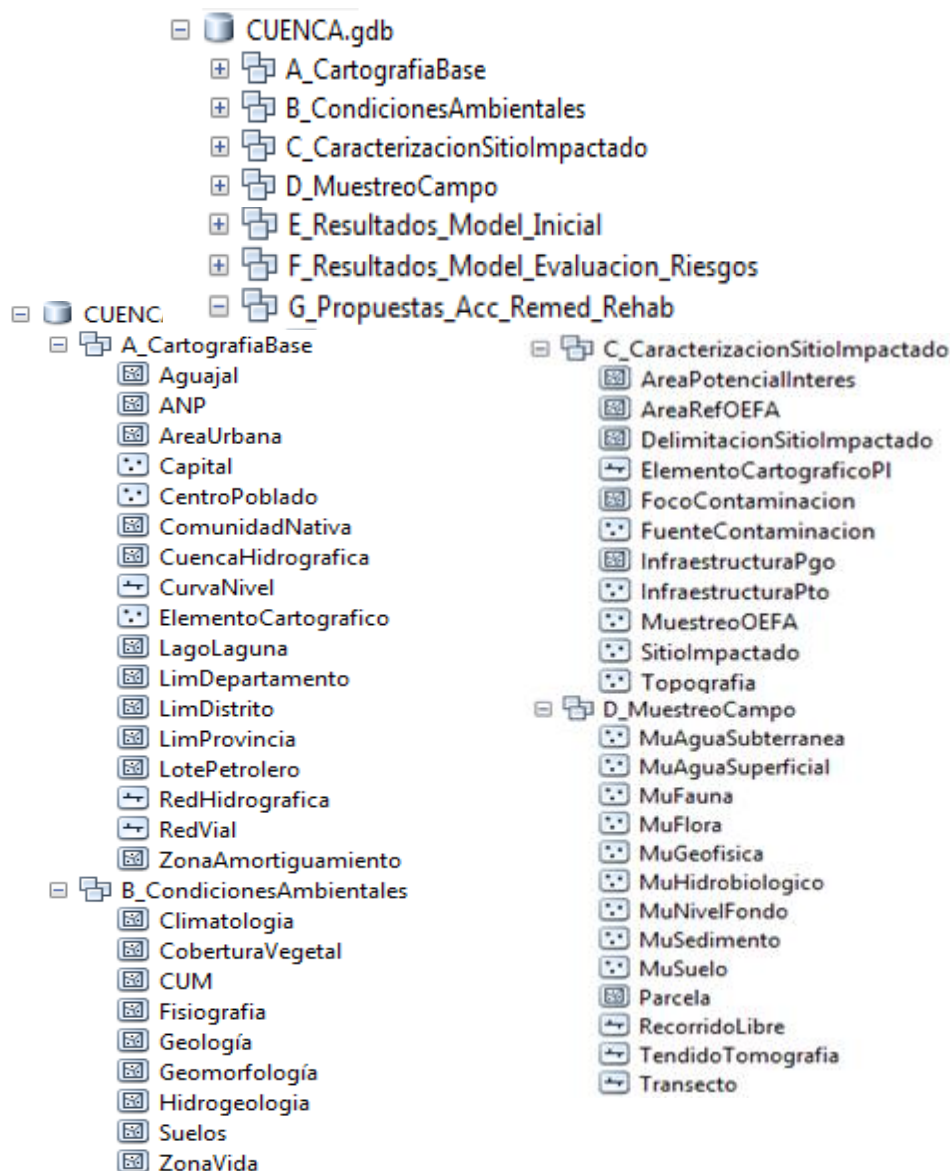
La base de información en donde se almacenará toda la información recopilada durante el desarrollo de proyecto será una **Geodatabase**, en donde se coleccionan datos espaciales, alfanuméricos y reglas de comportamiento, los cuales estarán interrelacionados.

Los **Features Dataset** son elementos lógicos que agrupa a varios **Feature Class** de la base de datos, los cuales poseen el mismo sistema de parámetros geográficos.

Los **Feature Class** son objetos que almacenan elementos geográficos que tiene un tipo de geometría (línea, punto, polígono), los cuales están compuestos por capas cartográficas y atributos.

La estructura del diseño de la **Geodatabase** de la Cuenca del río Corrientes está compuesta por siete (7) **Feature Dataset**, y estos a su vez contienen a varios **Feature Class**, que guardan toda la información alfanumérica y grafica de los elementos evaluados durante el desarrollo del proyecto.

La estructura de la **Geodatabase** de la cuenca Corrientes es la siguiente:



Es importante mencionar, que se vienen realizando los análisis y evaluación de resultados, por lo que los **Features Class** correspondientes a los ítems E, F y G, se encuentran en pleno desarrollo al momento de la presentación de este informe.

4. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS Y/O RIESGOS PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LA PERSONAⁱⁱ

El ERSA es un instrumento de orientación que tiene como objetivo evaluar si la contaminación existente en el Sitio S0112 (Sitio 35) representa un riesgo para la salud humana o el ambiente, así como la determinación de los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable.

El presente ERSA se basan en los datos y resultados obtenidos en la caracterización del Sitio S0112 (Sitio 35) con el fin de entender las relaciones y causalidades entre la presencia de los contaminantes, las distintas rutas y vías de exposición y los efectos adversos observados en el ambiente o los efectos potenciales que puedan presentarse.

En la Figura 4-1 se presenta el diagrama de flujo de las etapas en la Evaluación de Riesgos a la Salud y Ambiente (ERSA) conforme al Anexo B de la Guía para la elaboración de estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y Ambiente en Sitios Contaminados (MINAM, 2015).

La evaluación de riesgos a la salud y el ambiente involucra cuatro (4) pasos básicos:

1) Definición del problema

La definición y formulación del problema se basa en la evaluación de la información contenida en la caracterización y de otros estudios disponibles.

Permite identificar los contaminantes de preocupación, potenciales receptores humanos y ecológicos e identificación de las rutas y vías de exposición, los cuales se presentan en el ítem 4.1. y 4.2.

2) Evaluación de la toxicidad

La evaluación de la toxicidad permite seleccionar los valores adecuados de los parámetros que miden la peligrosidad de los contaminantes presentes en el Sitio S0112 (Sitio 35). En esta etapa se identifica la toxicidad del contaminante o de los contaminantes a los cuales un receptor está o puede estar expuesto, identificando la correspondencia entre la cantidad del tóxico y la magnitud del efecto, concepto conocido como la relación dosis-respuesta, el desarrollo de lo descrito se presenta en el ítem 4.3.

ⁱⁱ Los resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes no reflejen la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la presente evaluación solo permite estimar el riesgo por exposición a los CP presentes en el Sitio S0112 (Sitio 35) y no por exposición a todos los sitios impactados o pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando una incertidumbre moderada porque no permite evaluar el riesgo acumulativo y sinérgico, pero sí permite plantear acciones correctivas individuales en función de los resultados, con la finalidad de reducir el impacto sinérgico y acumulativo a futuro.

3) Evaluación de la exposición

La evaluación de la exposición tiene la finalidad de determinar la magnitud, frecuencia y duración de la exposición a los contaminantes considerando las vías principales a las que los receptores están o pueden estar expuestos. La información de exposición permite el cálculo de la dosis, lo que es la cantidad de contaminante que ingresa al interior del organismo por contacto con la matriz ambiental potencialmente contaminada y por la ruta de exposición correspondiente.

La evaluación de la exposición presenta una descripción del entorno de los receptores humanos (escenario humano) y del ambiente de flora y fauna (escenario ecológico).

Las principales etapas de la evaluación de la exposición son las siguientes:

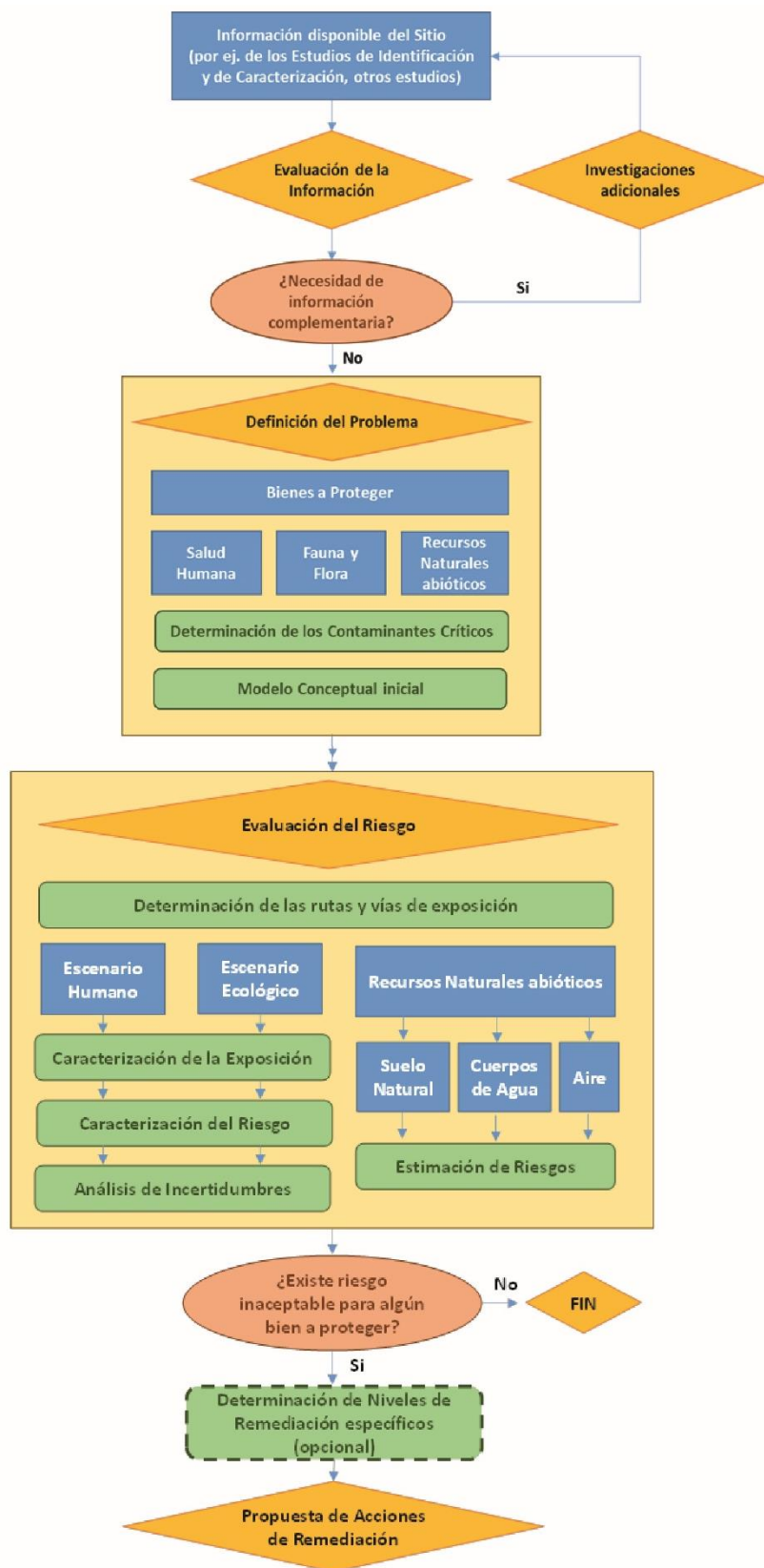
- Identificación de las rutas y vías de exposición.
- Caracterización de los receptores y escenarios de exposición.
- Selección de factores de exposición.
- Cálculo de la dosis de exposición.

El desarrollo de esta información se presenta en el ítem 4.4.

4) Caracterización del riesgo

Implica combinar el peligro, la respuesta a la dosis y las evaluaciones de exposición para describir el riesgo general que representa un contaminante (Ver Ítem 4.10.)

Figura 4-1 Diagrama de Flujo de las etapas del ERSa



Fuente: Anexo B de la Guía ERSa (MINAM, 2015)

4.1 Definición del problema. Para los contaminantes identificados se debe evaluar:

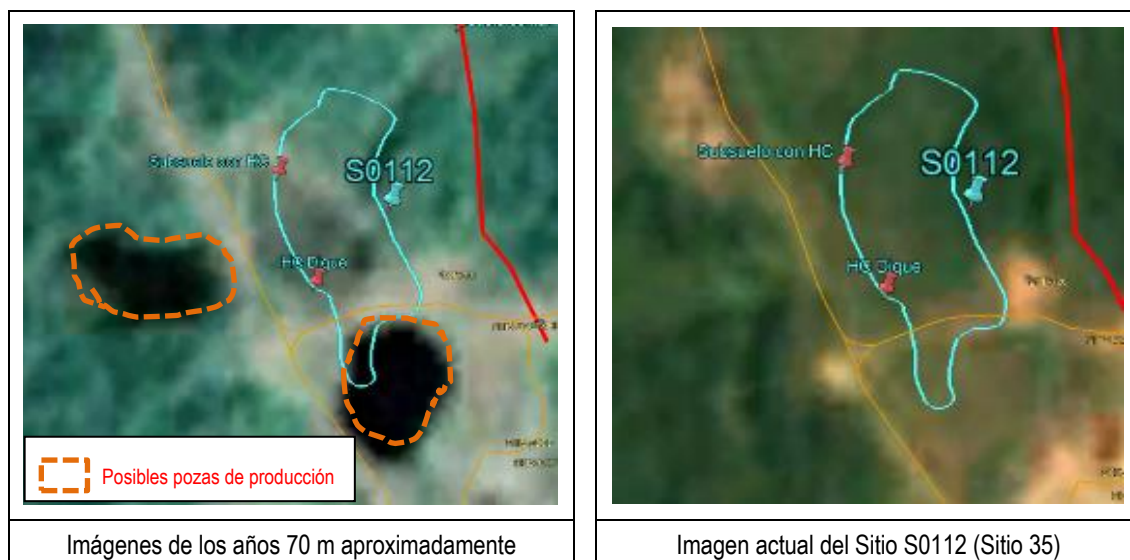
A) Origen de la contaminación y proceso contaminante

Si bien no se tiene un dato exacto sobre el primer derrame ocurrido en el sitio S0112 (Sitio 35), se ha considerado las declaraciones de los monitores ambientales y los comuneros locales, quienes manifiestan sobre un derrame de petróleo producido aproximadamente hace más de diez (10) años en la zona donde se sitúa parte de un dique de concreto. Durante el reconocimiento en campo, se evidenció la presencia de crudo en los alrededores de dicha infraestructura; la cual se encuentra enterrada casi en su totalidad por material arcilloso y cubierto en gran parte por el brote de la vegetación endémica de la zona.

Asimismo, se considera al pozo SHIV-26 como una fuente potencial de contaminación de crudo, toda vez que forma parte de las instalaciones en la extracción de crudo de la Batería Shiviyaçu, donde se registró un derrame de crudo (de acuerdo a las declaraciones de los comuneros locales) hace más de quince (15) años durante las operaciones de Pluspetrol. Además, es posible que se haya producido un derrame o infiltración de las aguas de producción, al emplear este pozo para la reinyección de las aguas de producción hacia el subsuelo.

De acuerdo al análisis temporal en el sitio, las imágenes satelitales de los años 70 aproximadamente (no se precisa la fecha exacta) se puede visualizar la presencia de dos (2) áreas de disposición de crudo (pozas de producción) las cuales podrían haber generado el derrame de crudo a las áreas aledañas. Actualmente, la parte de dichas pozas de producción se encuentran tapadas y acondicionadas al relieve del sitio. Respecto a la infraestructura (dique) se infiere que formaba parte de la infraestructura de contención ante un evento de derrames o posiblemente un pozo de separación de agua y aceites.

Fotografía 4-1 Posibles pozas en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-1 Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0112 (Sitio 35)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
Pozo SHIV-26	373 707	9 724 384	Operativa	El pozo se encuentra expuesto a la intemperie y se evidencia presencia de óxido
Tubería (NE)	373 728	9 724 733	Operativa	Se observa la corrosión en el tramo
Posible poza de producción 1	373 636	9 724 221	Enterrada	Se evidenció terreno acondicionado y crecimiento de vegetación a los alrededores
Posible poza de producción 2 (cocha)	373 298	9 724 363	Presencia de una cocha	Se evidenció agua empozada

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Se ha tenido en cuenta toda la información disponible del área de estudio (primaria, secundaria) la cual parte desde la investigación histórica, la cual permitió contextualizar los eventos históricos y los procesos y/u orígenes de la contaminación (fuentes potenciales) del sitio S0112 (Sitio 35). Asimismo, se consideraron los resultados de la caracterización las cuales permitieron corroborar y delimitar la extensión de la contaminación, identificar los Contaminantes de Preocupación (CP), evaluar los mecanismos de transporte, rutas de exposición y potenciales receptores (humanos, ecosistemas, entre otros) que puedan verse afectados. Estos CP vienen a ser aquellos elementos y/o compuestos químicos los cuales cuentan con el potencial de generar efectos sobre la salud humana y/o al ambiente (receptores), siempre y cuando estos receptores entren en contacto con el sitio contaminado.

B) Características generales naturales del sitio

Geológicamente, el sitio S0112 (Sitio 35) presenta las siguientes unidades geológicas: (1) Depósitos Aluviales Recientes (Qr-a), comprende acumulaciones aluviales holocénicas depositadas por el río Corrientes y los diferentes cursos de agua que drenan la región. Estas acumulaciones están constituidas por arenas, limos y arcillas no consolidados que conforman los cauces, las planicies de inundación y las terrazas bajas inundables, (2) Depósitos Aluviales Antiguos (Qp-a), estos depósitos presentan dos horizontes claramente diferenciados: el horizonte inferior contiene gravas cuarzosas pequeñas semi consolidadas las cuales están englobadas en una matriz limo-arenosa, y el horizonte superior integrado por limos y arcillas con escasa consolidación, y (3) Formación Nauta (TsQp-n), está conformada por areniscas y lodolitas. Las areniscas se caracterizan por tener grano grueso de color rojo, con intercalaciones lenticulares conglomeráticas de gravas cuarzosas pequeñas. Las lodolitas también presentan color rojizo, se ubican en forma interestratificada con las capas de areniscas y presentan en la sección superior de la secuencia niveles enriquecidos de materia orgánica.

Por otro lado, basándose en la litología de la geología regional, información textural de sondeos con equipo, sondeos manuales y observación visual en campo, ha sido posible determinar las posibles unidades hidrogeológicas presentes en el área de impacto del sitio S0112 (Sitio 35): (1) Unidad Hidrogeológica 1, pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en cuatro tipos de suelos: arcillosa, franco arcillosas, arcilla-limosa y franco arcillo-limoso. Donde el contenido

característico es la arcilla como material predominante (2) Unidad Hidrogeológica 2, pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en dos (2) tipos de suelos: franca, franca limosa. Donde el contenido característico es el limo como material predominante. Desde el punto de vista hidrogeológico constituye una unidad propia que se comporta como un medio detrítico de permeabilidad baja. Superficialmente en época de lluvia permite una recarga lenta del agua subterránea, la recarga lenta está ligada al grado compactación *in situ*. (3) Unidad Hidrogeológica 3, esta unidad hidrogeológica pertenece al Cuaternario, la litología presente se divide en dos (2) tipos de suelos: franco arenoso y franco arcillo-arenoso. Donde el contenido característico son las arenas.

En cuanto a su cobertura vegetal, la región Noroccidental Amazónica se caracteriza por presentar bosques de terrazas bajas, medias y altas, colinas bajas y altas según el Mapa Forestal del Perú (MINAM, 2015). Las unidades de vegetación específicamente en el sitio S0112 (Sitio 35) son Bosques de colinas bajas (Bcb) y Áreas de no bosque amazónico (Ano-bo).

Hidrológicamente, el sitio S0112 (Sitio 35) se sitúa dentro de la subcuenca media-alta del río Tigre el cual tiene sus orígenes en los andes ecuatorianos y tiene como principales afluentes a los ríos Macusari, Platanoyacu, Capirona y Copalyacu (margen derecha) y el río Pavayacu (margen izquierda). Se caracteriza por ser meandriforme, con un canal que migra libremente en una llanura aluvial de suave pendiente, formando meandros y brazos abandonados; además por el sector teniendo López, su cauce ha formado barras laterales arenosas y areno-gravosas, en ambos márgenes.

Fisiográficamente, las unidades fisiográficas de extensión en el sitio S0112 (Sitio 35) son: Paisaje de Terrazas Bajas Holocénicas, conformados por acumulaciones de arenas, limos y arcillas no consolidadas depositadas durante el cuaternario reciente; y Colinas Denudadas del Terciario, constituidas por arcillitas y areniscas de grano fino a medio. A nivel general, el llano amazónico está constituido por terrazas medias y bajas, así como un sistema de colinas altas y bajas el cual está desarrollado sobre substratos rocosos algo variados.

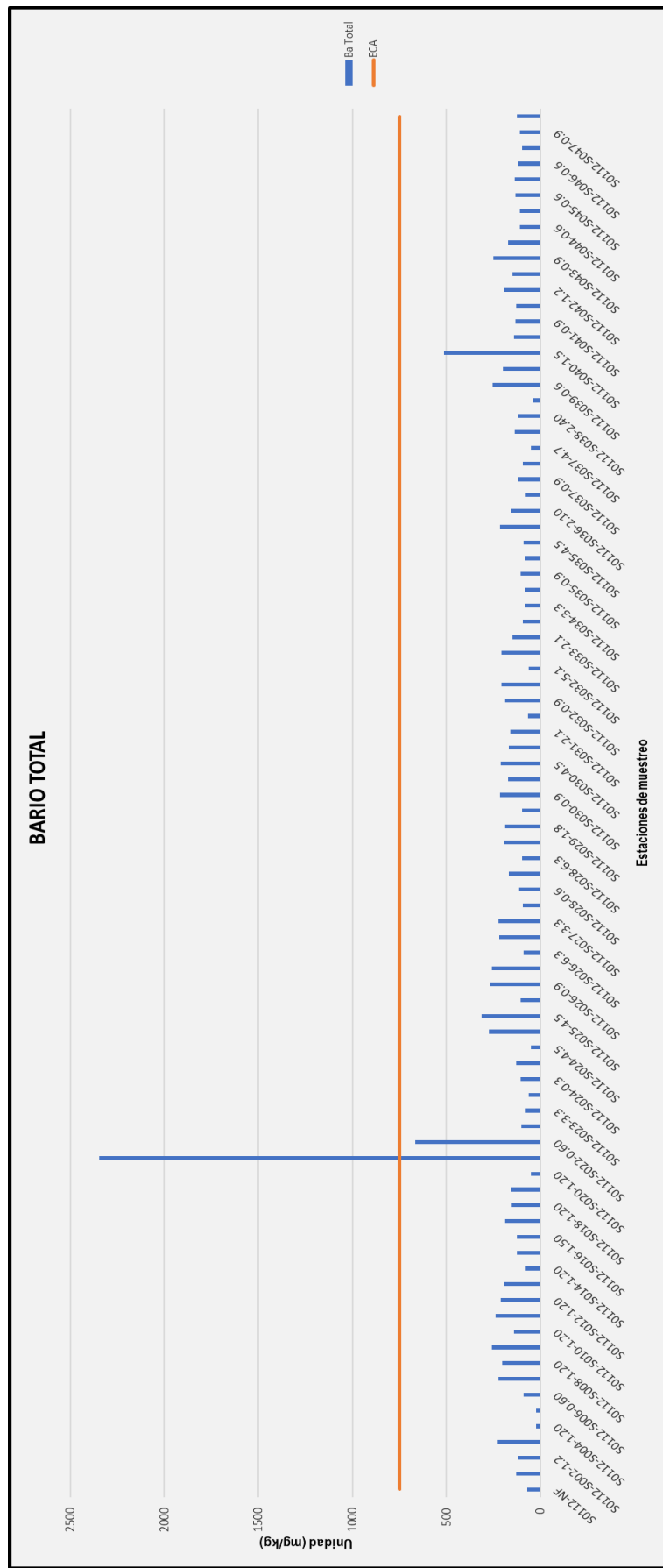
C) Caracterización de la contaminación

- **Descripción de resultados en suelo**

Se analizaron ochenta y siete (87) muestras de suelo y una (1) muestra a nivel de fondo, de las cuales sesenta y nueve (69) muestras corresponden a la época húmeda y dieciocho (18) muestras a la época seca, donde se obtuvo lo siguiente:

El bario fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (750,0 mg/kg) en una (1) sola muestra obtenida del barreno (S021), la concentración fue de 2,384 mg/kg en el intervalo de muestreo 0,90-1,20 mbns.

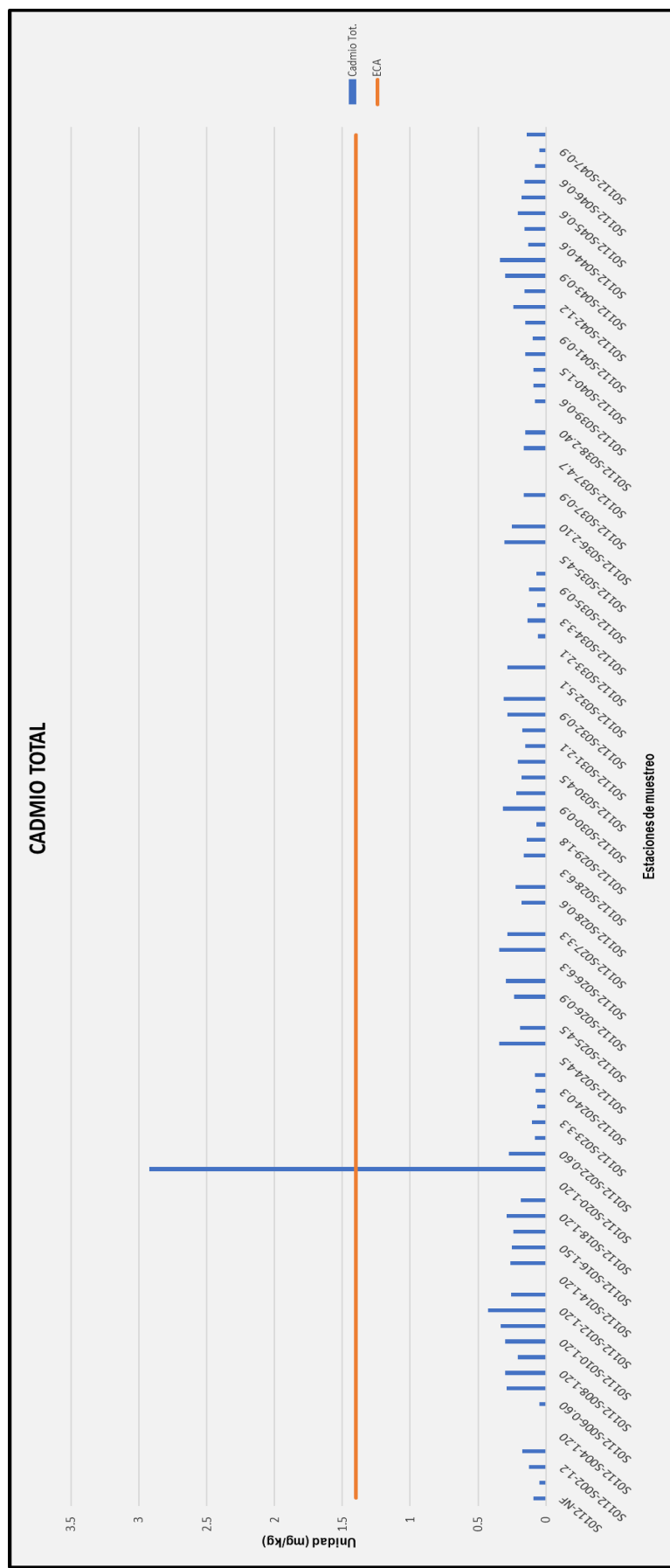
Gráfico 4-1 Concentraciones del bario



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El cadmio fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1,4 mg/kg) en una (1) sola muestra obtenida del barreno (S021), donde la concentración fue de 2,92 mg/kg en el intervalo de muestreo 0,90-1,20 mbns.

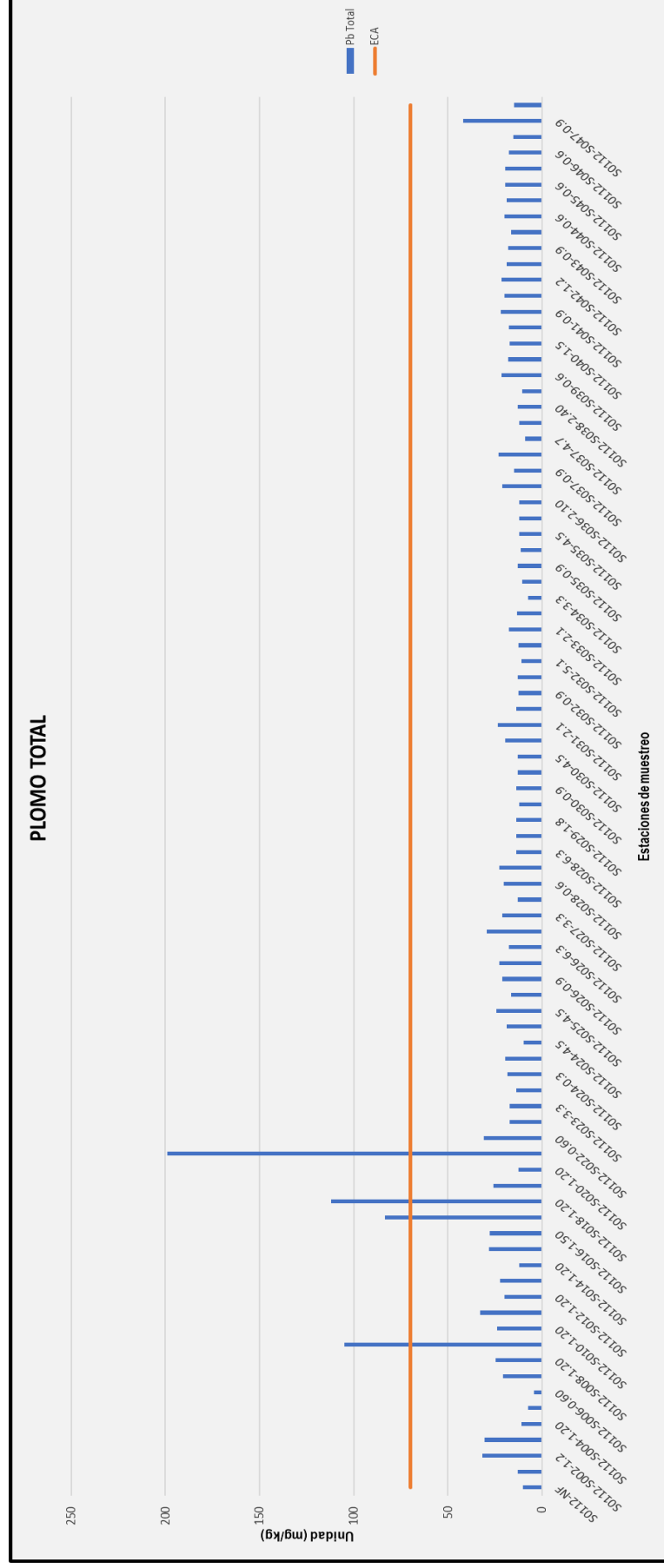
Gráfico 4-2 Concentraciones del cadmio



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

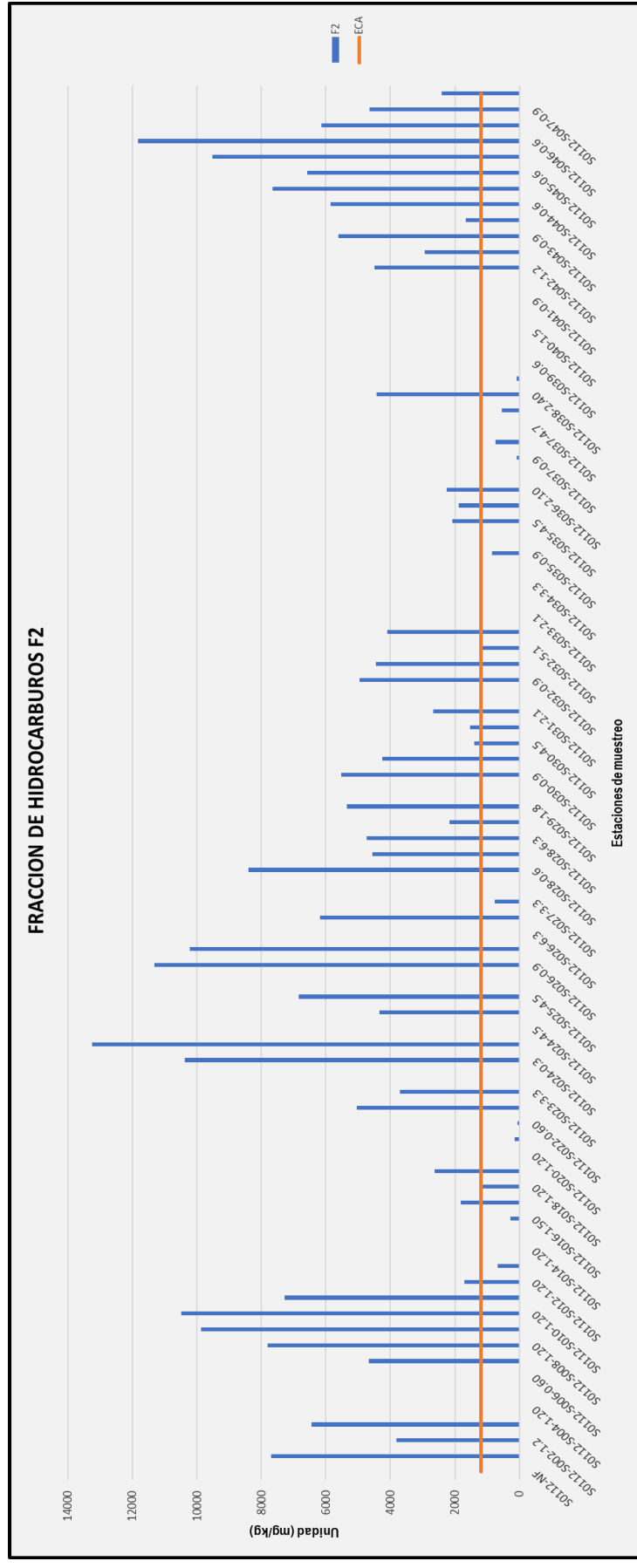
El plomo fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (70,0 mg/kg) en cuatro (4) muestras obtenidas de barrenos (S009, S017, S018 y S021), donde las concentraciones fueron respectivamente: 105,0 mg/kg; 83,20 mg/kg; 112,0 mg/kg y 199,0 mg/kg. La muestra obtenida en el barreno S017 fue obtenida en el intervalo de muestreo 0,60-0,90 mbns; el resto de las muestras fueron obtenidas en el intervalo de muestreo 0,90-1,20 mbns.

Gráfico 4-3 Concentraciones del plomo



La fracción de hidrocarburo F2 fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1 200,0 mg/kg) en 51 muestras. La concentración máxima fue de 13 237,00 mg/kg en la perforación S024 en el intervalo de muestreo 1,50-2,10 mbns. 1234,45.

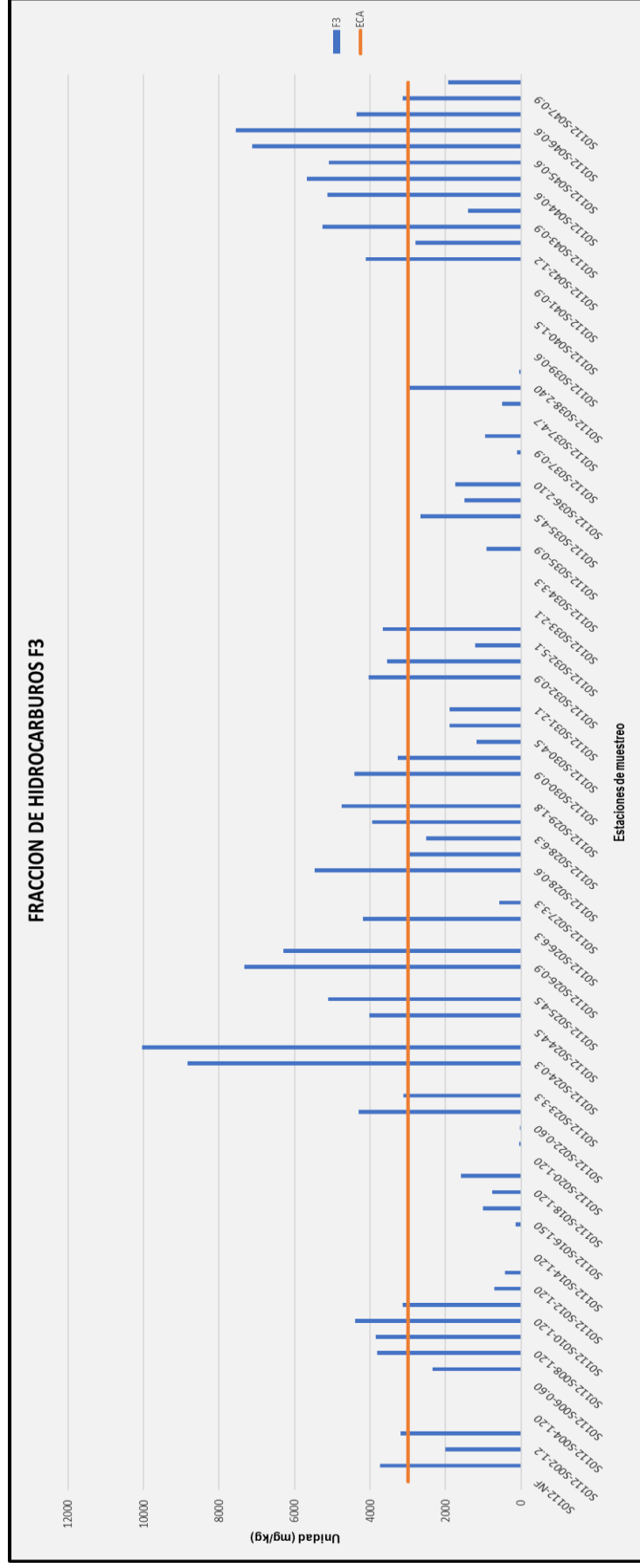
Gráfico 4-4 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La fracción de hidrocarburo F3 fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (3 000,0 mg/kg) en 33 muestras. La concentración máxima fue de 10 031,00 mg/kg en la perforación S024 en el intervalo de muestreo 1,50-2,10 mbns.

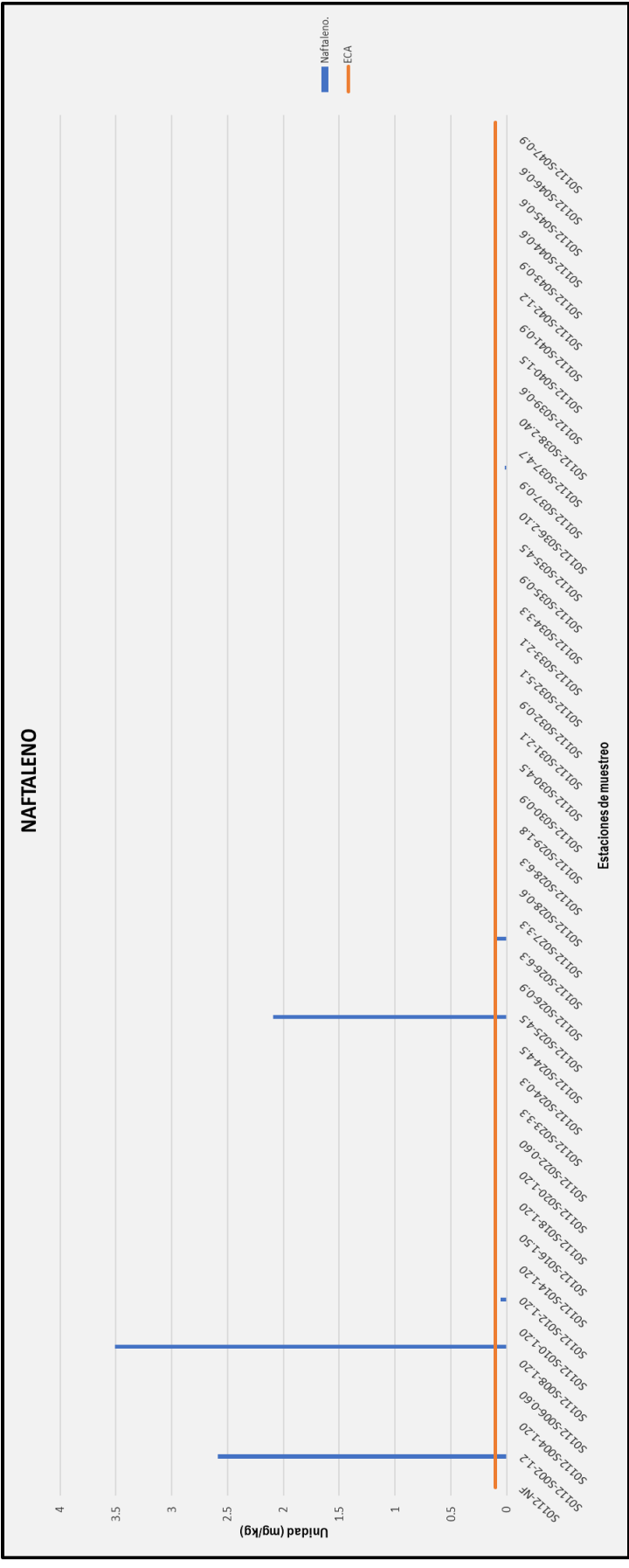
Gráfico 4-5 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El naftaleno fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0,10 mg/kg) en cuatro (4) muestras obtenidas de dos barrenos (S002 y S009) y dos perforaciones (S025 y S027), donde las concentraciones fueron respectivamente: 2,59 mg/kg y 3,51 mg/kg para los barrenos y 2,09 mg/kg y 0,104 mg/kg para las perforaciones. Las muestras de los barrenos S002 y S009 fueron obtenidas en el intervalo de muestreo 0,90-1,20 mbns; la muestra de la perforación S025 fue obtenida en el intervalo de muestreo 5,10-5,70 mbns y la muestra de la perforación S027 en el intervalo de muestreo 0,60-0,90 mbns.

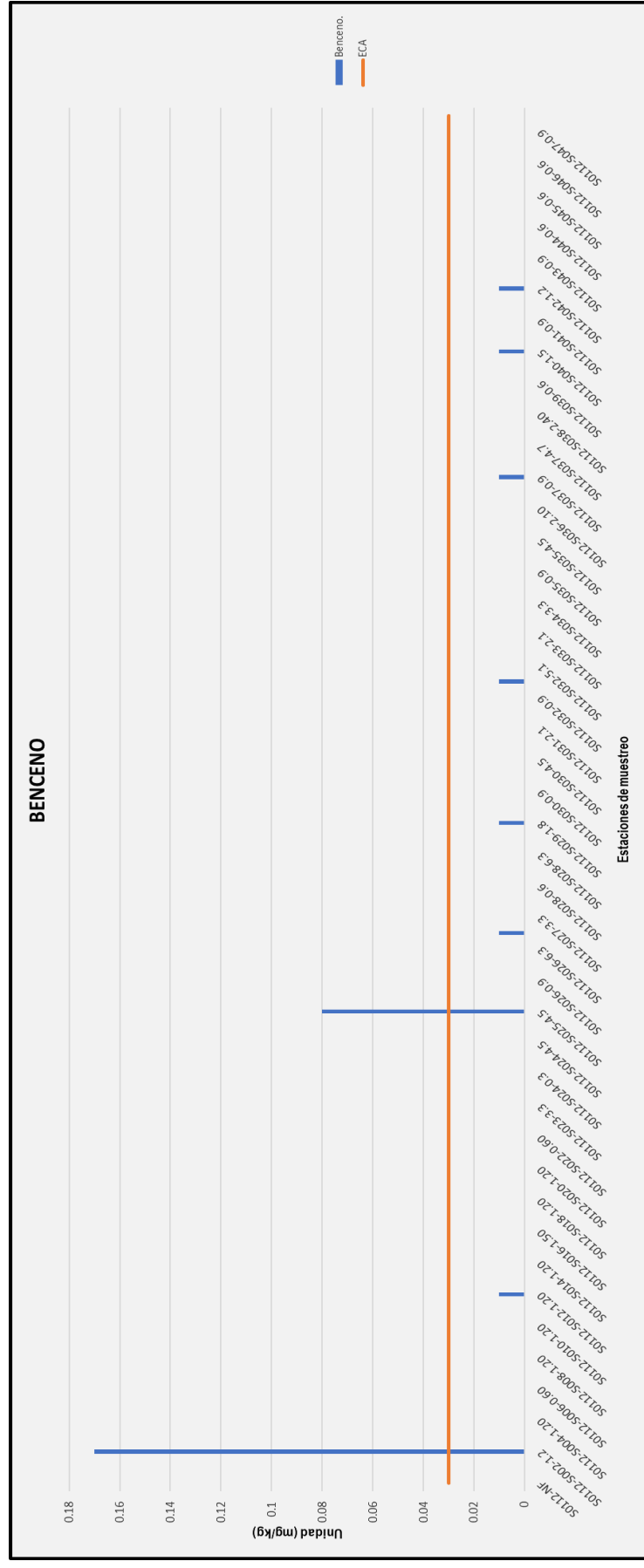
Gráfico 4-6 Concentraciones de naftaleno



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El benceno fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0,03 mg/kg) en dos (2) muestras obtenidas del barreno (S002) y de la perforación (S025), donde las concentraciones fueron respectivamente: 0,17 mg/kg y 0,08 mg/kg. La muestra del barreno S002 fue obtenida en el intervalo de muestreo 0,90-1,20 mbns y la muestra de la perforación S025 fue obtenida en el intervalo de muestreo 3,90-4,50 mbns.

Gráfico 4-7 Concentraciones de benceno



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

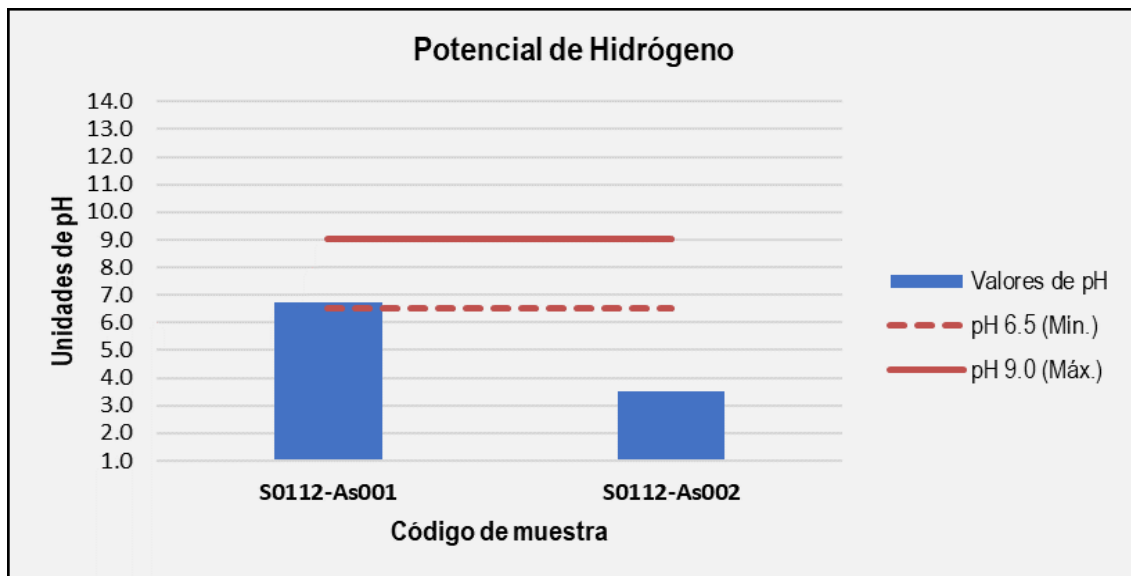
Respecto a los niveles de fondo, ninguno de los parámetros evaluados sobrepasó el ECA para suelo.

- **Descripción de resultados de agua superficial**

Se analizaron siete (7) muestras de agua superficial en ambas épocas, dos (2) muestras durante la época húmeda y cinco (5) muestras durante la época seca cuyas concentraciones se compararon con el ECA para agua Categoría 4: E2 ríos de la Selva, donde se obtuvo lo siguiente:

Se registró un pH=3,51 (ácido) en el punto S0112-As002 para la época húmeda el cual se encuentra fuera del rango establecido en los ECA para Agua. En la época seca no se registraron valores fuera del rango establecido por la normativa vigente.

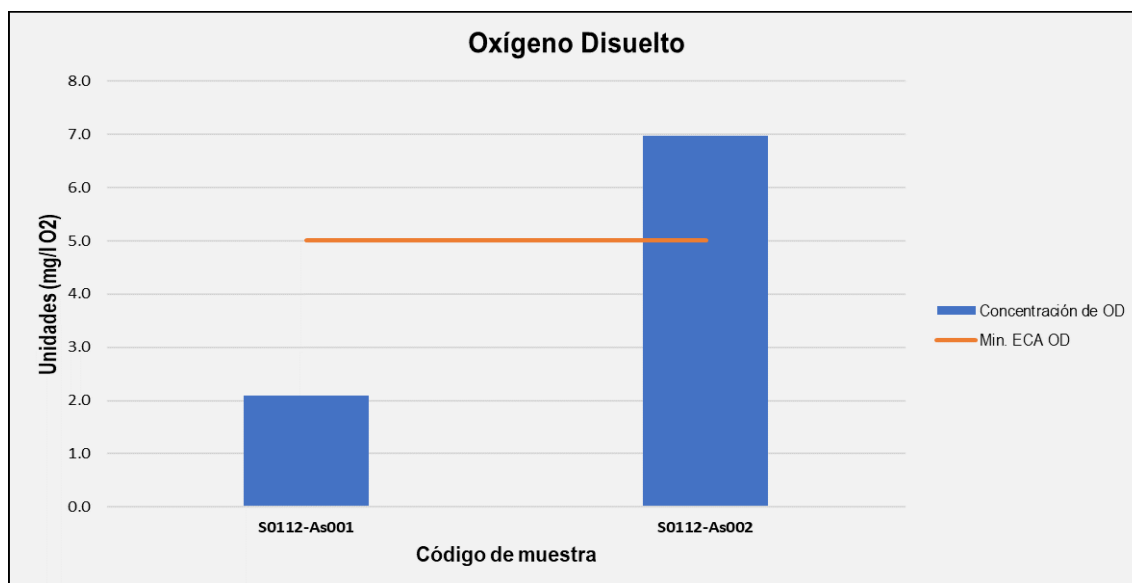
Gráfico 4-8 Excedencias en potencial de hidrógeno



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

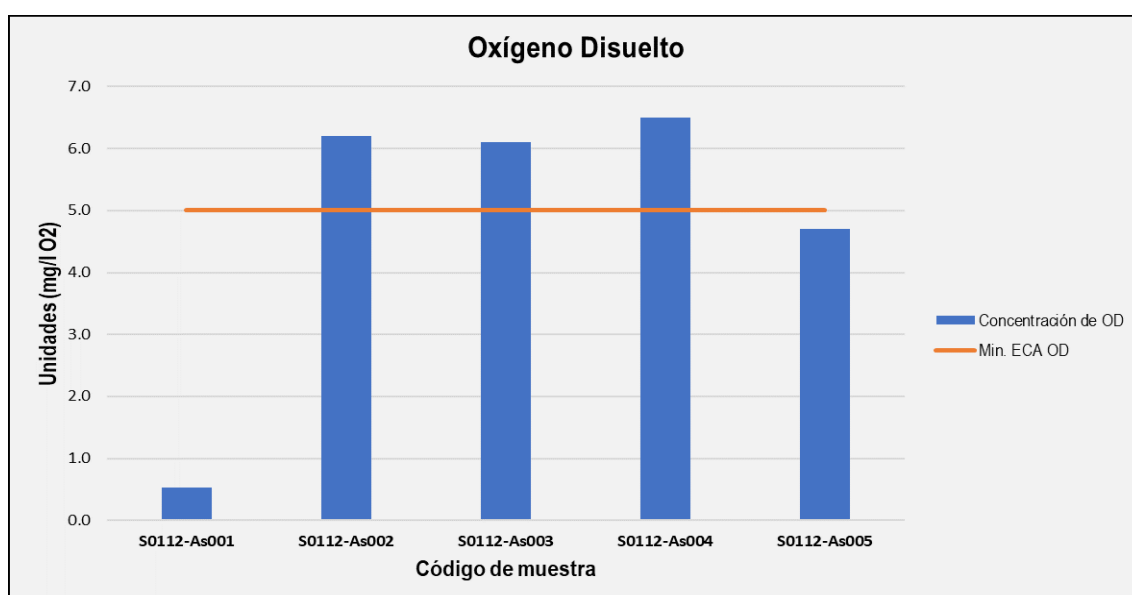
Respecto al oxígeno disuelto, en la época húmeda el punto S0112-As001 registró un valor de 2,09 mg/L, el cual se encuentra fuera del ECA para Agua. En la época seca se registraron valores en los puntos S0112-As001 (0,53 mg/L) y S0112-As005 (4,7 mg/L) los cuales se encuentran por debajo del mínimo valor establecido en los ECA para Agua.

Gráfico 4-9 Excedencias en oxígeno disuelto - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

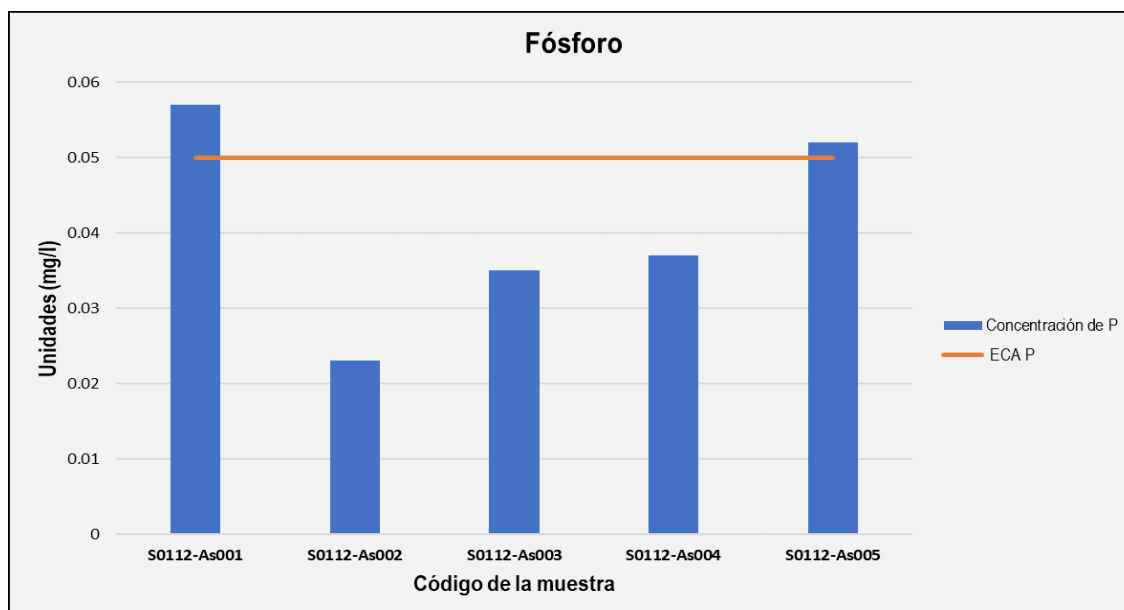
Gráfico 4-10 Excedencias en oxígeno disuelto - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Respecto a metales totales, solo el fósforo superó los ECA para agua en los puntos S0112-As001 (0,057 mg/L) y S0112-As005 (0,052 mg/L) para la época seca.

Gráfico 4-11 Excedencias en fósforo - Época seca



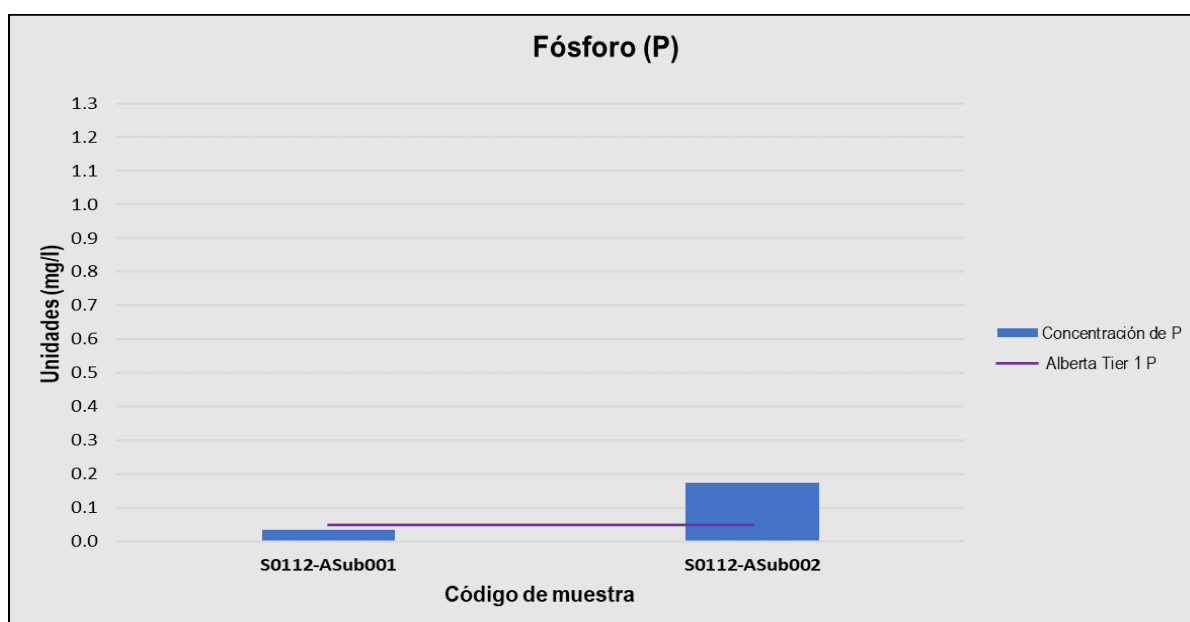
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Descripción de resultados de agua subterránea**

Se analizaron en total cuatro (4) muestras de agua subterránea, de las cuales dos (2) corresponden a la época húmeda, y las dos (2) restantes corresponden a la época seca. A continuación, la interpretación de los parámetros que registraron excedencias respecto a los valores establecidos en Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá.

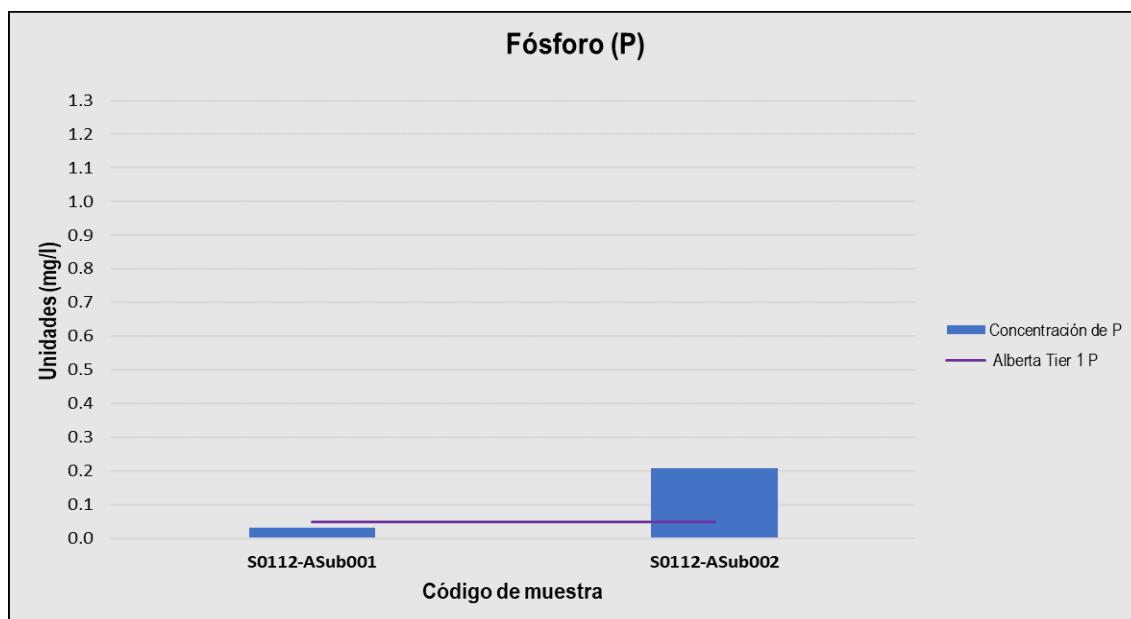
El Fosforo fue detectado fuera del estándar para agua (0,05 mg/L) en una (1) muestra en ambas épocas, siendo la estación: S0112-ASub002.

Gráfico 4-12 Excedencias en fósforo - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

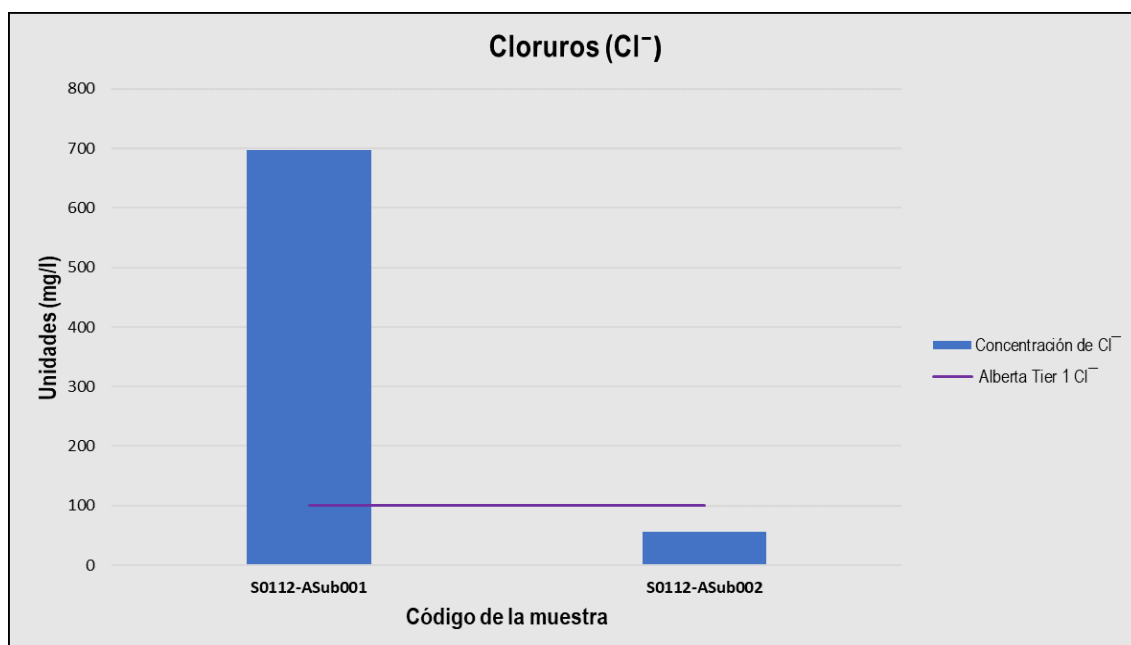
Gráfico 4-13 Excedencias en fósforo - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El cloruro fue detectado fuera del estándar para agua (100 mg/L) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0112-ASub001.

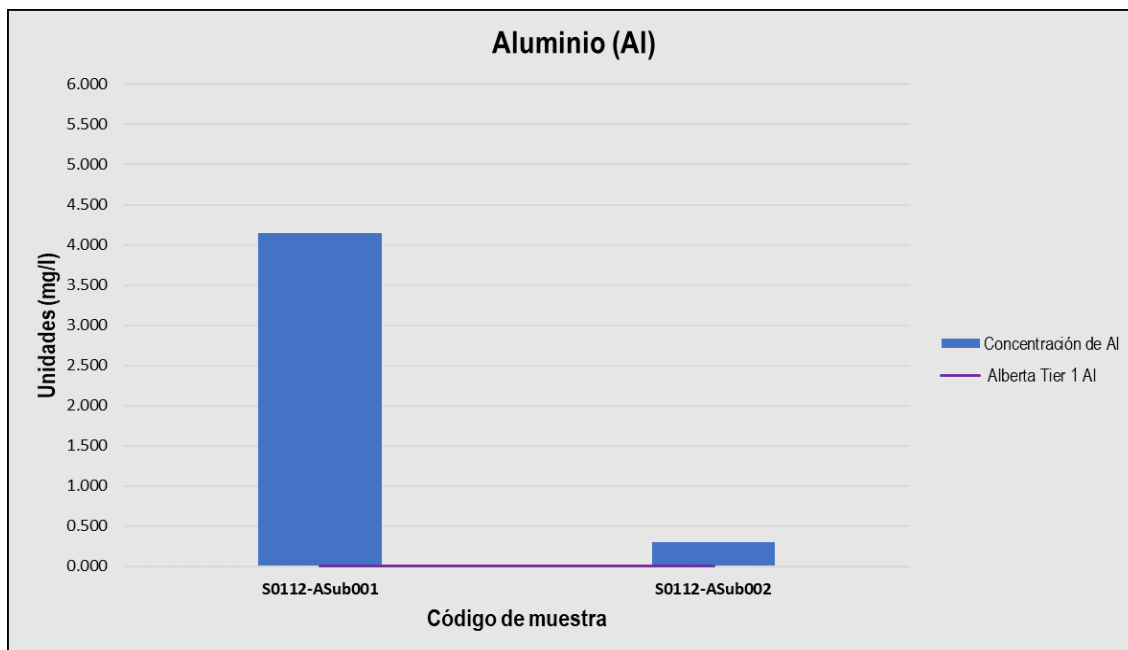
Gráfico 4-14 Excedencias en cloruro - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

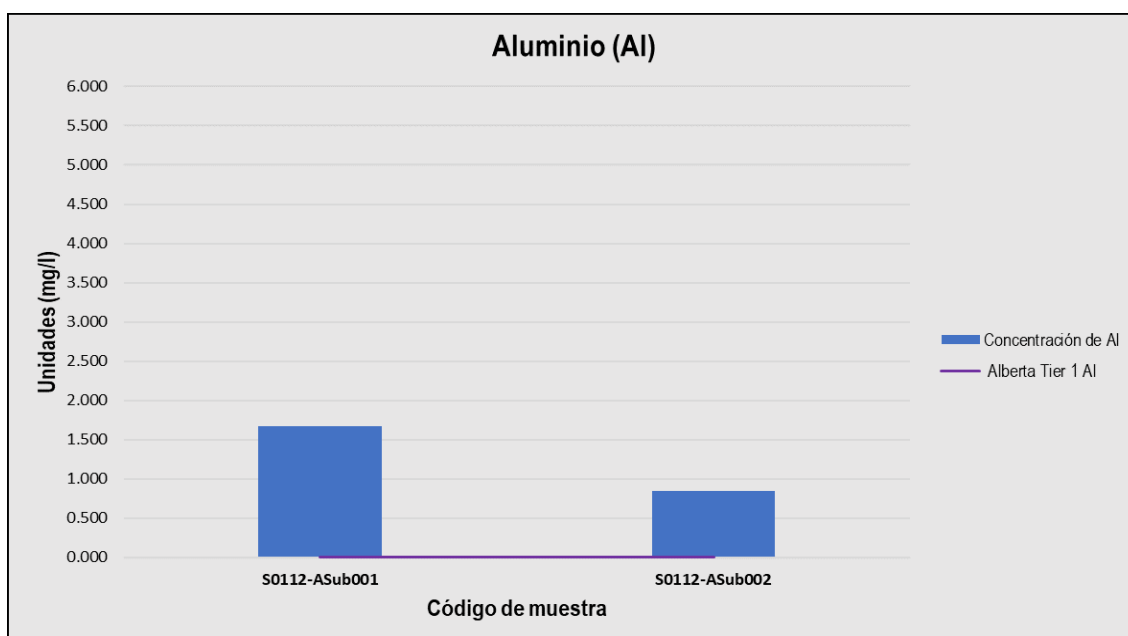
El aluminio fue detectado fuera estándar para agua (0,01 mg/L) en dos (2) muestras para ambas épocas, siendo las estaciones: S0112-ASub001 y S0112-ASub002.

Gráfico 4-15 Excedencias en aluminio - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

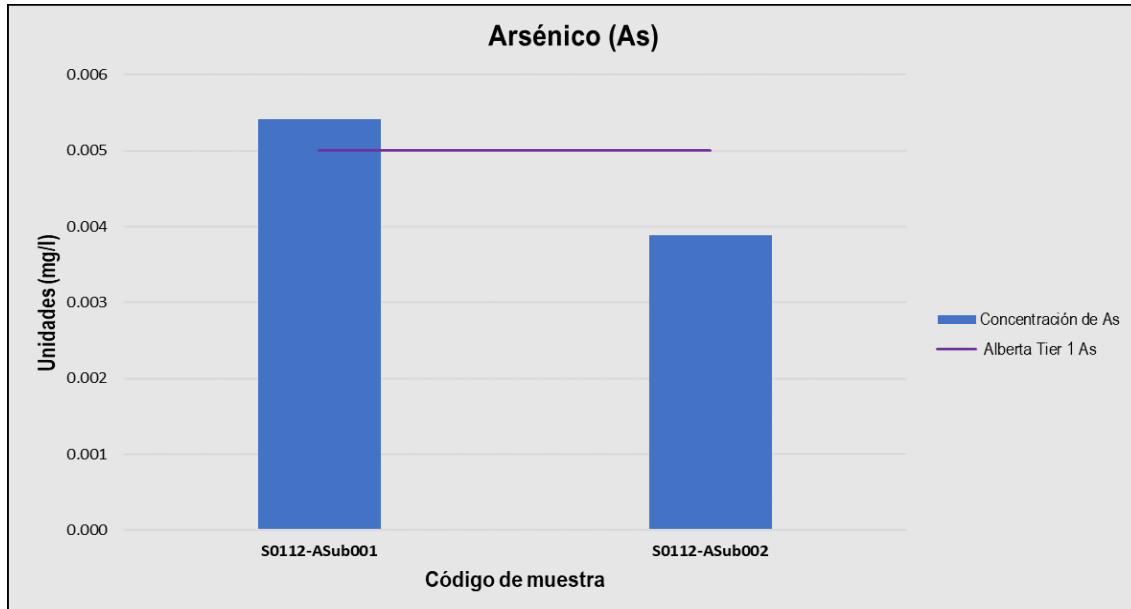
Gráfico 4-16 Excedencias en aluminio - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El arsénico fue detectado fuera del estándar para agua (0,005 mg/L) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0112-ASub001.

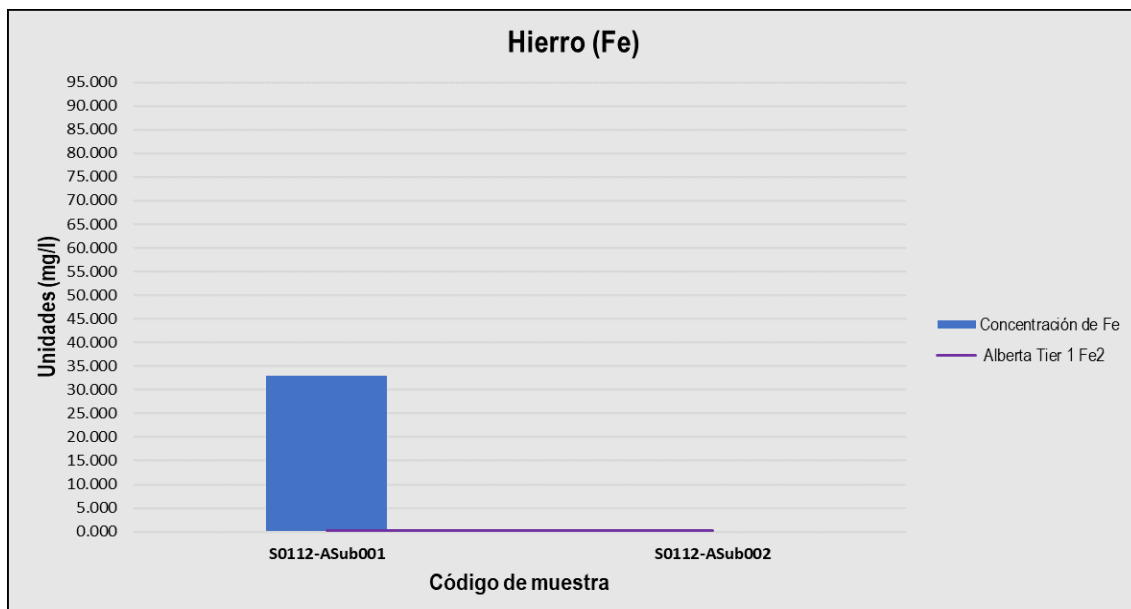
Gráfico 4-17 Excedencias en arsénico - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

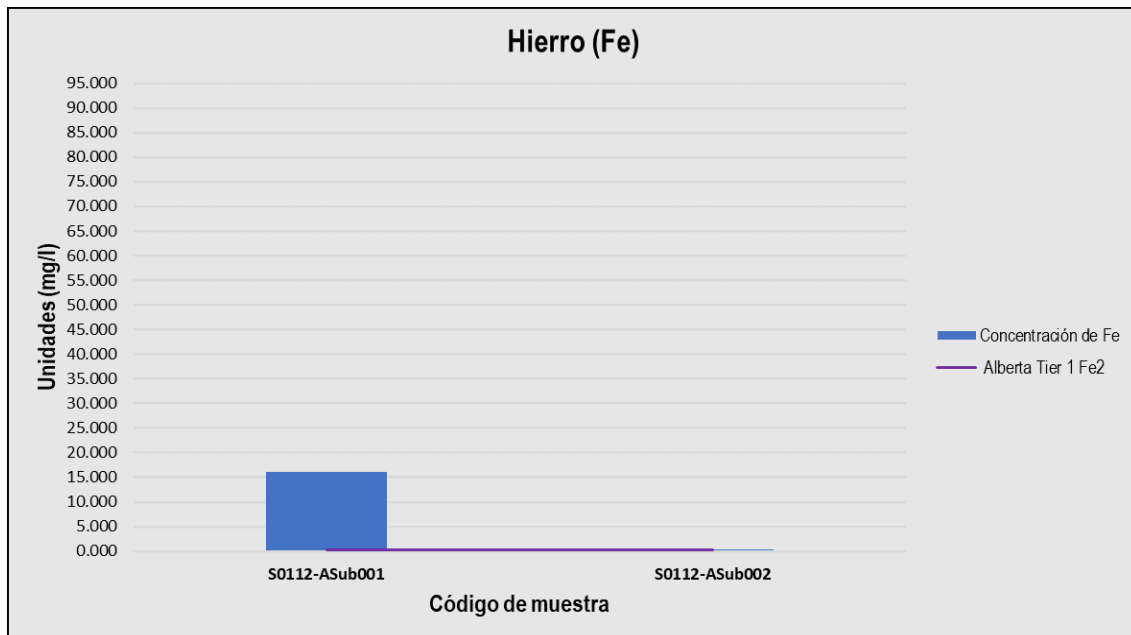
El hierro fue detectado fuera del estándar para agua (0,3 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0112-ASub001 (ambas épocas) y S0112-ASub002 (época seca).

Gráfico 4-18 Excedencias en hierro - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

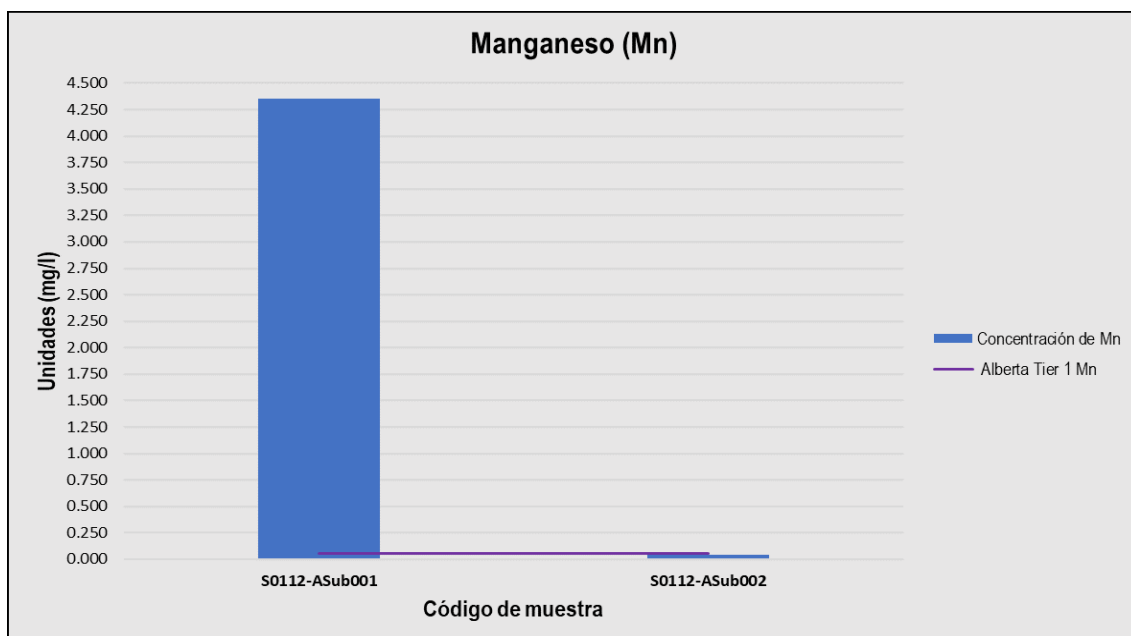
Gráfico 4-19 Excedencias en hierro - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

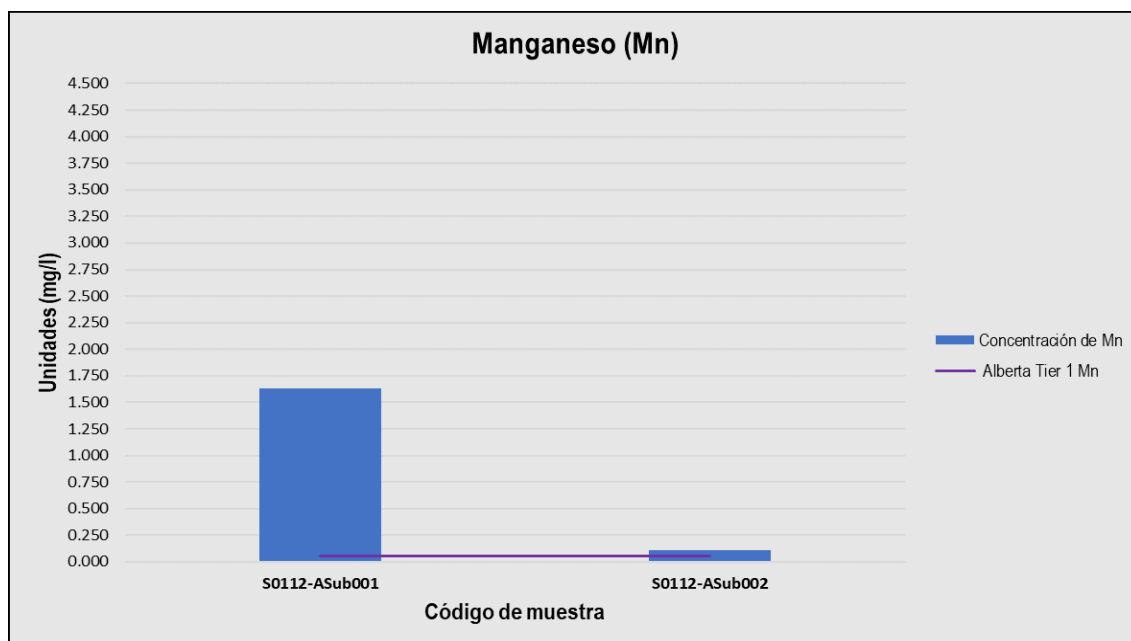
El manganeso fue detectado fuera del estándar para agua (0,05 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0112-ASub001 (ambas épocas) y S0112-ASub002 (época seca).

Gráfico 4-20 Excedencias en manganeso - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

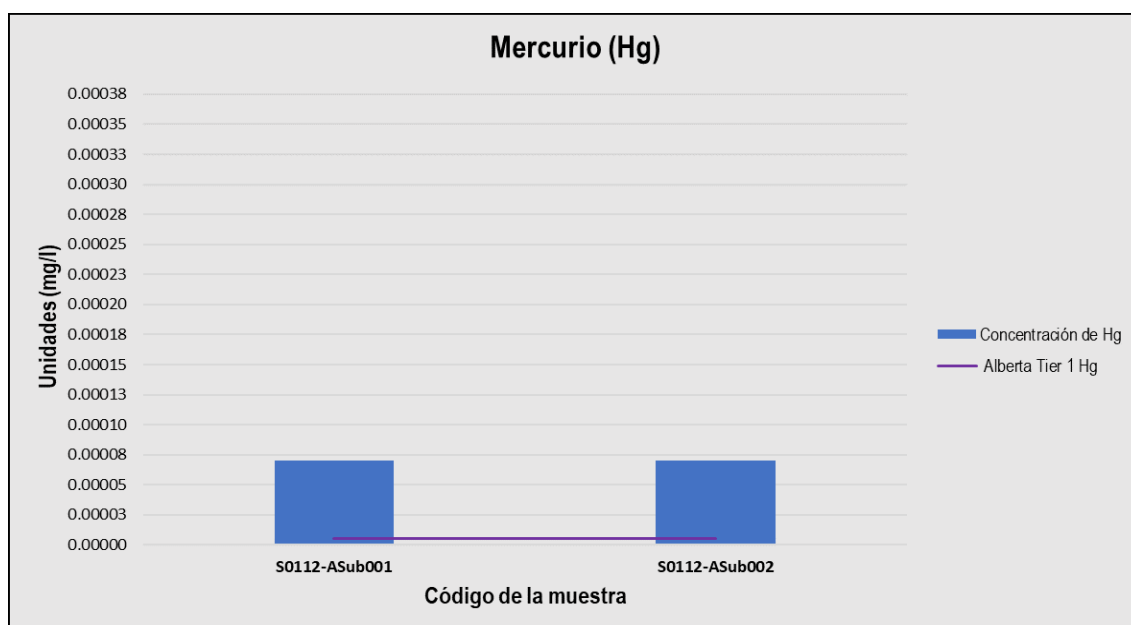
Gráfico 4-21 Excedencias en manganeso - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

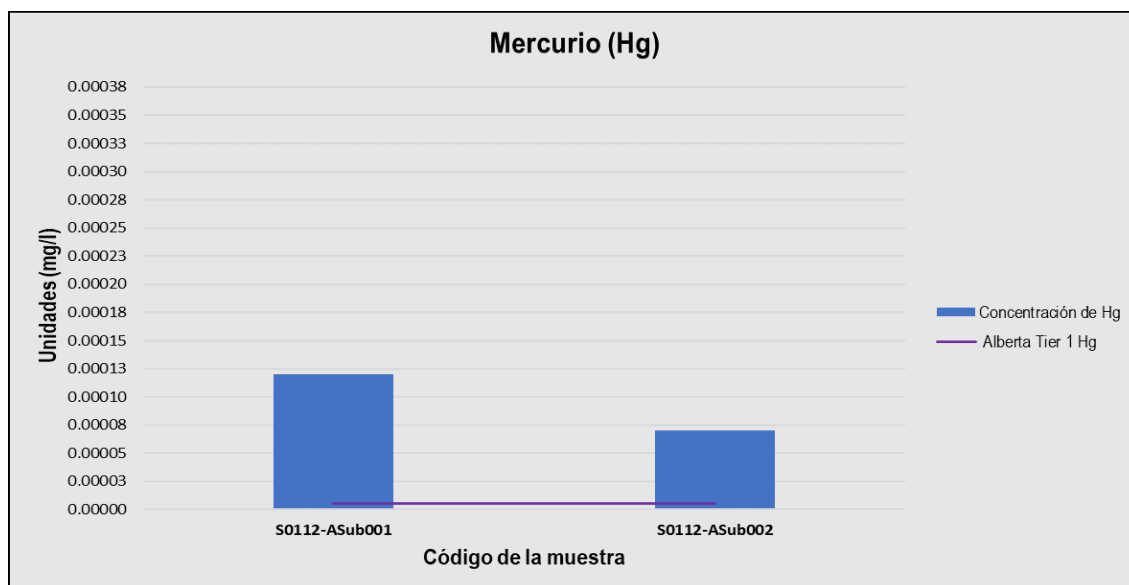
El Mercurio fue detectado fuera del estándar para agua (0,000005 mg/L) en dos (2) muestras de ambas épocas, pero el rango del tipo de análisis para este parámetro es mucho mayor.

Gráfico 4-22 Excedencias en mercurio - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

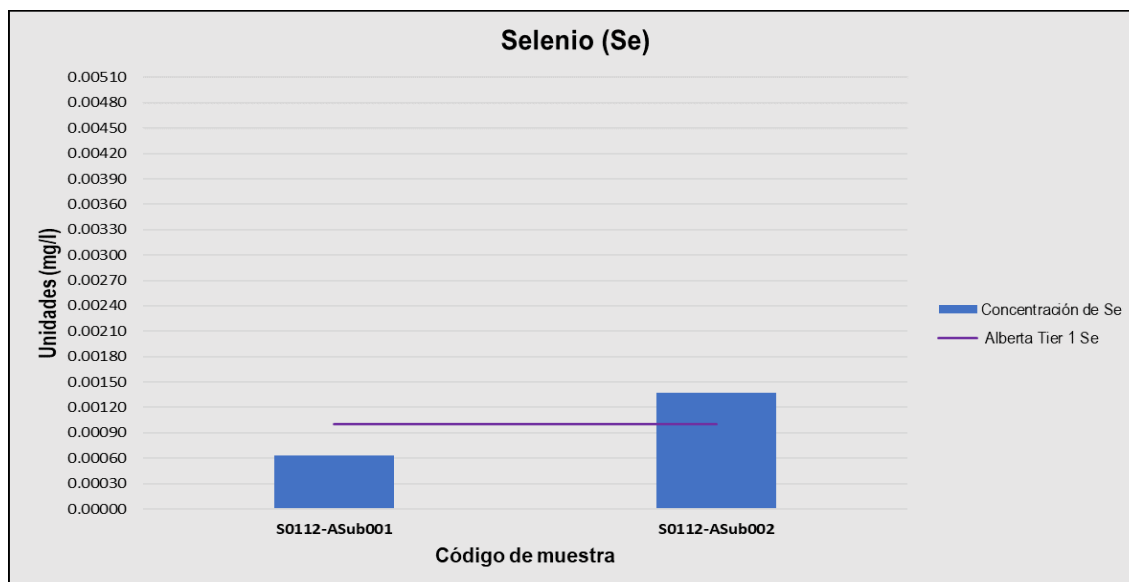
Gráfico 4-23 Excedencias en mercurio - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El selenio fue detectado fuera del estándar para agua (0,001 mg/L) en una (1) muestra época seca, siendo la estación: S0112-ASub002.

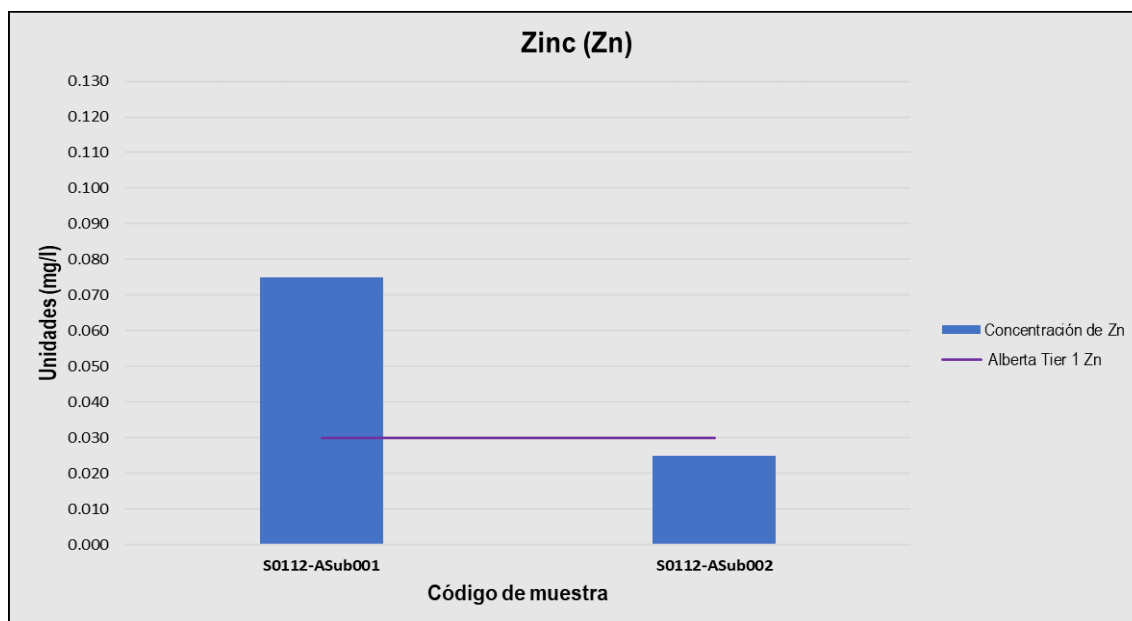
Gráfico 4-24 Excedencias en selenio - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

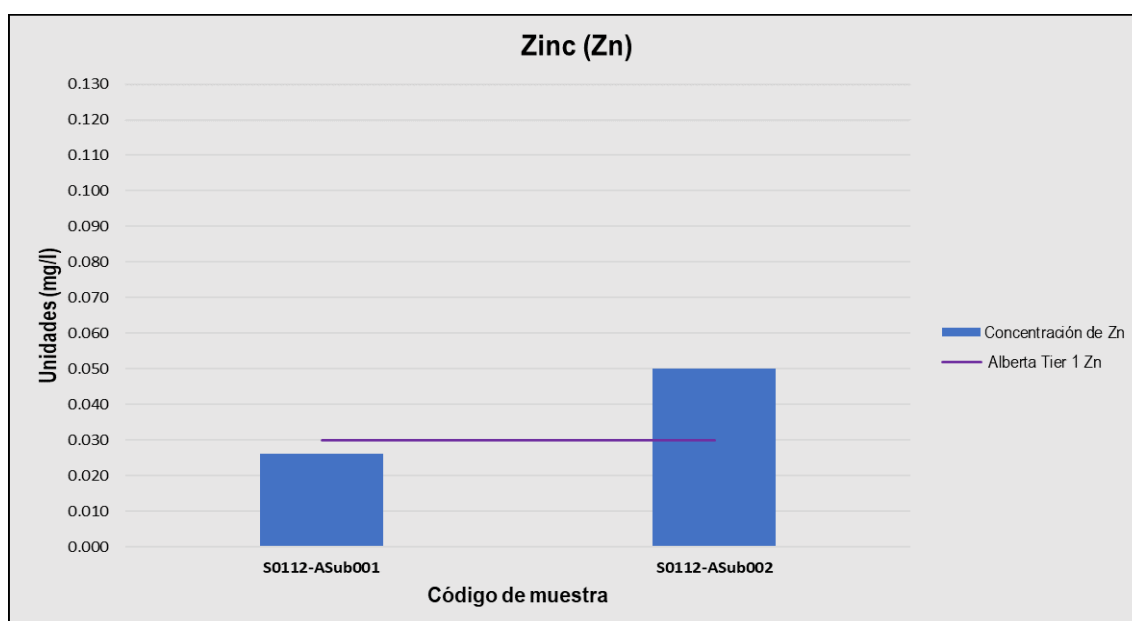
El zinc fue detectado fuera del estándar para agua (0,03 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0112-ASub001 (época húmeda) y S0112-ASub002 (época seca).

Gráfico 4-25 Excedencias en zinc - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Gráfico 4-26 Excedencias en zinc - Época seca



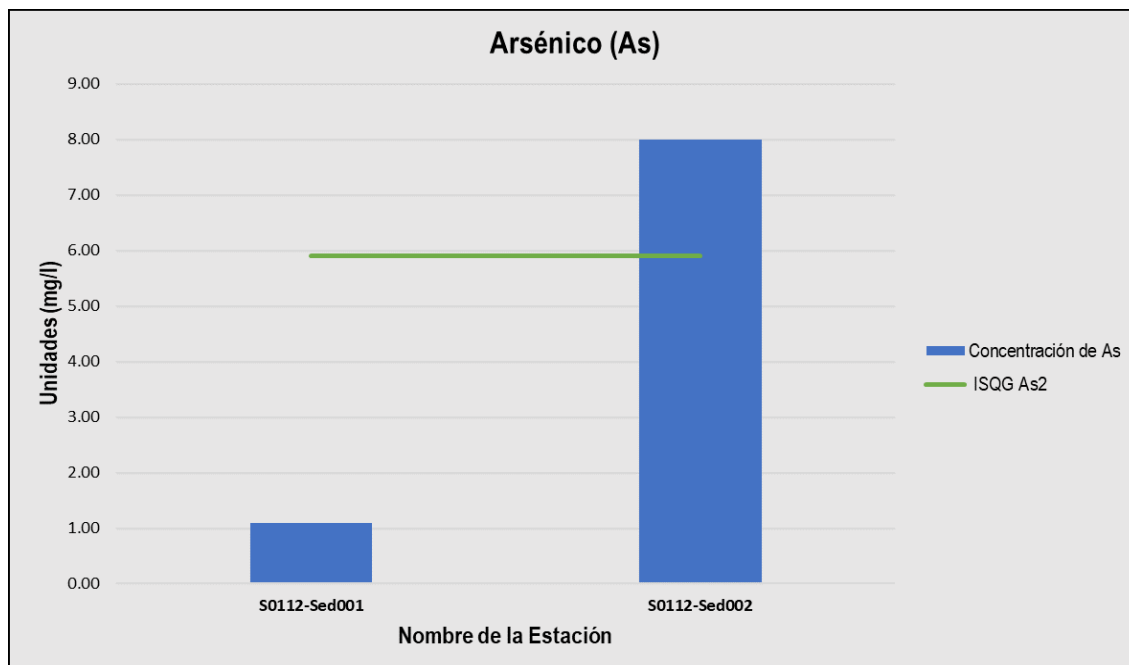
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Descripción de resultados de sedimentos

Se analizaron en total doce (12) muestras de sedimentos, de las cuales dos (2) corresponden a la época húmeda, y las diez (10) muestras restantes corresponden a la época seca. A continuación, la interpretación de los parámetros que registraron excedencias respecto a los estándares canadienses (Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life - ISQG): El arsénico fue detectado fuera del estándar para sedimentos (5,9 mg/kg) en ocho (8) muestras,

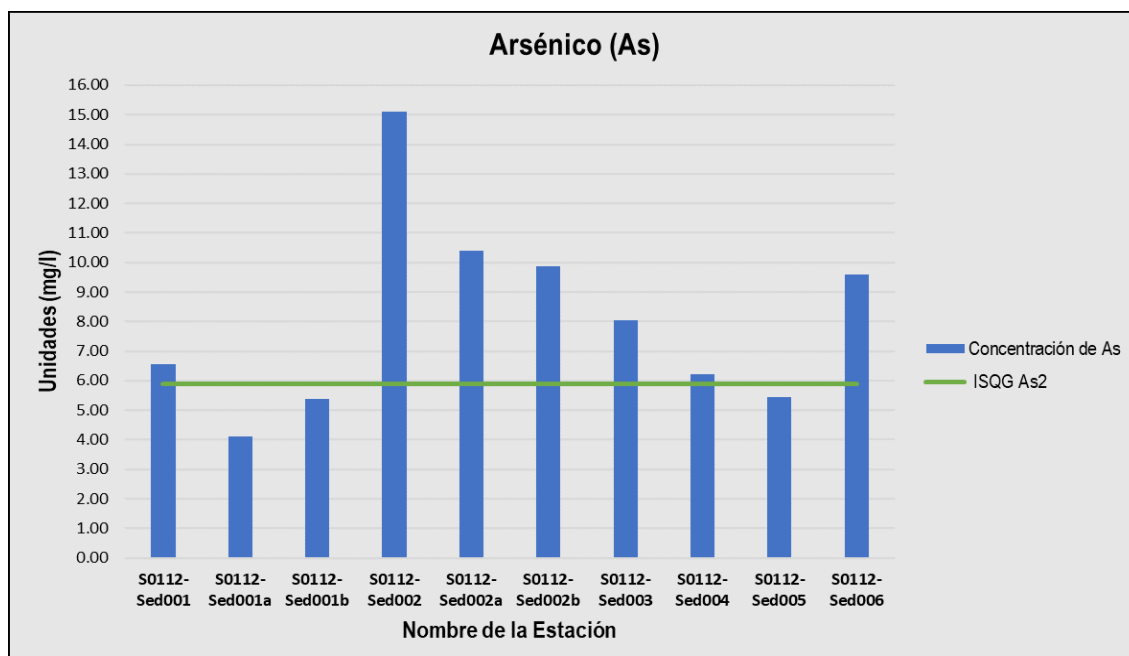
siendo las estaciones: S0112-Sed002 (ambas épocas), S0112-Sed001, S0112-Sed002a, S0112-Sed002b, S0112-Sed003, S0112-Sed004 y S0112-Sed006 (todas estas para época seca).

Gráfico 4-27 Excedencias en arsénico - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

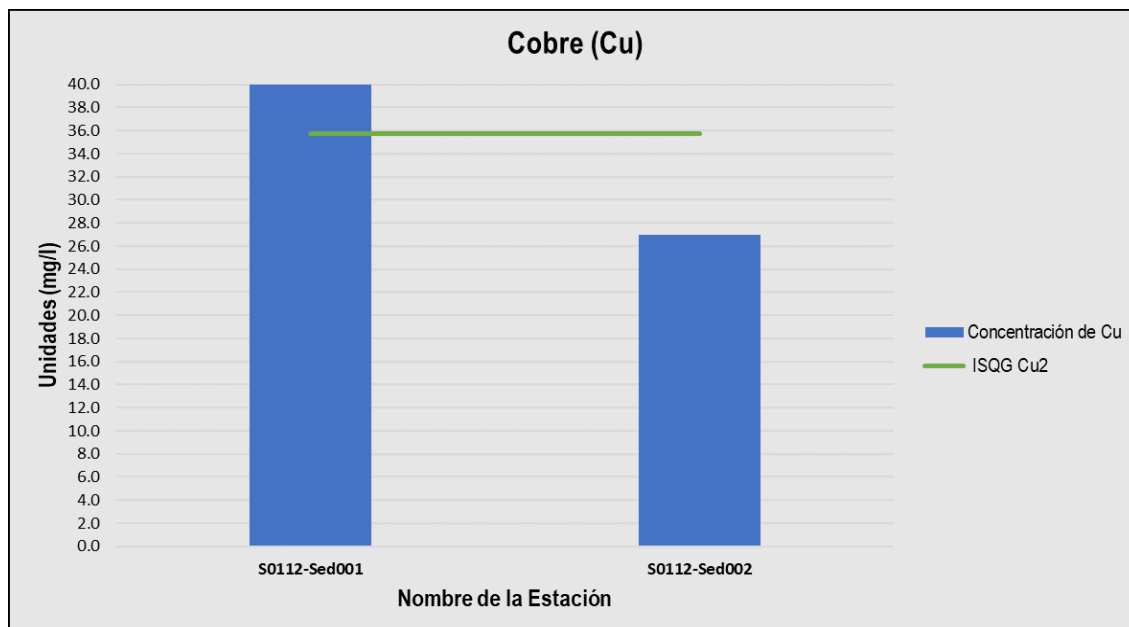
Gráfico 4-28 Excedencias en arsénico - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El cobre fue detectado fuera del estándar para sedimentos (35,7 mg/kg) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0112-Sed001.

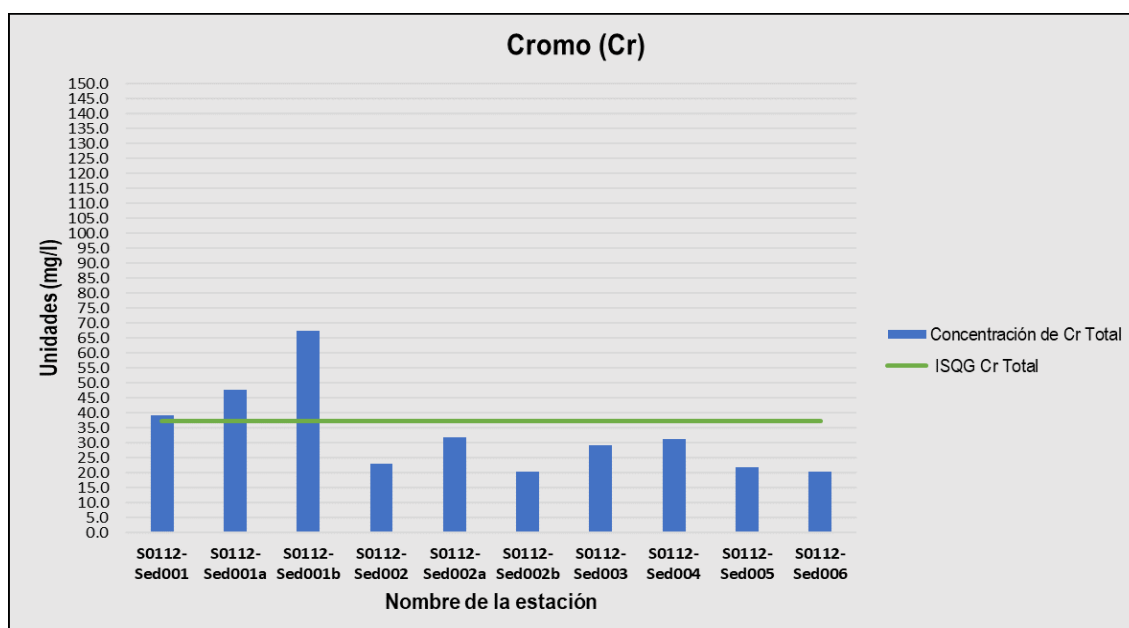
Gráfico 4-29 Excedencias en cobre - Época húmeda



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El cromo total fue detectado del estándar para sedimentos (37,3 mg/kg) en tres (3) muestras en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed001, S0112-Sed001a y S0112-Sed001b.

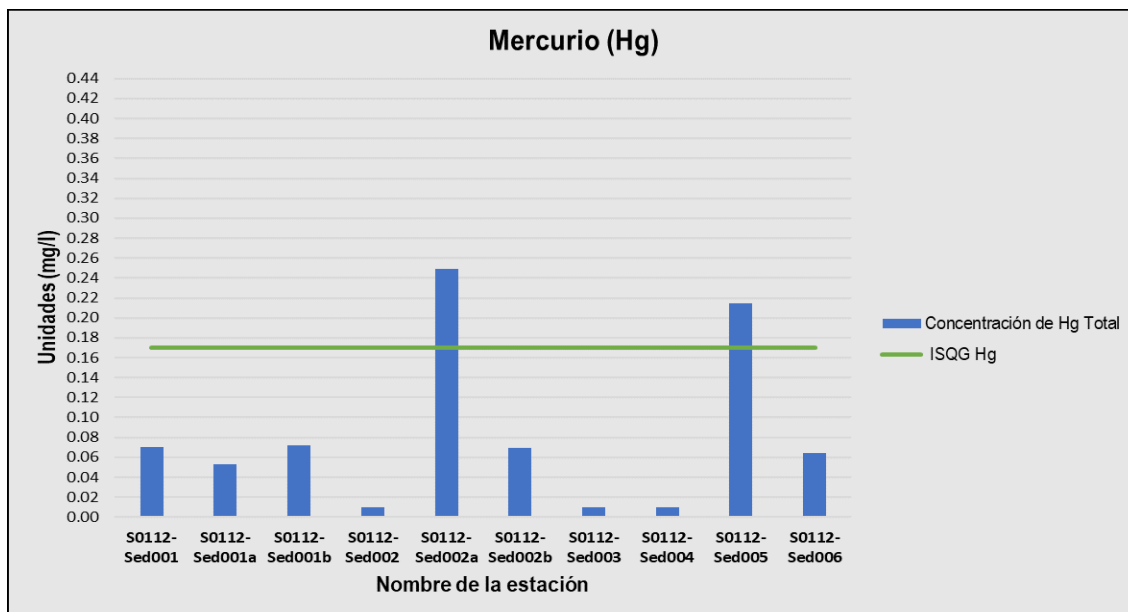
Gráfico 4-30 Excedencias en cromo total - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El mercurio fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,17 mg/kg) en dos (2) muestras en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed002a, S0112-Sed005.

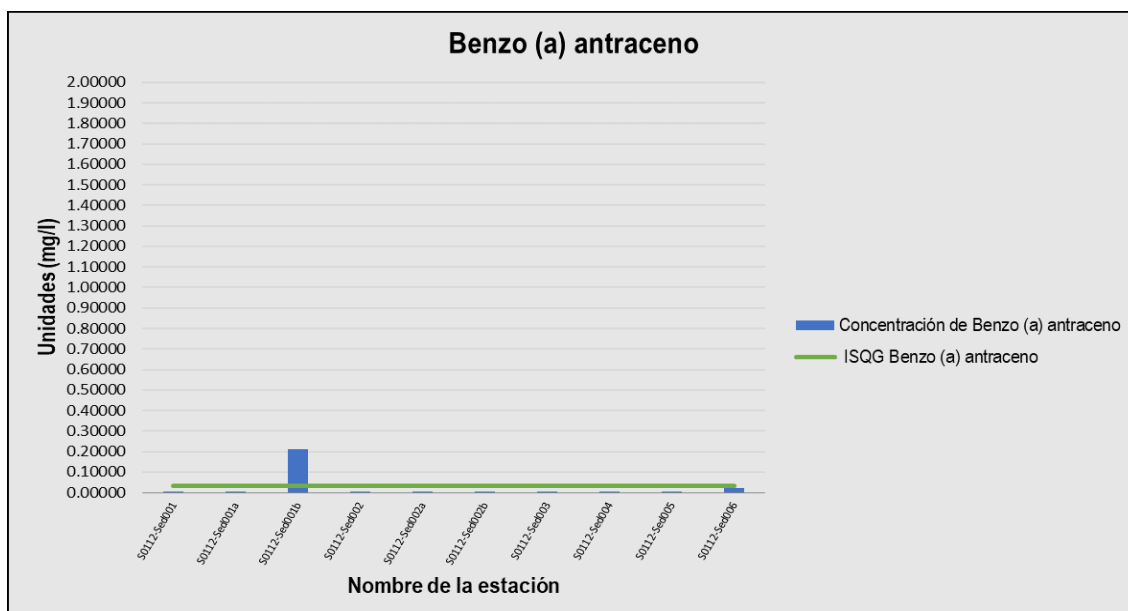
Gráfico 4-31 Excedencias en mercurio - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El benzo (a) antraceno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0317 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed001b.

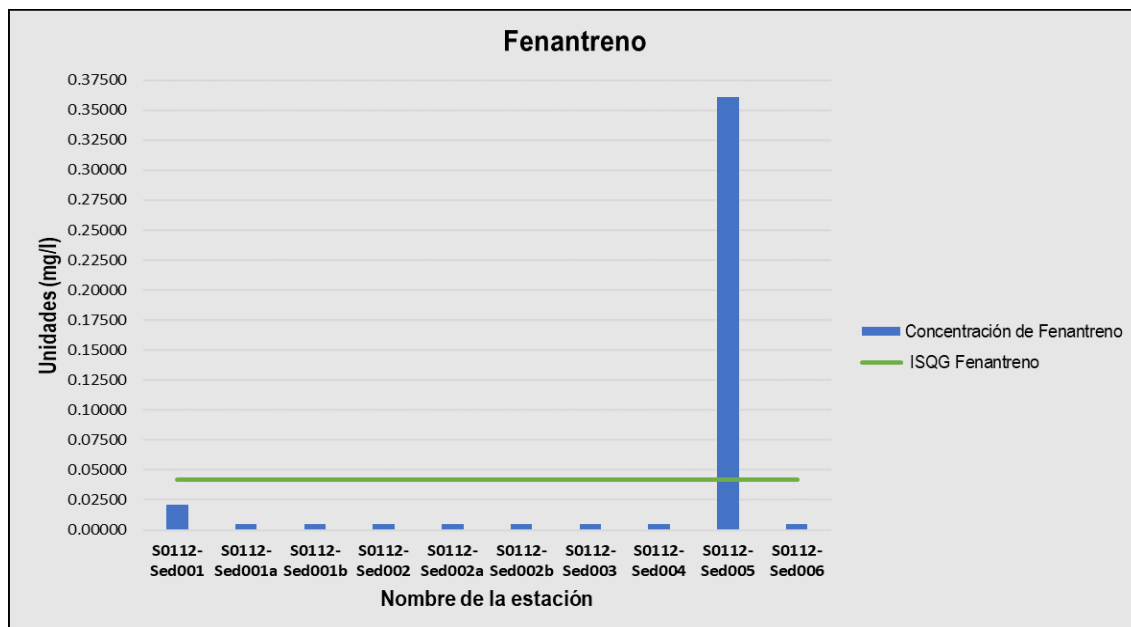
Gráfico 4-32 Excedencias en benzo (a) antraceno - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El fenantreno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0419 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed005.

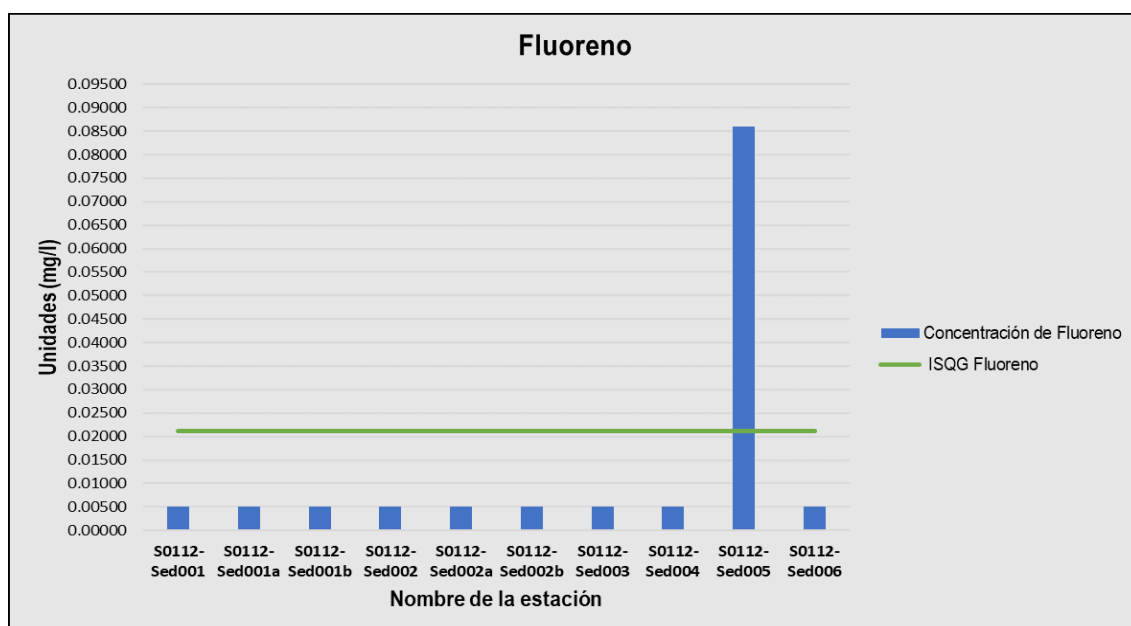
Gráfico 4-33 Excedencias en fenantreno - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El fluoreno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0212 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0112-Sed005.

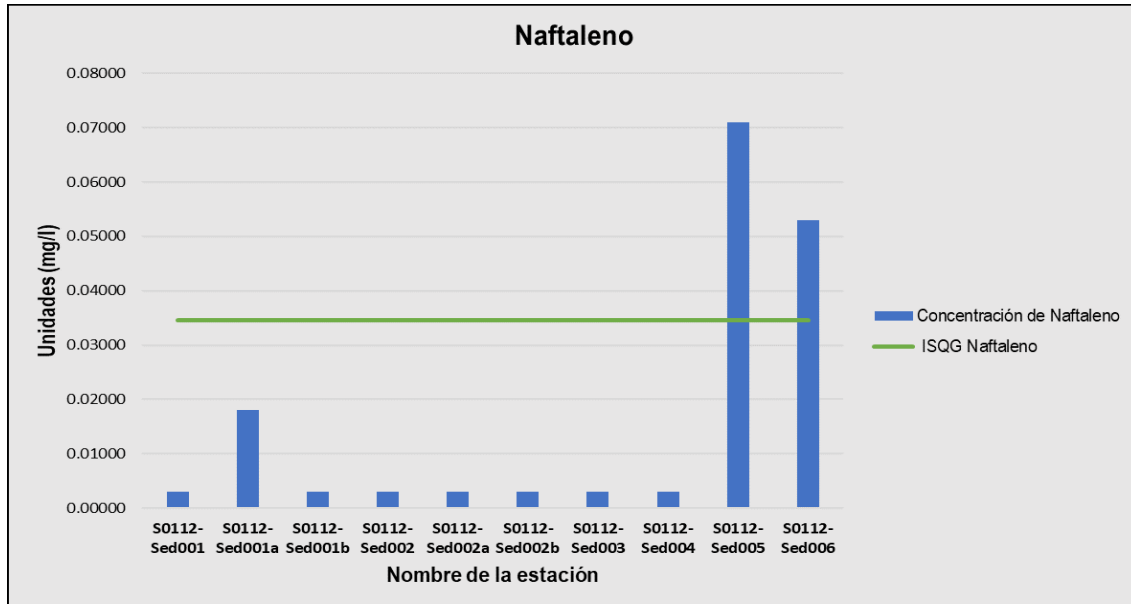
Gráfico 4-34 Excedencias en fluoreno - Época seca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El naftaleno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0346 mg/kg) en dos (2) muestra en la época seca, siendo las estaciones: S0112-Sed005 y S0112-Sed006.

Gráfico 4-35 Excedencias en naftaleno - Época seca



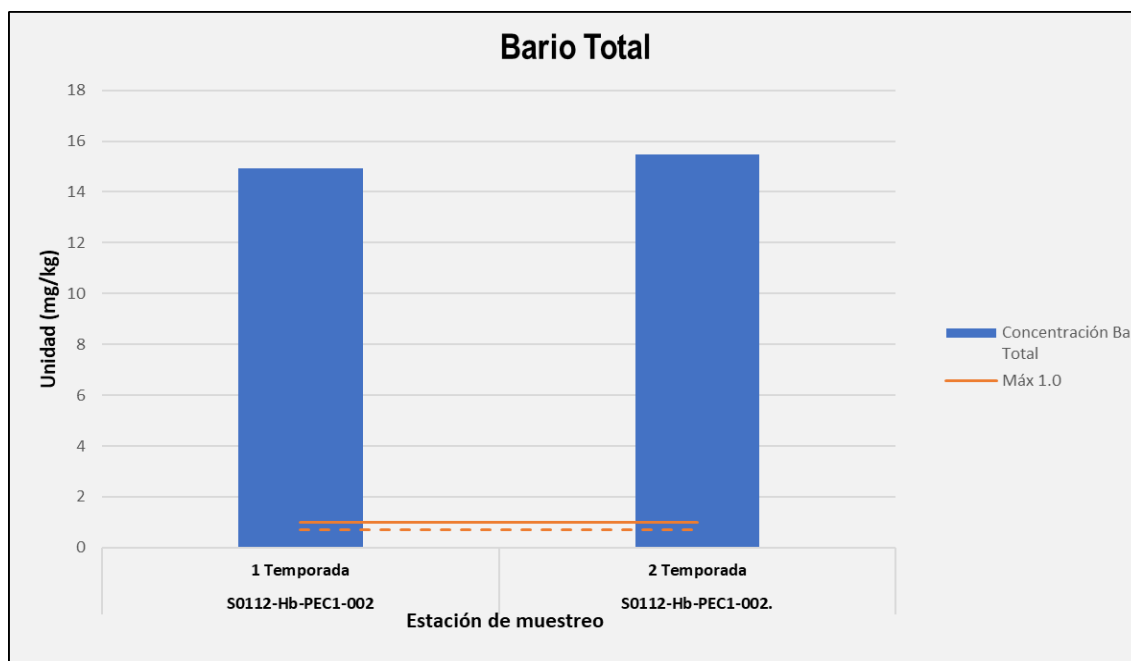
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Descripción de resultados de peces

Se analizaron en total dos (2) muestras de peces (muestra compuesta para cada época), cuyos resultados fueron comparados con los “Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación”, aprobados mediante la R.D.E. N° 057 2016 SANIPES-DE. Sin embargo, para el caso del Bario y otros parámetros los cuales no se tiene una referencia de concentraciones en tejido muscular; se consideraron los valores estipulados para la matriz en la que se muestrearon los peces (agua superficial), Categoría 4, E.2 Ríos de selva, aprobados mediante D.S. N° 004-2017 MINAM.

El bario fue detectado fuera del rango del ECA para Agua, Categoría 4, E.2 Ríos de selva (0,7-1 mg/kg) en las dos (2) muestras (ambas épocas) proveniente de la estación: S0112-Hb-PEC1-002.

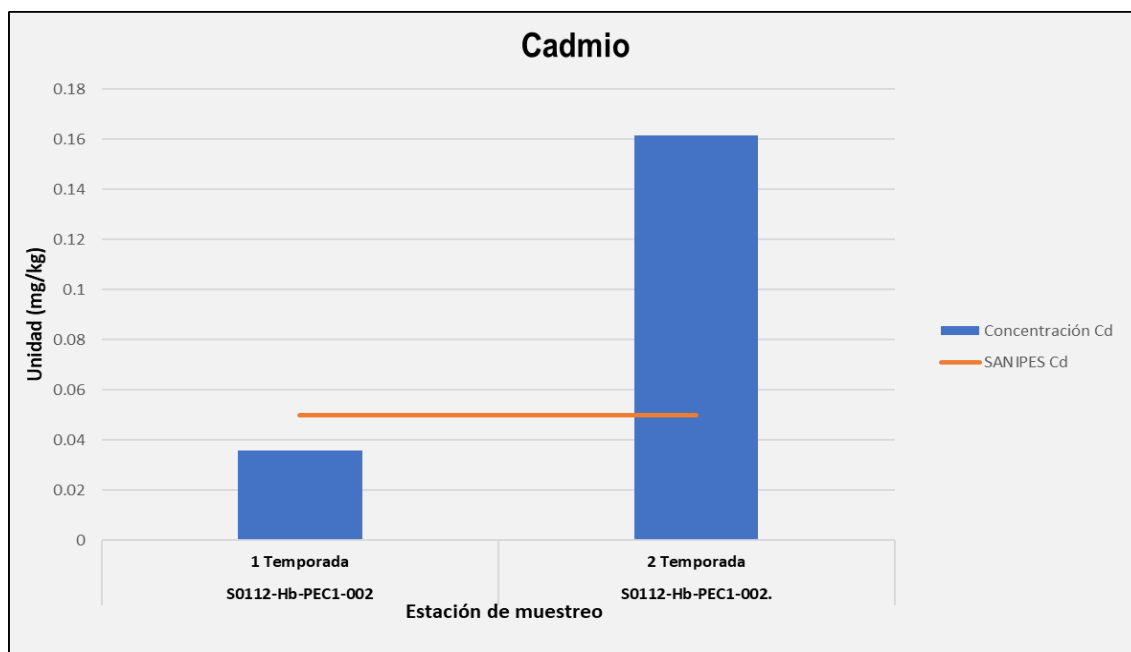
Gráfico 4-36 Excedencias en bario total (ambas épocas)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El cadmio fue detectado fuera del rango de los Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros (0,05 mg/kg) en una (1) muestra de la época seca, proveniente de la estación: S0112-Hb-PEC1-002 (0,1614 mg/kg).

Gráfico 4-37 Excedencias en cadmio (ambas épocas)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

D) Evaluación de la información

La evaluación de la información de sitios contaminados involucró el uso de referentes normativos nacionales e internacionales; además de un intenso trabajo de campo que permite definir las características de los escenarios de exposición, las variables antropométricas nacionales, patrones de consumo de la población en el área de influencia y características propias del suelo; incluyendo las concentraciones de una gran gama de contaminantes monitoreados, para así contar con información suficiente para definir un escenario de exposición más cercano a la realidad.

En una etapa inicial, la información recopilada en campo es procesada para ser comparada con unos niveles de referencia (ECA o estándares nacionales y/o internacionales) que permiten evaluar si existe un problema en el sitio. Posteriormente, gracias a la información recopilada en campo, se calculan unos niveles de remediación que son valores de concentración característicos de cada sustancia en escenarios de exposición definidos y se calculan con base en una metodología denominada Risk Based Corrective Action (RBCA) o acciones correctivas basadas en riesgo y más conocida como metodología RBCA por sus siglas en inglés.

Antes de entrar en detalle de la metodología RBCA, es preciso indicar que esta metodología se basa en la determinación de un “riesgo aceptable”, teniendo en cuenta la exposición de los humanos y otros receptores sensibles a los medios afectados por presencia de compuestos de preocupación. Por otro lado, el riesgo es la medida de la probabilidad de que una sustancia peligrosa pueda ocasionar un daño a la salud o al ambiente. (USEPA, 2018)

En el ámbito medioambiental se ha implementado una herramienta conocida como análisis de riesgo que permite, en principio, priorizar la magnitud del riesgo para así poder tomar una decisión e intervenir prioritariamente un evento antes que otro medido. Este análisis de riesgos es una herramienta muy versátil, la cual permite por un lado determinar las concentraciones de contaminantes en suelo necesarias para que este riesgo no exceda; y por el otro lado, determinar el nivel de riesgo con base en mediciones hechas en campo para contaminantes ambientales en suelo.

La metodología RBCA entonces, se basa en los principios de análisis de riesgos y consecuentemente se basa en principios científicos y de información de esta misma índole validada por pares alrededor del mundo. Agencias internacionales como USEPA y OMS (Organización Mundial de la Salud) han desarrollado un amplio número de estudios para determinar la toxicidad de sustancias de interés toxicológico para el medio ambiente y la calidad de vida de sus receptores, para poder así determinar cuál es el nivel de riesgo aceptable para las diferentes poblaciones a proteger.

Aunque se habla de un gran número de sustancias químicas evaluadas desde el punto de vista toxicológico, estas básicamente pueden dividirse en cancerígenas y no cancerígenas. En la metodología RBCA, para las sustancias cancerígenas se fija un límite de riesgo aceptable denominado riesgo objetivo o TR (Target Risk) por sus siglas en inglés, mientras que, para las sustancias no cancerígenas, el riesgo se mide como un cociente denominado coeficiente de peligrosidad o HQ (Hazard Quotient) por sus siglas en inglés.

En las guías ASTM E1739 - 95(2015) se define el TR como un valor entre 0 y 10^{-4} , 10^{-5} o 10^{-6} con un trasfondo estadístico, donde su significado se relaciona con cuántos casos de cáncer sobre ese umbral se consideran aceptables, diferentes de las causas comunes (cigarrillo, radiación, entre otros) y atribuibles a la exposición a esta sustancia particular. Para este caso específico, las guías ERSA establecen un TR de 10^{-5} .

Para el caso de las sustancias no cancerígenas y su coeficiente de peligrosidad, las mismas guías definen este como un valor entre cero y N, correspondiente al cociente entre el valor de la exposición medida a un contaminante químico y la dosis de referencia del mismo, siendo entonces que un valor de 1 corresponde a un escenario donde la exposición medioambiental es igual a la dosis de referencia, cualquier valor superior a 1, se considera de especial atención ya que la probabilidad de que ocurran efectos indeseados se puede ver aumentada.

Es importante resaltar que el $HQ=1$ es un valor conservador ya que se está asumiendo que hay una absorción completa del contaminante por todas las vías, situación que se considera el peor escenario, por lo que se recomienda refinar la evaluación de exposición en estos casos, introduciendo variables cuantificadas y no por defecto.

Siendo la metodología RBCA el resultado del análisis de estudios preliminares medioambientales con herramientas de evaluación de riesgo basadas en los límites de exposición a contaminantes derivados de estudios toxicológicos revisados por pares, esta se desarrolla metodológicamente de forma escalonada debido a las implicaciones de costos; es así como las guías ASTM E1739 - 95(2015) establecen entonces un camino de seis pasos para la evaluación de riesgo a saber:

- **Evaluación preliminar del sitio contaminado**

Se definen los contaminantes de interés, los posibles impactos ambientales, tipos de receptores y vías de transporte de contaminantes importantes.

- **Clasificación del sitio de acuerdo con su urgencia de intervención**

Como indica su nombre, en esta etapa se hace una clasificación de la urgencia de la intervención en los casos donde haya varios sitios contaminados, en caso de ser un solo sitio el objeto de análisis, este paso podría obviarse.

- **TIER I**

En este paso se utilizan niveles de referencia para los diferentes contaminantes y simplemente se hace una comparación, siendo la conclusión de este análisis si los niveles encontrados exceden o no los niveles de referencia. En caso de que los valores medidos sean inferiores al nivel de referencia establecido, la autoridad competente entrará a hacer lo de su competencia para cerrar el caso, de lo contrario se pasa a TIER II.

- **TIER II**

En esta etapa de la evaluación es posible determinar los niveles de remediación específicos del sitio, por inclusión de nuevos datos reales medidos en campo. En los niveles de análisis TIER I y TIER II se usan los mismos niveles de riesgo; ya sea el TR o el HQ, pero la diferencia es, como se expresó anteriormente, que se introducen valores obtenidos de investigaciones realizadas en el sitio para minimizar la incertidumbre. Generalmente en el TIER II se usan las mismas ecuaciones genéricas usadas para el cálculo mismo de los niveles de referencia (por ejemplo, los Soil Screening levels de la USEPA) donde se sustituye la información genérica por una más real. Comúnmente se usan modelos de dispersión o transporte y destino de contaminantes en esta etapa.

- **TIER III**

En esta etapa se hace uso de una evaluación probabilística dejando a un lado la estocástica o determinista, lo que hace que el nivel de complejidad del análisis aumente, lo anterior aunado al uso de modelos de transporte de contaminantes más complejos y detallados que se ven reflejados en el costo de la operación. Además de la medición de parámetros de campo más específicos que los desarrollados en el TIER II. En esta etapa comúnmente se puede hacer una evaluación de

costo-beneficio en la medida en que a veces las acciones para realizar una remediación pueden ser más económicas que las de la evaluación misma.

- **Acción correctiva**

Esta es la última etapa de la metodología RBCA y permite un manejo costo-eficiencia en el alcance de los niveles de remediación calculados para que el sitio objeto de análisis entre en cumplimiento normativo y lo que represente un riesgo aceptable por exposición de los receptores identificados como prioritarios.

Para esto, se debe establecer un plan de reducción de la contaminación presente hasta el nivel o menor al nivel definido como objetivo de remediación. Como consecuencia de la rigurosidad de la metodología, el uso de información científica evaluada por pares y modelos de dispersión de contaminantes y probabilísticos, la metodología RBCA es considerada suficientemente robusta para la toma de decisiones de control y regulatorias.

4.2 Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.

4.2.1 Determinación de los Contaminantes de Preocupación (CP).

Los Contaminantes de Preocupación (CP) vienen a ser aquellos elementos y/o compuestos químicos los cuales cuentan con el potencial de generar efectos sobre la salud humana y/o al ambiente (receptores), siempre y cuando estos receptores entren en contacto con el sitio contaminado. En este sentido, para poder definir dichos contaminantes en el sitio S0112 (Sitio 35), se ha tenido en cuenta toda la información disponible del área de estudio (primaria, secundaria); partiendo desde la investigación histórica, la cual nos permitió contextualizar los eventos históricos, así como los procesos y/u orígenes de la contaminación (fuentes potenciales) del sitio S0112 (Sitio 35).

También se tuvo en cuenta las labores de la caracterización, las cuales permitieron corroborar y delimitar la extensión de la contaminación, así como identificar y evaluar los mecanismos de transporte, rutas de exposición y potenciales receptores (humanos, ecosistemas, entre otros) que puedan verse afectados.

Para determinar los CP como parte del ERSA del sitio S0112 (Sitio 35), se siguen los criterios expuestos en el ítem 3.1. de la Guía para la elaboración del ERSA (R.M. N° 034-2015-MINAM); donde se fijan una serie de pasos para poder definirlos.

- **Análisis comparativo con los niveles de fondo**

En esta primera etapa, se realizó el análisis comparativo de todas las concentraciones obtenidas de las muestras de suelo con la muestra de nivel de fondo (S0112-NF) del sitio, de la cual se obtuvo que, en su mayoría los parámetros registran concentraciones superiores a los niveles de fondo en el suelo; por lo tanto, en este primer paso se mantienen a todos los parámetros analizados como contaminantes de preocupación.

Se precisa que la muestra de nivel de fondo (S0112-NF) es el resultado de la combinación de tres submuestras tomadas en los alrededores del área impactada con características geológicas, climáticas y vegetación similarⁱⁱ. La misma que fue comparada adicionalmente con 13 muestras de niveles de fondo de los demás sitios impactados.

ⁱⁱ Existen muestreos de niveles de fondo obtenidos de información bibliográfica, sin embargo, se encuentran a distancias que superan los 100 km, por lo tanto, no fueron considerados en el análisis.

Este análisis comparativo no se aplicó para las matrices de agua superficial, agua subterránea, sedimentos e hidrobiología, toda vez que no se tomaron muestras de nivel de fondo.

- **Variables donde todos los valores medidos son inferiores al LDA**

Se seleccionan aquellos parámetros donde todos los valores medidos dieron resultados inferiores al Límite de Detección Analítico (LDA) y se excluyen del análisis. Normalmente se excluyen debido a que la incertidumbre estadística es muy alta como para tomar estos valores como representativos de la concentración real de los contaminantes en las muestras; sin embargo, para el presente análisis se verificó que el Límite de Detección Analítico (LDA) fuera inferior a los ECA o límite de referencia internacional (para aquellos parámetros que tienen un nivel de referencia).

- **Análisis comparativo con los estándares nacionales e internacionales**

Los parámetros que han superado los niveles de fondo (suelo) se compararon con los ECA y Estándares Internacionales (para las diferentes matrices evaluadas) en al menos una muestra; a fin de definir los posibles Contaminantes de Preocupación (CP).

- **Cálculo del UCL95**

Para los valores que no fueron descartados en los pasos anteriores y cuando el número de datos es mayor a 10, se calculó el Límite Superior del Intervalo de Confianza Unilateral del 95 % de la media aritmética (UCL95) con ayuda del programa estadístico ProUCL 5.1 de la US EPA. Para los parámetros con un registro menor a 10 datos, se seleccionó el mayor valor reportado.

El programa ProUCL genera diferentes valores de UCL95 en función de la distribución estadística y el número de datos. Para la evaluación se empleó como UCL95 el que mejor ajuste tiene y que es recomendado por el programa.

Se debe tener en cuenta que para los valores cuya concentración es inferior al LDA se tomó el valor del LDA para realizar el cálculo del UCL95, toda vez que al sustituir estos valores inferiores al LDA por LDM/2 no permitiría realizar un cálculo representativo del UCL95, pudiendo desestimar el valor real del contaminante ^{kk}. El análisis estadístico a través del software ProUCL 5.1 para los CP se adjuntan en el Anexo 6.6.1.

Para aquellos parámetros que presentaron un registro menor a diez (10) datos, se utilizará la concentración más alta reportada la cual reemplazará al UCL95.

- **Comparación del UCL95 con los ECA y estándares internacionales**

Los UCL95 y los valores máximos fueron calculados teniendo en cuenta la época (seca o húmeda) por cada matriz evaluada. Posterior a ello, se compararon los UCL95 de cada CPP con los ECA y/o Estándares Internacionales (siendo estas últimas de carácter referencial) de acuerdo con lo siguiente:

Suelo

- Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, Categoría para Uso Agrícola.
- Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Uso Agrícola.

^{kk} ProUCL Version 5.1 User Guide. Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations. Item 1.11

Sedimentos

- Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life – ISQG.
- Dutch Target and Intervention Values (Holanda, 2000).

Agua superficial

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos de Selva para todos los parámetros a excepción del Arsénico, el cual fue comparada con la Subcategoría A1: Aguas que puedan ser potabilizadas con desinfección.

Agua subterránea

- Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines.
- Valor Referencial para el lixiviado de suelo y el agua subterránea en Alemania ^{II}.

Cuadro 4-2 Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo

CP	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benceno	-	0,17 *	0,03	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Benzo(a) antraceno	-	0,216	0,1	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Benzo(b) fluoranteno	-	0,103	0,1	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL. Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Boro	6,448	6,779 ^(a) 2,239 ^(b)	2	95 % Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Cromo Total	11,4	86,1	64	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Fenantreno	-	2,276	0,1	95 % Chebyshev(Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Fluoreno	-	1,123	0,25	95 % Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Fracción C10-C28	-	4818 ^(a) 5354 ^(b)	1200	95 % Chebyshev(Mean, Sd) UCL ^(a) Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría 95 % Student's-t UCL ^(b) Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Fracción C28-C40	-	3 252 ^(a) 5 704 ^(b)	3 000	95 % Chebyshev(Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría

^{II} Cuadro n. VI-21 de la Guía para la Elaboración de Estudios de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados, 2015.

Cuadro 4-2 Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo

CP	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Naftaleno	-	1,654	0,1	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría.
Selenio	1,451	2,449 ^(a) 1,122 ^(b)	1	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL ^(a) Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría 95 % Student's-t UCL ^(b) Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95 %.

^(a) UCL95 para las muestras de la época húmeda / ^(b) UCL95 para las muestras de la época seca.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-3 Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua subterránea

CP	Nivel de Fondo (mg/kg)	Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Fósforo	-	0,209	0,05	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Cloruros	-	697	100,00	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Aluminio	-	4,15	0,01	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Arsénico	-	0,00541	0,005	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Hierro	-	33	0,30	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Manganeso	-	4,3557	0,050	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Mercurio	-	0,00012	0,000005	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Selenio	-	0,00137	0,001	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Zinc	-	0,075	0,03	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.

^(a) UCL95 para las muestras de la época húmeda / ^(b) UCL95 para las muestras de la época seca.

Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-4 Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua superficial

CP	Nivel de fondo (mg/kg)	Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Fosforo	-	0,057	0,05 ^a	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Arsénico	-	0,0119	0.01 ^b	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.

(^a) UCL95 para las muestras de la época húmeda / (^b) UCL95 para las muestras de la época seca.

a Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4, Subcategoría E2 (D.S. N.° 004-2017-MINAM).

b Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 1, Subcategoría A1 (D.S. N.° 004-2017-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-5 Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos

CP	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Arsénico Total	-	7,99 (^a)* 9,50 (^b)	5,9	95 % Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Bario	-	230.4	160	95 % Adjusted Gamma UCL recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Benzo (a) antraceno	-	0,106 *	0,0317	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Benzo (e) pireno	-	0,09 (^a)* 0,045 (^b)	0,0319	95 % Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Cobre Total	-	40 * 35 (^b)	35,7	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Cromo Total	-	39,61	37,3	95 % Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Fenantreno	-	0,361	0,0419	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Fluoreno	-	0,086	0,0212	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Naftaleno	-	0,0466	0,0346	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95 %.

(^a) UCL95 para las muestras de la época húmeda / (^b) UCL95 para las muestras de la época seca.

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life

Dutch Target and Intervention Values (Holanda, 2000) Annex A: Target Values, soil remediation intervention values and indicative levels for serious contamination – Table 1a

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el Anexo 6.6.2 se presenta el detalle de los CP con sus respectivos UCL95; asimismo, teniendo en cuenta los criterios expuestos anteriormente, se muestra en el siguiente cuadro aquellos parámetros evaluados los cuales no fueron considerados como CP.

Cuadro 4-6 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Acenafteno, Acenaftileno, Antimonio, Antraceno, Arsénico, Bario, Benzo (a) pireno, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Etilbenceno, Fluoranteno, Fenantreno, Indeno (1,2,3-c, d) pireno, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Tolueno, Uranio, Vanadio, Xilenos, Zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Wolframio, Hidrocarburos C5-C10 Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1.2.3-c.d) pireno, Naftaleno, Pireno, Benceno, Etilbenceno, m.p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Sedimento	Cadmio, Cobre, Criseno, Mercurio, Plomo, Zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Antimonio, Mercurio, Níquel, Plata, Wolframio, Hidrocarburos C10-C28, Hidrocarburos C28-C40, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAP's, Indeno (1,2,3-c,d) pireno, Naftaleno, Pireno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Agua subterránea	Antimonio, Bario, Berilio, Boro, Cobalto, Cromo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Uranio, Zinc	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Berilio, Bismuto, Cadmio, Cromo, Mercurio, Plata, Talio, Vanadio, Wolframio, Hidrocarburos C10-C28, Hidrocarburos C10-C40, Hidrocarburos C28-C40, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1.2.3-c.d) pireno, Naftaleno, Pentaclorofenol, Pireno, Benceno, Etilbenceno, m.p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Agua superficial	Aluminio, Antimonio, Bario, Boro, Cobalto, Cobre, Molibdeno, Plomo, Selenio, Zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Berilio, Bismuto, Cadmio, Cromo, Mercurio, Níquel, Plata, Talio, Uranio, Vanadio, Wolframio, Hidrocarburos C10-C28, Hidrocarburos C10-C40, Hidrocarburos C28-C40, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1.2.3-c.d) pireno, Naftaleno, Pentaclorofenol, Pireno, Benceno, Etilbenceno, m.p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Respecto a los CP identificados en peces, estos no se establecieron como una matriz ambiental como tal, debido a que estos forman parte de un ecosistema ecológico; por lo tanto, dichos elementos se han considerado y se detallan en el escenario ecológico. Hay que tener en cuenta que estos peces actúan más como una posible vía de exposición (en caso llegasen a presentar una vía completa) hacia los receptores humanos.

La caracterización de las aguas subterráneas se realizó recolectando muestras en dos (2) puntos para el sitio S0112 (Sitio 35) - ASub001 y ASub002 - considerando la dirección predominante del flujo para época húmeda y seca. De los resultados analíticos no se presenta concentraciones relevantes de hidrocarburos, la totalidad de parámetros reportaron concentraciones inferiores al LDA, aun cuando el nivel freático es elevado con variaciones de hasta un mínimo de 1,2 m en él. El agua subterránea del sitio S0112 (Sitio 35) reportó valores importantes de fósforo, cloruros, aluminio, arsénico, hierro, manganeso, mercurio, selenio y zinc, concentraciones posiblemente relacionadas a la geoquímica del lugar y no a contaminantes por derrames históricos de hidrocarburos en el sitio.

Por lo expuesto, el agua subterránea no es considerada como fuente secundaria; además, no existe una ruta de exposición completa entre los contaminantes y los receptores humanos en el sitio, pues el consumo de agua potable no proviene del agua subterránea, similarmente para los receptores fuera del sitio (C.N. José Olaya) los cuales distan 11,7 km del sitio impactado.

A pesar que el agua subterránea no es considerada como fuente secundaria, esta correspondería a un medio de transporte para la lixiviación de CP desde el suelo y subsuelo afectado.

• Criterios de selección para escenario humano

Respecto al escenario humano, se recomienda usar el “Límite Superior del Intervalo de Confianza Unilateral del 95 % de la media aritmética (UCL95)” al ser una medida de “exposición máxima razonable”, representativa y relevante para describir concentraciones en evaluaciones ambientales (US EPA, 1989):

- Para contaminantes no cancerígenos: Se considerará en el ERSA si el UCL95 es igual o encima del estándar ambiental adoptado.
- Para contaminantes cancerígenos: Todos los contaminantes considerados cancerígenos con el UCL95 encima del estándar ambiental aplicado serán considerados en el ERSA.

De acuerdo con la Guía para la elaboración del ERSA, sugiere que para el caso de aquellas concentraciones de contaminantes que se encuentren bajo los límites de detección analíticos (LDA), se considerará la concentración equivalente a la mitad del LDA para el cálculo del UCL95. Sin embargo, y ante lo expuesto en el ítem 4.2.1. del presente informe, se consideró el valor del LDA para realizar el cálculo del UCL95.

Dentro de otras consideraciones, se tiene para aquellos contaminantes no considerados inicialmente en la evaluación de riesgos bajo los criterios antes señalados, se revisarán considerando los siguientes aspectos:

- Importancia considerable de la sustancia según la toxicidad, movilidad, persistencia, bioacumulación, carcinogenicidad, mutagenicidad y alteradores endócrinos.
- La sustancia desempeña un papel importante en las rutas de exposición específicas en el área de estudio.
- Toxicidad equivalente de la clase de químicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinógenos [cHAP's], dioxinas, furanos, etc.).

Partiendo del modelo conceptual del sitio S0112 (Sitio 35), donde se exponen las vías de exposición para este escenario; se plantean dos (2) receptores: el poblador de la CN José Olaya y los receptores ecológico; respecto al poblado local se identificaron tres (3) posibles escenarios humanos, los cuales estarían expuestos ante los CP: escenario humano 1 (poblador local - cazadores y/o pescadores esporádicos), correspondiente a pobladores que probablemente realicen actividades de pesca y/o caza en el sitio impactado o cerca a este; escenario humano 2 (poblador local - trabajadores industriales), los cuales se encuentran realizando sus actividades de mantenimiento y vigilancia a las instalaciones industriales (tanques, almacenes, pozos, etc.); finalmente el escenario humano 3 (poblador local – residente de la Comunidad Nativa José Olaya).

Las sustancias determinadas como contaminantes de preocupación presentan una probabilidad de entrar en contacto con estos receptores, bajo un contexto crítico; es decir, en el peor de los escenarios en el cual podría darse una posible afección a los mismos. A continuación, se detalla los CP para el escenario humano, teniendo en cuenta los criterios expuestos anteriormente:

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
Cazadores y pescadores esporádicos	Adulto	Suelo: Contacto dérmico / absorción / Inhalación	Boro	No	El boro es un compuesto que ocurre en forma natural en el ambiente. A menudo se encuentra combinado con otras sustancias formando compuestos llamados boratos. Algunos boratos comunes incluyen al ácido bórico, sales de boratos y óxido de boro. Ampliamente distribuido en minerales de la corteza terrestre. Ocupa el lugar 51 en la lista de los elementos más comunes en la corteza terrestre y se encuentra en una concentración promedio de 8 mg/kg. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA no han clasificado al boro en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.
			Selenio	No	El selenio ocurre naturalmente en el ambiente y como elemento no puede ser manufacturado o destruido, sólo puede cambiar de forma en el ambiente. IARC determinó que el selenio y los compuestos de selenio no son clasificables en cuanto a su habilidad para producir cáncer en seres humanos.
Trabajadores industriales cercanos	Adulto Niño***	Suelo: Contacto dérmico / absorción / Inhalación	Cromo Total	Si	Se encuentra en estado natural como cromita (FeOCr_2O_3), formando diversos compuestos, según su estado de valencia. En estado II (cromoso) es básico, en estado III (cromico) es anfótero por lo cual se considera menos peligroso; y en estado VI (cromato) es ácido, siendo más fáciles de absorber al organismo después de la ingestión o inhalación. Este último produce úlceras en la piel, penetrando los tejidos blandos, también produce dermatitis, irritación de las mucosas nasales, necrosis renal y hepática, así como aumento de incidencia de cáncer de pulmón, entre otros.
			Benceno	Si	El benceno es una sustancia química extensamente usada que se origina tanto de procesos naturales como de actividades humanas. La inhalación de benceno puede producir somnolencia, mareo y pérdida del conocimiento. La exposición prolongada produce efectos sobre la médula de los huesos y puede causar anemia y leucemia. El benceno se ha encontrado en por lo menos 1,000 de los 1,684 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (EPA). La exposición prolongada a niveles altos de benceno en el aire puede producir leucemia, especialmente leucemia mieloide aguda, conocida a menudo como LMA. Este es un cáncer de los órganos que producen las células de la sangre. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que el benceno

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
					es una sustancia carcinogénica reconocida. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que el benceno es carcinogénico en seres humanos.
			Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	No	La solubilidad y volatilidad de los productos de petróleo dependen del tamaño de las cadenas de carbono. F2 y F3 son mezclas menos volátiles y más viscosas, por lo que su solubilidad en el agua es menor y su movilidad en suelo se reduce, la dispersión de estos contaminantes por lo general ocurre en forma de fase libre.
			Fracción de Hidrocarburos F3 (C28-C40)	No	
			Benzo(a) antraceno	Si	Los HAP's en su mayoría tienen una fuerte actividad carcinogénica y mutagénica (Benzo (a) antraceno especialmente en animales). La mayor parte de los HAP's permanecen relativamente cerca de sus lugares de origen y sus concentraciones suelen disminuir logarítmicamente con la distancia al lugar de origen. Presentan carácter lipofílico, y son por ello potencialmente bioacumulados y concentrados en sedimentos y suelos, tanto más cuanto mayor sea su persistencia en cada medio. Son altamente persistentes y por tanto bioacumulables.
			Benzo(b) fluoranteno	Si	
			Fenantreno	No	Presenta en su estructura tres anillos fusionados este se acumula en los tejidos grasos de los seres vivos. Se le considera isómero del antraceno, compuesto que tiene sus tres anillos fusionados en forma lineal. Es altamente tóxico cuando el individuo es expuesto al contaminante por periodos largos.
			Fluoreno	No	La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, (IARC) ha determinado que el fluoreno no es clasificable como carcinógeno en seres humanos.
			Naftaleno	No	La naftalina (nombre no comercial naftaleno) es un sólido blanco que se evapora fácilmente y se produce naturalmente cuando se queman combustibles. Combustibles como el petróleo o el carbón contienen naftalina. El principal uso comercial de la naftalina es en la manufactura de plásticos de cloruro de polivinilo (PVC). La exposición a grandes cantidades de naftalina puede dañar o destruir una porción de sus glóbulos rojos. Esto puede hacer que el número de glóbulos rojos disminuya hasta que su cuerpo reemplace las células destruidas.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
Cazadores y pescadores esporádicos	Adulto / Niño	Sedimentos de Agua Superficial: Contacto dérmico / absorción / Inhalación*	Arsénico Total	Si	El arsénico ocurre naturalmente en el suelo y en minerales y por lo tanto puede entrar al aire, al agua y al suelo en polvo que levanta el viento. También puede entrar al agua en agua de escorrentía o en agua que se filtra a través del suelo. El arsénico no puede ser destruido en el ambiente, solamente puede cambiar de forma o puede adherirse o separarse de partículas. El arsénico puede cambiar de forma al reaccionar con oxígeno o con otras moléculas presentes en el aire, el agua o el suelo, o por la acción de bacterias que viven en el suelo o el sedimento. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es reconocido como sustancia carcinogénica en seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico inorgánico es carcinogénico en seres humanos.
			Benzo (a) antraceno	Si	Los HAP's en su mayoría tienen una fuerte actividad carcinogénica y mutagénica. La mayor parte de los HAP's permanecen relativamente cerca de sus lugares de origen y sus concentraciones suelen disminuir logarítmicamente con la distancia al lugar de origen. La relativa baja persistencia del naftaleno (por su bajo peso molecular) indica su escasa capacidad de bioacumulación.
			Benzo (e) pireno	Si	Es un elemento esencial del metabolismo humano. Sin embargo, puede haber un riesgo de toxicidad cuando se suministra de manera oral una gran cantidad de sales de cobre al organismo humano. La inhalación de polvos, humos o nieblas de sales de cobre puede causar congestión nasal y de las mucosas, y ulceración con perforación del tabique nasal.
			Cobre Total	No	Se encuentra en estado natural como cromita (FeOCr_2O_3), formando diversos compuestos, según su estado de valencia. En estado II (cromoso) es básico, en estado III (crómico) es anfótero por lo cual se considera menos peligroso; y en estado VI (cromato) es ácido, siendo más fáciles de absorber al organismo después de la ingestión o inhalación. Este último produce úlceras en la piel, penetrando los tejidos blandos, también produce dermatitis, irritación de las mucosas nasales, necrosis renal y hepática, así como aumento de incidencia de cáncer de pulmón, entre otros.
			Cromo Total	Si	

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
			Fenantreno	No	Presenta en su estructura tres anillos fusionados este se acumula en los tejidos grasos de los seres vivos. Se le considera isómero del antraceno, compuesto que tiene sus tres anillos fusionados en forma lineal. Es altamente tóxico cuando el individuo es expuesto al contaminante por períodos largos.
			Naftaleno	No	La naftalina (nombre no comercial naftaleno) es un sólido blanco que se evapora fácilmente y se produce naturalmente cuando se queman combustibles. Combustibles como el petróleo o el carbón contienen naftalina. El principal uso comercial de la naftalina es en la manufactura de plásticos de cloruro de polivinilo (PVC). La exposición a grandes cantidades de naftalina puede dañar o destruir una porción de sus glóbulos rojos. Esto puede hacer que el número de glóbulos rojos disminuya hasta que su cuerpo reemplace las células destruidas.
			Fluoreno	No	La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, (IARC) ha determinado que el fluoreno no es clasificable como carcinógeno en seres humanos.
Cazadores y pescadores esporádicos	Adulto / Niño	Agua Superficial: Contacto dérmico / ingestión	Arsénico Total	Si	El arsénico ocurre naturalmente en el suelo y en minerales y por lo tanto puede entrar al aire, al agua y al suelo en polvo que levanta el viento. También puede entrar al agua en agua de escorrentía o en agua que se filtra a través del suelo. El arsénico no puede ser destruido en el ambiente, solamente puede cambiar de forma o puede adherirse o separarse de partículas. El arsénico puede cambiar de forma al reaccionar con oxígeno o con otras moléculas presentes en el aire, el agua o el suelo, o por la acción de bacterias que viven en el suelo o el sedimento. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es reconocido como sustancia carcinogénica en seres humanos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico inorgánico es carcinógeno en seres humanos.
					El benceno es una sustancia química extensamente usada que se origina tanto de procesos naturales como de actividades humanas. La inhalación de benceno puede producir somnolencia, mareo y pérdida del conocimiento. La exposición prolongada produce efectos sobre la médula de los huesos y puede causar anemia y leucemia. El benceno se ha encontrado en por lo menos 1,000 de los 1,684 sitios de la Lista de
Comunidad José Olaya	Adulto / Niño	Agua superficial: Uso recreacional (ingesta,	Benceno	Si	

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
		posible consumo de peces)			Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (EPA). La exposición prolongada a niveles altos de benceno en el aire puede producir leucemia, especialmente leucemia mieloide aguda, conocida a menudo como LMA. Este es un cáncer de los órganos que producen las células de la sangre. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que el benceno es una sustancia carcinogénica reconocida. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que el benceno es carcinogénico en seres humanos.

** Agentes clasificados por la International Agency for Research on Cancer (IARC) - Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans.

Group 1 – Carcinogenic to humans

Group 2A – Probably carcinogenic to humans

Group 2B – Possibly carcinogenic to humans

Group 3 – Not classifiable as to its carcinogenicity to humans

Group 4 – Probably not carcinogenic to humans

*** Considera únicamente para el escenario humano 2

Importante:

No hay registro de que el cuerpo de agua y sus respectivos sedimentos sea utilizados para fines de uso humano (caza, pesca, recreacional, etc.), sin embargo, se asume que los trabajadores industriales mantienen un contacto limitado (30 días/año) con los suelos durante las actividades de mantenimiento (supervisión de pozas y tuberías, reparación de plataformas, inspecciones a los accesos, etc.).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Criterios de selección para escenario ecológico

Para determinar los CP en el escenario ecológico para cada matriz ambiental, se tuvo en cuenta la normativa (nacional e internacional vigente) aplicada para el escenario humano. Sin embargo, se detallan algunas particularidades en cada matriz ambiental respecto a estos CP; toda vez que las normativas vigentes (nacionales e internacionales) no contemplan en algunos casos niveles de referencia para algunos parámetros en este escenario.

Suelo

Para determinar los CP se utilizaron los ECA para Suelo en la Categoría Uso Agrícola, aprobado mediante D.S. N° 011-2017-MINAM; asimismo, se emplearon normas internacionales como la Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Uso Agrícola, para aquellos parámetros que no estén contemplados en la norma nacional vigente.

Cuadro 4-8 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Suelo

CP	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Benceno	-	0,17 *	0,03	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Benzo(a) antraceno	-	0,216	0,1	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL.
Benzo(b) fluoranteno	-	0,103	0,1	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL.
Boro	6,448	6,779 ^(a) 2,239 ^(b)	2	95 % Student's-t UCL
Cromo Total	11,4	86,1	64	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL
Fenantreno	-	2,276	0,1	95 % Chebyshev(Mean, Sd) UCL
Fluoreno	-	1,123	0,25	95 % Adjusted Gamma UCL
Fracción C10-C28	-	4818 ^(a) 5354 ^(b)	1200	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL ^(a) 95 % Student's-t UCL ^(b)
Fracción C28-C40	-	3252 ^(a) 5704 ^(b)	3000	95 % Chebyshev(Mean, Sd) UCL (para ambas épocas)
Naftaleno	-	1,654	0,1	95 % Chebyshev(Mean, Sd) UCL
Selenio	1.451	2,449 ^(a) 1,122 ^(b)	1	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL ^(a) 95 % Student's-t UCL ^(b)

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95 %.

^(a) UCL95 para las muestras de la época húmeda / ^(b) UCL95 para las muestras de la época seca.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).
Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Agua superficial

Para evaluar el agua superficial, se consideraron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, E2: Ríos de Selva, aprobados mediante D. S. N° 004-2017-MINAM. Sin embargo, respecto al fósforo el cual registró una concentración máxima de 0,057 mg/l, esto no predefiniría a este parámetro como un CP; toda vez que se registró solo en dos puntos de muestreo (S0112-As001 y S0112-As005) por lo que no se le atribuiría como tal. Asimismo, estas elevadas concentraciones podrían atribuirse a la presencia de ortofosfatos en el suelo las cuales pueden haberse arrastrado por las fuertes lluvias; así como la descomposición

de la hojarasca tanto en la cocha artificial como en el cauce de la quebrada estacional, la cual pudo haber sido arrastrada al cuerpo de agua donde se realizó la toma de la muestra. Respecto a los demás parámetros, no se consideraron como CP.

Para el CP arsénico se consideraron los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1 (Poblacional y recreacional) – Subcategoría A1 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional). Las concentraciones más elevadas se registraron en la temporada húmeda en los puntos de muestreo S0112-As001 (0,0119 mg/L) y S0112-As002 (0,0110 mg/L) ubicadas aguas arriba y abajo del Sitio S0112 (sitio 35). Por lo descrito, el arsénico es considerado como un CP para el escenario ecológico, bajo un enfoque conservador.

Cuadro 4-9 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Agua superficial

CP	Nivel de fondo (mg/kg)	Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Arsénico	-	0,0119	0,01	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.

Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 1, Subcategoría A1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Sedimentos

Respecto a sedimentos, no se cuenta con estándares nacionales respecto a receptores ecológicos; por lo cual se ha consultado con estándares internacionales, así como trabajos de investigación científica. Si bien es cierto que se registraron concentraciones de Bario en esta matriz ambiental, es preciso indicar que se tuvo en cuenta las investigaciones por Leung et al. (2005)^{mm}, quienes desarrollaron un SQG para este parámetro a partir de las distribuciones de sensibilidad de especies, basadas en datos de campo o *field-based species sensitivity distributions* (f-SSDs). Este valor derivó de una concentración de peligrosidad al 5 %, que viene a ser la concentración en sedimentos que afecta al 5 % de las especies (HC5), siendo esta concentración de 130 mg/kg a partir del f-SSD; sin embargo, rectificaron este valor de referencia, toda vez que consideraron este valor como sobreprotector de la comunidad bentónica en un ambiente natural típico, dada las especies f-SSD; este valor se ajustó al umbral de niveles efecto o *Threshold Effect Level* (TEL) siendo estos un nivel conservativo el cual deriva de series de datos de ecotoxicidad estandarizados, llegando a un resultado de 2 218 mg/kg. Considerando este valor de referencia, no se determinó al bario como un CP.

^{mm} Deriving Sediment Quality Guidelines from Field-Based Species Sensitivity Distributions. Environmental Science & Technology. 39, pp, 5148-5156.

Cuadro 4-10 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico – Sedimentos

CP	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Arsénico Total	-	7,99 ^{(a)*} 9,50 ^(b)	5,9	95 % Student's-t UCL
Benzo(a) antraceno	-	0,106 *	0,0317	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL
Bario	-	230.4	166	95 % Student's-t UCL
Benzo(e) pireno	-	0,09 ^{(a)*} 0,045 ^(b)	0,0319	95 % Student's-t UCL
Cobre Total	-	40 * 35 ^(b)	35,7	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Cromo Total	-	39,61	37,3	95 % Student's-t UCL
Fenantreno	-	0,361	0,0419	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Fluoreno	-	0,086	0,0212	El tamaño de la muestra es <10, por lo que se utilizó la concentración más alta.
Naftaleno	-	0,0466	0,0346	95 % Chebyshev (Mean, Sd) UCL
TPH Totales	-	1 506 ^(c)	860	Sumatoria de F2 y F3 en sedimentos, a fin de comparar con el valor propuesto por Pettigrove y Hoffman (2005).

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95 %.

^(a) UCL95 para las muestras de la época húmeda / ^(b) UCL95 para las muestras de la época seca.

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life

Pettigrove y Hoffman (2005). Effects of long-chain hydrocarbon-polluted sediment on freshwater macroinvertebrates.

Dutch Target and Intervention Values (Holanda, 2000) Annex A: Target Values, soil remediation intervention values and indicative levels for serious contamination – Table 1a

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Peces

Respecto a peces, se ha considerado los “Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación”, aprobados mediante la R.D.E. N° 057-2016-SANIPES-DE. Sin embargo, para el caso del Bario y otros parámetros los cuales no se tiene una referencia de concentraciones en tejido muscular; se consideraron los valores estipulados para la matriz en la que se muestrearon los peces (agua superficial), Categoría 4, E.2 Ríos de selva, aprobados mediante D.S. N° 004-2017 MINAM.

Cuadro 4-11 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Peces

CP	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Bario Total	-	15,47	0,7 - 1,0	Se consideró la concentración más alta, dado que el tamaño de la muestra es <10.
Cadmio Total	-	0,1614	0,05	Se consideró la concentración más alta, dado que el tamaño de la muestra es <10.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95 %.

Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para el mercado nacional y de exportación (R.D.E. N° 057 2016 SANIPES-DE).

Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4: E2 ríos de la Selva (DS N° 004-2017-MINAM).

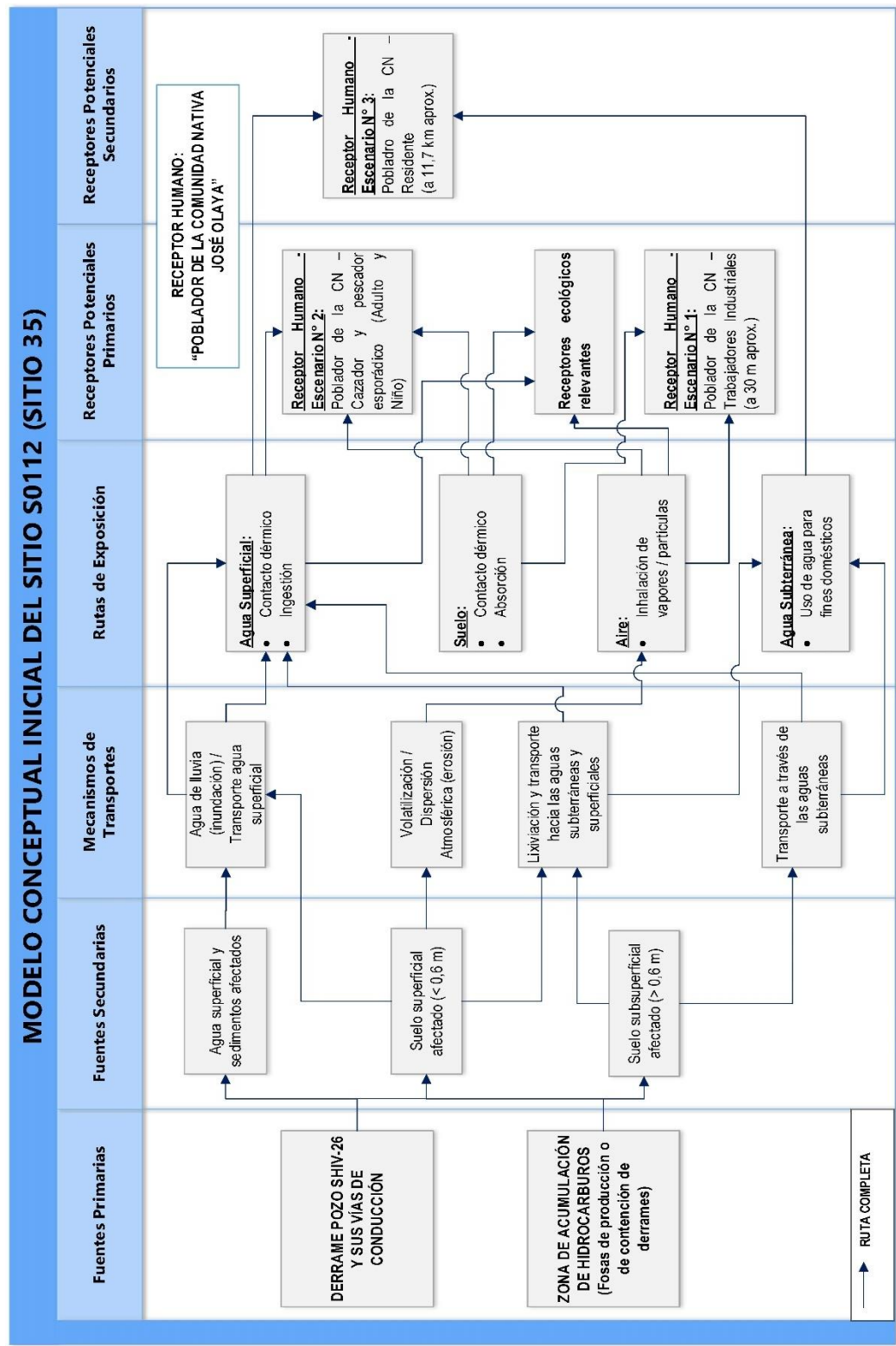
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Modelo conceptual inicial del sitio**

En el siguiente diagrama muestra de forma esquemática y gráfica el modelo conceptual del sitio, a partir de los resultados y evidencias identificados durante la fase de caracterización del sitio S0112 (Sitio 35).

Figura 4-2

Modelo conceptual inicial del sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

4.2.2 Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.

- **Fuentes primarias**

Tal y como se ha venido mencionando a lo largo del documento, se identificaron como fuentes primarias de contaminación los derrames (7 reportados) provenientes de la operación del pozo SHIV 26 ubicado en el costado oriental del área de estudio y las zonas de acumulación de hidrocarburos ubicadas hacia la parte sur del sitio que se presume fueron fosas de producción o zonas de contención de derrames, que posteriormente fueron rellenadas y revegetadas, aunque existen rastros de su existencia.

De estas fuentes históricas se pueden identificar con las curvas de isoconcentraciones para las fracciones de hidrocarburos F2 y F3 que la parte sur evidentemente presenta la mayor concentración de F2 con un valor de 13 237 mg/kg y de F3 con un valor de 10 031 mg/kg, a profundidades de hasta 2 m. Sin embargo, se debe destacar que, aunque se ha definido como fuente principal los derrames de la operación del pozo SHIV 26, las concentraciones más elevadas de hidrocarburos, no se encuentran en los alrededores del pozo sino concentradas hacia el oriente en la zona central del área de interés y hacia el sur. Lo anterior seguramente corresponde con la topografía del terreno que genera zonas de acumulación concentradas de donde se dispersa la contaminación a medida que se aleja de estos puntos. Sumado a lo anterior existen algunos metales que se consideran como contaminantes de preocupación y que harán parte de la evaluación del riesgo en etapas posteriores.

- **Fuentes secundarias**

Se han identificado como fuentes secundarias de contaminación aquellas matrices ambientales que por evidencia analítica se ven afectadas y por su carga de contaminantes se convierten en foco de contaminación y medio de depósito de esta contaminación que posteriormente puede ser trasladada a otro lugar, ya sea en la misma matriz o una de diferente naturaleza por los mecanismos de transporte específicos y coherentes con las propiedades físicas y químicas de la interacción contaminantes-matriz ambiental.

Tomando como base las acciones de Remediación y Rehabilitación con el objeto de restaurar las funciones ecológicas de los sitios impactados, y considerando como estrategia para lograr este objetivo el uso de estándares rigurosos (ECA suelo agrícola) en la determinación de los niveles de remediación, se establece como criterio de suelo superficial el suelo del tipo agrícola, cuya definición es: “...dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.”

Visto en forma de perfil de suelo, este se distribuye básicamente en dos horizontes: Horizonte O (Capa superficial del horizonte A) y Horizonte A (zona de lavado vertical. En él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la descomposición de materia orgánica, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles).

La distribución en profundidad de los referidos horizontes, en líneas generales en un suelo de selva, no superan los 40 cm. Sin embargo, para efectos del establecimiento de las condiciones originarias del ecosistema, se profundiza el perfil de suelo hasta los 60 cm (0,6 m). De acuerdo a

lo anterior se ha tomado como profundidad para el suelo superficial en los análisis de ERSA, 0,6 m.

Es así como se identifica el suelo superficial como fuente secundaria afectada entendiendo este suelo como aquel que tiene una profundidad menor a 0,6 metros; de la misma forma mediante las perforaciones realizadas, se evidencia afectación del suelo subsuperficial que se ubica en el horizonte a una profundidad de entre 0,6 y 3 metros y también se encuentra evidencia de afectación de suelo profundo, es decir aquel que se encuentra a una profundidad mayor a tres metros.

En este contexto, el contacto del suelo contaminado con el acuífero podría permitir una afectación de este último por difusión de contaminantes desde el suelo, situación que se podría presentar de igual forma por la acción del arrastre o la difusión hacia aguas superficiales de los contaminantes que se encuentran en el suelo superficial, ya sea coadyuvado por el transporte mecánico asistido por la lluvia o por difusión característica de cada contaminante.

Se considera también como fuente secundaria la pluma de contaminación de agua subterránea principalmente por el contenido de metales como contaminantes de preocupación.

• **Receptores identificados**

En el modelo conceptual presentado se identifican dos (2) tipos de receptores:

- Receptor Humano (en el sitio y fuera del sitio): Poblador Local de la Comunidad Nativa José Olaya, considerando los siguientes escenarios:
 - Escenario Humano N° 1: Poblador Local - Trabajador Industrial (in situ)
 - Escenario Humano N° 2: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico (in situ)
 - 2A: Cazador y pescador esporádico "Adulto".
 - 2B: Cazador y pescador esporádico "Niño".
 - Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la C.N. José Olaya (ex situ)
- Receptores ecológicos relevantes.

Es importante aclarar, que el escenario de cazador y pescador local en el sitio fue seleccionado para el presente análisis de riesgos, porque representa el escenario "más crítico" por la frecuencia y por la exposición directa con los contaminantes de las matrices ambientales suelos, agua y sedimentos. Otros escenarios como personas que transitan por el sitio eventualmente como los monitores ambientales o personas que lavan de ropa con suelo impregnado, representan escenarios con una exposición directa pero menor y de exposición indirecta respectivamente.

Receptores en el sitio

Escenario Humano N° 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

Corresponde a los pobladores de la Comunidad Nativa José Olaya que desarrollan actividades industriales en el lote petrolero y que podrían exponerse a los contaminantes de preocupación de la matriz suelos del Sitio S0112 (Sitio 35). La Batería Shiviayacu colinda con el sitio impactado en evaluación.

Este receptor durante el desarrollo de actividades de supervisión, mantenimiento de instalaciones, excavaciones moderadas, adecuación de terrenos, entre otras actividades, en el sitio impactado o en zonas cercanas a la Batería Shiviayacu, podrían exponerse a los contaminantes de preocupación

del suelo por las vías de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental.

Es importante mencionar que el trabajador industrial pasa la mayor parte del tiempo en actividades exteriores distantes a la Batería Shiviayacu y no en un lugar en específico; sin embargo, se ha considerado un escenario conservador de evaluación equivalente a una frecuencia de exposición de 230 días/año, conforme a lo recomendado por la Guía ERSA (MINAM, 2015).

Se espera que este tipo de receptor tenga un consumo de partículas de los contaminantes del suelo; por lo tanto, se expone por las vías de exposición de ingestión accidental de partículas, dérmica por contacto del suelo con áreas de piel expuesta e inhalatoria por material particulado; no se consideran como ruta de exposición la inhalación de vapores, teniendo en cuenta que no se detectaron hidrocarburos de la fracción ligera o F1 (C6 – C10) en ninguna de las matrices analizadas; además, no se considera la exposición por consumo de agua no tratada, ni ingestión de pescado.

Se debe resaltar que se considera un escenario de exposición conservador teniendo en cuenta la frecuencia de exposición.

Escenario Humano N° 2: Poblador Local - Cazador y Pescador esporádico

Corresponde a los pobladores de la Comunidad Nativa José Olaya, adulto (2A) y niño (2B), que visitan el sitio impactado o zonas cercanas a este, con el fin de desarrollar actividades de caza y pesca esporádicamente, exponiéndose a los contaminantes de preocupación de la matriz suelos, directamente por contacto e ingestión accidental e indirectamente con los CP del suelo que lixivian y descargan en quebradas cercanos al sitio impactado (distancia de 50 m); de la matriz agua superficial y sedimentos, por contacto dérmico e ingestión, durante el aseo personal y/o inmersión en los cuerpos de agua superficial cercanos; y una eventual exposición directa por el consumo de peces capturados en el sitio S0112 (Sitio 35). No se considera, una vía de exposición completa con los CP de la matriz agua subterránea, dado que no se identificó una ruta de exposición completa.

Considerando un escenario conservador, se define una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana, equivalente a 96 días al año, tanto para el receptor adulto y niño, siendo este último es más vulnerable. La edad del receptor niño evaluado es el rango de 6 a 11 años, dado que a esta edad los niños comienzan aprender actividades como la caza y pesca en el bosque.

Se espera que este tipo de receptor tenga un consumo de partículas provenientes del suelo; por lo tanto, se expone a la contaminación por las vías de exposición por ingestión accidental de partículas, dérmica por contacto del suelo con áreas de piel expuesta e inhalatoria de material particulado del suelo. Para este receptor no se consideran como vía de exposición la inhalación de vapores, teniendo en cuenta que no se detectaron hidrocarburos de la fracción F1 o ligera (C6 – C10) en ninguna de las matrices analizadas.

Respecto a la exposición del receptor con los contaminantes presentes en el agua superficial y sedimentos, se espera una exposición mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental durante el aseo personal e inmersión.

Receptores Ecológicos Relevantes

Incluye la flora del sector que puede contener especies capaces de asimilar y/o bioacumular ciertos contaminantes de preocupación a través de sus procesos fisiológicos; asimismo se considera la fauna transitoria por el sitio contaminado al estar en contacto directo con las fuentes de contaminación (focos).

Receptores fuera del sitio

Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la C.N. José Olaya

La distancia entre el Sitio S0112 (Sitio 35) y el asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. José Olaya es de aproximadamente 11,7 km, por lo tanto, es poco probable la exposición con los CP identificados, a diferencia de los pobladores de la CN que desarrollan actividades industriales (receptor N° 1) y caza o pesca (receptor N° 2) en el sitio o en zonas cercanas.

Sin embargo, se ha considerado para el análisis de riesgo la exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial para fines recreacionales (inmersión) e ingestión de pescado en cuerpos de agua superficial de importancia para los pobladores, alejados del sitio impactado, que actúan como cuerpos receptores para los CP que lixivian desde el suelo afectado del Sitio S0112 (Sitio 35), recorriendo una distancia aproximadamente de 11,7 km. No se ha considerado la exposición a agua superficial y sedimentos, dado que probablemente la zona de mezcla de los contaminantes es de aproximadamente 50 m desde el foco de contaminación en el Sitio S0112 (Sitio 35), por ende, no existe una ruta de exposición completa entre el escenario residencial y los CP por el hecho de dilución y la distancia.

Se define como receptor residencial aquel que pasa la mayor parte del día, pero no todo en su lugar de residencia. Las actividades que desarrolla este tipo de receptor se relacionan con los típicos quehaceres del hogar como cocinar, lavandería y limpieza además de actividades al aire libre de bajo impacto.

Es de resaltar que la probabilidad de exposición está directamente ligada a distancia del receptor al foco de contaminación, las características de las sustancias en sí y sus mecanismos de transporte. Por lo anterior, no se considera para este receptor inhalación e ingestión de partículas transportadas por el aire ni tampoco contacto dérmico e ingestión de suelo potencialmente afectado, teniendo en cuenta la distancia (11,7 km) a la que se encuentra dicha comunidad, del sitio S0112 (Sitio 35).

4.3 Evaluación de la toxicidad de los CP.

4.3.1 Toxicidad para seres humanos.

Para calcular las estimaciones de riesgo en el escenario humano se utilizó información referencial respecto a la toxicidad a través del software RBCA ToolKit Versión 2.6, el cual cuenta con una base de datos que incluye parámetros predeterminados para más de 650 sustancias químicas, basadas en un conjunto de referencias publicadas y citadas para cada parámetro. Entre estas y las que sirvieron para la presente ERSA se encuentran:

- USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007 (EPA-I).
- USEPA, Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications, ORD, EPA/600/8-91/011B D).
- EPA Superfund Soil Screening Guidance (SSL) Guidance: Tech. Bkgd. Doc., EPA/540/R-95/128 (E2).
- Howard, Handbook of Environmental Degradation Rates, Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1989 (H).
- Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0 (LY).

Así mismo, se corroboró respecto a la carcinogenicidad de los CP entre la clasificación realizada por el software RBCA ToolKit, la clasificación de la Agencia Internacional de Investigación Sobre el Cáncer (IARC) y la Guía para la evaluación del riesgo de carcinógeno de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA).

En el Anexo 6.6.3, se presenta los cuadros con los valores de toxicidad de los CP.

4.3.2 Toxicidad para receptores ecológicos.

La evaluación de la toxicidad al ecosistema sólo se realizó para los CP identificados, que involucra la comparación de concentraciones con valores de referencia obtenidos de la literatura. Este acápite se enfoca en una investigación más exhaustiva sobre dichos CP en función al grado de toxicidad que pueda tener sobre este escenario.

Dentro de las metodologías y valores de referencia internacionales más utilizados al momento de hacer evaluaciones ecotoxicológicas, se encuentran los desarrollados por entidades como la USEPAⁿⁿ y el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (Canadian Council of Ministers of the Environment) Canadian Environmental Quality Guidelines.

A) Evaluación de la toxicidad en los ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos albergan gran variedad de organismos, con diferentes características y requerimientos ecológicos que facilitan y/o limitan su establecimiento y representatividad en los mismos, dentro de los habitantes de estos ecosistemas se han detectado y seleccionado algunos para aplicación de bioensayos tendientes a determinar su afectación ante la presencia y/o determinadas cantidades de un contaminante.

El acceso de un organismo a un contaminante dado está relacionado no solo con el ciclo de vida del contaminante, sino además por el de los organismos, y la capacidad del cuerpo de agua para asimilar, disminuir o aumentar su concentración, en función de los ciclos hidrológicos o de las regulaciones a las que se vea sometido el caudal.

Dentro de las comunidades que han sido empleadas para evaluar los efectos de contaminantes sobre la vida acuática del sitio S0112 (Sitio 35), se ha considerado a la comunidad de bentos, fitoplancton, zooplancton y peces.

Con el fin evaluar la posible incidencia de los contaminantes de importancia sobre los organismos reportados en la comunidad hidrobiológica, se usaron como referencia los datos ecotoxicológicos aportados por la base de datos de la EPA Ecotox, fueron elegidos los valores que correspondían (en la medida de lo posible), a alguno de los géneros y/o familias reportados en los resultados, de tal manera que los valores de referencia a utilizar fueron los siguientes:

ⁿⁿ <https://cfpub.epa.gov/ecotox/search.cfm>

Cuadro 4-12 EPA Ecotox usados para la comunidad hidrobiológica encontrada en el - sitio S0112 (Sitio 35)

Arsénico

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Arsenic	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	Green Algae	Algae	NR	NR	Lab	61	Al mg/L
Zooplankton	Arsenic	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	Water Flea	Crustaceans	NR	NR	Lab	1.8	Al mg/L
Bentos	Arsenic	<i>Cloeon dipterum</i>	Mayfly	Insects/Spiders	NR	NR	Lab	0,25	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Bario

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Barium	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Zooplankton	Barium	<i>Daphnia magna</i>	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Fresh water	Lab	68	Al mg/L
Bentos	Barium	<i>Hyalella azteca</i>	Scud	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Fresh water	Lab	>1	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cobre

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Copper	<i>Didymosphenia geminata</i>	Diatom	Algae	NR	Freshwater	Field naturally	0.02	Al mg/L
Zooplancton	Copper	<i>Daphnia magna</i>	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,01	Al mg/L
Bentos	Copper	<i>Zelandobius sp.</i>	Stonefly	Insects/Spiders	NR	Freshwater	Field naturally	0.03	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cromo

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Chromium	<i>Scenedesmus incrassatulus</i>	Green Algae	Algae	NR	Freshwater	Lab	1	Al mg/L
Zooplancton	Chromium	<i>Daphnia magna</i>	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,05	Al mg/L
Bentos	Chromium	<i>Chironomus plumosus</i>	Midge	Insects/Spiders	Larva	Freshwater	Lab	1	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Benzo (a) antraceno

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Benzoantracene	<i>Anabaena flosaquae</i>	Blue-Green Algae	Algae; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,005	Al mg/L
Zooplancton	Benzoantracene	<i>Daphnia magna</i>	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	Neonate	Freshwater	Lab	0.00095883186	Al mg/L
Bentos	Benzoantracene	<i>Dreissena polymorpha</i>	Zebra Mussel	Molluscs; U.S. Exotic/Nuisance Species	NR	Freshwater	Field Natural	< 0,01	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Benzo (e) pireno

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Benzoapirene	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Zooplancton	Benzoapirene	<i>Daphnia magna</i>	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0.00002	Al mg/ml
Bentos	Benzoapirene	<i>Chironomus riparius</i>	Midge	Insects/Spiders; Standard Test Species	Larva	Freshwater	Lab	>0,005	Al mg/ml

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fenantreno

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Phenantrene	<i>Chlorella fusca</i> var. <i>vacuolata</i>	Green Algae	Algae	NR	Freshwater	Lab	0,005	Al mg/L
Zooplankton	Phenantrene	<i>Daphnia pulex</i>	Water flea	Crustaceans, Estándar Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,00601	Al mg/L
Bentos	Phenantrene	<i>Chironomus tentans</i>	Midge	Insects/Spiders; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,49	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Fluoreno

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Fluorene	<i>Anabaena flosaquae</i>	Blue-Green Algae	Algae; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,2599718336	Al mg/ml
Zooplankton	Fluorene	<i>Daphnia magna</i>	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,017	Al mg/ml
Bentos	Fluorene	<i>Chironomus riparius</i>	Midge	Insects/Spiders; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,29	Al mg/ml

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Naftaleno

Comunidad HB	Chemical Name	Species Scientific Name	Species Common Name	Species Group	Organism Lifestage	Media Type	Test Location	Conc 1 (Standardized)	Conc 1 Units (Standardized)
Fitoplancton	Naftaleno	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	Diatom	Algae	NR	Freshwater	Lab	2	Al mg/ml
Zooplancton	Naftaleno	<i>Daphnia magna</i>	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,005	Al mg/ml
Bentos	Naftaleno	<i>Chironomus riparius</i>	Midge	Insects/Spiders; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,1	Al mg/ml

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para cada contaminante de preocupación se realizó una búsqueda en la base de datos EPA Ecotox, con el objetivo de encontrar especies análogas de fitoplancton, zooplancton y bentos., y se usó como referencia la concentración mínima a la cual, dicho contaminante produce un efecto adverso en las especies análogas estudiadas.

Las especies mayormente utilizadas para evaluar la toxicidad de los contaminantes de preocupación fueron:

Fitoplancton:

- *Scenedesmus quadricauda*
- *Didymosphenia geminata*
- *Scenedesmus incrassatulus*
- *Anabaena flosaquae*
- *Chlorella fusca* var. *Vacuolata*
- *Anabaena flosaquae*
- *Thalassiosira pseudonana*
- *Oedogonium cardiacum*

Zooplancton

- *Ceriodaphnia reticulata*
- *Daphnia magna*
- *Daphnia pulex*

Bentos:

- *Cloeon dipterum*
- *Hyalella azteca*
- *Zelandobius sp*
- *Chironomus plumosus*
- *Dreissena polymorpha*
- *Chironomus tentans*
- *Chironomus riparius*

Los resultados de la evaluación de toxicidad en la comunidad béntica, fitoplanctónica y zooplanctónica se presenta en los siguientes cuadros.

Cuadro 4-13 Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante														
							Arsénico Total			Bario			Cobre			Cromo			Benzo(a) antraceno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Húmeda	S0112-HB-FIT-1-001	Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,0119	61	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,0665	NR	NR	0,0005	0,02	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,001	1	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,00008	0,005	Valor encontrado por debajo del límite de la norma
			Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Thalassiosiphysales	Catenulaceae	Amphora sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Naviculares	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Naviculares	Amphipleuraceae	Frustulia sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Phacaceae	Phacus sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas hispida var. coronata	mg/L	0,0119	61		0,0665			0,0005	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			S0112-HB-FIT-2-001	Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,011		61			0,0618	NR		NR	0,0004		0,02	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	
	Naviculares	Amphipleuraceae		Frustulia sp.	mg/L	0,011	61	0,0618	0,0004	0,02	0,001	1	0,00008		0,005						
	Naviculares	Pinnulariaceae		Pinnularia sp.	mg/L	0,011	61	0,0618	0,0004	0,02	0,001	1	0,00008		0,005						
	Bacillariales	Bacillariaceae		Nitzschia sp.	mg/L	0,011	61	0,0618	0,0004	0,02	0,001	1	0,00008		0,005						
	Eunotiales	Eunotiaceae		Eunotia sp.	mg/L	0,011	61	0,0618	0,0004	0,02	0,001	1	0,00008		0,005						
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae		Phormidium sp.	mg/L	0,011	61	0,0618	0,0004	0,02	0,001	1	0,00008		0,005						
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae		Oscillatoria sp.	mg/L	0,011	61	0,0618	0,0004	0,02	0,001	1	0,00008		0,005						
	Seca	S0112-HB-FIT-1-001	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0,00246	61	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,0665	NR	NR	0,0003	0,02	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,001	1	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,00008	0,005	Valor encontrado por debajo del límite de la norma
			Cymbellales	Gomphonemataceae	ND	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Naviculares	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Desmidiiales	Desmidiaceae	Pleurotaenium sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Synechococcales	Leptolyngbyaceae	ND	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Phacaceae	Phacus sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp.	mg/L	0,00246	61		0,0665			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
		S0112-HB-FIT-1-002	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia cf. acicularis	mg/L	0,00119	61		0,0618	NR	NR	0,0003	0,02	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,001	1	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,00008	0,005	Valor encontrado por debajo del límite de la norma
			Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Cymbellales	Gomphonemataceae	ND	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Naviculares	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Synechococcales	Nd	ND	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Synechococcales	Leptolyngbyaceae	ND	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp.	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	
			Euglenales	Phacaceae	Phacus sp.	mg/L	0,00119	61		0,0618			0,0003	0,02		0,001	1		0,00008	0,005	

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-14 Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del Sitio S0112 (Sitio 35)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante											
							Benzo(e) pireno			Fenantreno			Fluoreno			Naftaleno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Húmeda	S0112-HB-FIT-1-001	Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,00045	NR	NR	0,00008	0,005	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00004	0,26	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	2	Valor encontrado por debajo del límite de referencia
			Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Thalassiosiphysales	Catenulaceae	Amphora sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Naviculares	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Cymbellales	Gomphonemataceae	Gomphonema sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Naviculares	Amphipleuraceae	Frustulia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Euglenales	Phacaceae	Phacus sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas hispida var. coronata	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
		S0112-HB-FIT-2-001	Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,00045	NR	NR	0,00008	0,005	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00004	0,26	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	2	Valor encontrado por debajo del límite de referencia
			Naviculares	Amphipleuraceae	Frustulia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Naviculares	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
	Seca	S0112-HB-FIT-1-001	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0,00045	NR	NR	0,00008	0,005	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00004	0,26	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	2	Valor encontrado por debajo del límite de referencia
			Cymbellales	Gomphonemataceae	ND	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Naviculares	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,26		0,00008	2	
			Desmidiiales	Desmidiaceae	Pleurotaenium sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Synechococcales	Leptolyngbyaceae	ND	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Euglenales	Phacaceae	Phacus sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
		S0112-HB-FIT-1-002	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia cf. acicularis	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Cymbellales	Gomphonemataceae	ND	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Eunotiales	Eunotiaceae	Eunotia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Naviculares	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Naviculares	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Synechococcales	Nd	ND	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Synechococcales	Leptolyngbyaceae	ND	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Euglenales	Euglenaceae	Trachelomonas sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	
			Euglenales	Phacaceae	Phacus sp.	mg/L	0,00045			0,00008	0,005		0,00004	0,29		0,00008	2	

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-15 Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante																							
							Arsénico Total			Bario			Cobre			Cromo			Benzo(a) antraceno											
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación									
Agua superficial	Húmeda	S0112-HB-FIT-1-001	Cyclopoida	ND	ND	mg/L	0,0119	1,8	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,0665	68	NR	0,0005	0,01	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,001	0,05	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	0,00096	Valor encontrado por debajo del límite de referencia									
			Nd (larva nauplio)			mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			ND	ND	ND	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			Arcellinida	Centropxyidae	Centropyxis sp.	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			ND	ND	ND	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			Ploima	Mytilinidae	Mytilina sp.	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,0119			0,0665			0,0005			0,001			0,00008											
		S0112-HB-FIT-2-001	Diplostraca	Chydoridae	Chydorus sp.	mg/L	0,011	1,8		0,0618	68		NR	0,0004		0,01	Valor encontrado por debajo del límite de referencia		0,001	0,05		Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	0,00096	Valor encontrado por debajo del límite de referencia					
			Peritrichida	Vorticellidae	Vorticella sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			ND	ND	ND	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			ND	ND	ND	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Ploima	Notommatidae	Cephalodella sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Ploima	Asplanchnidae	Asplanchna sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Ploima	Brachionidae	Plationus sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
			Ploima	Lecanidae	Lecane sp.	mg/L	0,011			0,0618				0,0004					0,001				0,00008							
	Seca	S0112-HB-FIT-1-001	Cyclopoida	ND	ND	mg/L	0,00246	1,8		Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,0665		68	NR		0,0003	0,01		Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,001		0,05	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	0,00096	Valor encontrado por debajo del límite de referencia				
			Nd (larva nauplio)			mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			ND	ND	ND	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			Arcellinida	Centropxyidae	Centropyxis sp.	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			ND	ND	ND	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			Ploima	Mytilinidae	Mytilina sp.	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,00246				0,0665					0,0003				0,001				0,00008						
		S0112-HB-FIT-1-002	Diplostraca	Chydoridae	Chydorus sp.	mg/L	0,00119	1,8			0,0618		68			NR	0,0003			0,01		Valor encontrado por debajo del límite de referencia		0,001	0,05		Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	0,00096	Valor encontrado por debajo del límite de referencia
			Peritrichida	Vorticellidae	Vorticella sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			ND	ND	ND	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			ND	ND	ND	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Ploima	Notommatidae	Cephalodella sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Ploima	Asplanchnidae	Asplanchna sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Ploima	Brachionidae	Plationus sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		
			Ploima	Lecanidae	Lecane sp.	mg/L	0,00119				0,0618						0,0003							0,001				0,00008		

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-16 Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades																
							Benzo(e) pireno			Fenantreno			Fluoreno			Naftaleno						
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación				
Agua superficial	Húmeda	S0112-HB-FIT-1-001	Cyclopoida	ND	ND	mg/L	0,00045	NR	NR	0,00008	0,00601	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00004	0,017	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,00008	0,05	Valor encontrado por debajo del límite de la norma				
			Nd (larva nauplio)			mg/L	0,00045															
			ND	ND	ND	mg/L	0,00045															
			Arcellinida	Centropyxidae	Centropyxis sp.	mg/L	0,00045															
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,00045															
			ND	ND	ND	mg/L	0,00045															
			Ploima	Mytilinidae	Mytilina sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,00045															
		S0112-HB-FIT-2-001	Diplostraca	Chydoridae	Chydorus sp.	mg/L	0,00045	NR														
			Peritrichida	Vorticellidae	Vorticella sp.	mg/L	0,00045															
			ND	ND	ND	mg/L	0,00045															
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,00045															
			ND	ND	ND	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,00045															
			Ploima	Notommatidae	Cephalodella sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Asplanchnidae	Asplanchna sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Brachionidae	Plationus sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lecanidae	Lecane sp.	mg/L	0,00045															
	Seca	S0112-HB-FIT-1-001	Cyclopoida	ND	ND	mg/L	0,00045	NR														
			ND (larva nauplio)			mg/L	0,00045															
			ND	ND	ND	mg/L	0,00045															
			Arcellinida	Centropyxidae	Centropyxis sp.	mg/L	0,00045															
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,00045															
			Nd	Nd	ND	mg/L	0,00045															
			Ploima	Mytilinidae	Mytilina sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,00045															
		S0112-HB-FIT-1-002	Diplostraca	Chydoridae	Chydorus sp.	mg/L	0,00045	NR														
			Peritrichida	Vorticellidae	Vorticella sp.	mg/L	0,00045															
			ND	ND	ND	mg/L	0,00045															
			Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	mg/L	0,00045															
			ND	ND	ND	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lecanidae	Lecane cf. bulla	mg/L	0,00045															
			Ploima	Notommatidae	Cephalodella sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Asplanchnidae	Asplanchna sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Brachionidae	Plationus sp.	mg/L	0,00045															
			Ploima	Lecanidae	Lecane sp.	mg/L	0,00045															

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-17 Evaluación de toxicidad de la comunidad béntica en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante														
							Arsénico Total			Bario			Cobre			Cromo			Benzo(a) antraceno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Húmeda	S0112-HB-BEN1-001	Diptera	Chironomidae	ND	mg/L	0,0119		Valor encontrado por debajo de la referencia.	0,0665	>1	Valor encontrado por debajo de la referencia.	0,0005	0,53	Valor encontrado por debajo de la referencia.	0,001	0,8	Valor encontrado por debajo de la referencia.	0,00008	0,00095	Valor encontrado por debajo de la referencia.
		S0112-HB-BEN1-002	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	ND	mg/L	0,011			0,0618	>1	Valor encontrado por debajo de la referencia.	0,0004	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,011			0,0618			0,0004	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Chironomidae (Pupa)	ND	mg/L	0,011			0,0618			0,0004	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0,011			0,0618			0,0004	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Dolichopodidae	ND	mg/L	0,011			0,0618			0,0004	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00246		Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,0665	>1	Valor encontrado por debajo de la referencia.	0,0003	0,53	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,001	0,8	Valor encontrado por debajo del límite de la norma	0,00008	0,00095	Valor encontrado por debajo del límite de la norma
	Seca	S0112-Hb BEN1-001	Diptera	Simuliidae	<i>Simulium sp.</i> (Larva)	mg/L	0,00246			0,0665			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Odonata	Magapodagrionidae	ND	mg/L	0,00246			0,0665			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Decapoda	Palaemonidae	<i>Macrobrachium sp.</i>	mg/L	0,00246			0,0665			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00119			0,0618	>1	Valor encontrado por debajo de la referencia.	0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
		S0112-Hb-BEN1-002	Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0,00119			0,0618			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Psychodidae	ND	mg/L	0,00119			0,0618			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Tipulidae	ND	mg/L	0,00119			0,0618			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Decapoda	Palaemonidae	<i>Macrobrachium sp.</i>	mg/L	0,00119			0,0618			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	
			Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00119			0,0618			0,0003	0,53		0,001	0,8		0,00008	0,00095	

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-18 Evaluación de toxicidad de la comunidad béntica en agua superficial del Sitio S0112 (Sitio 35)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante											
							Benzo(e) pireno			Fenantreno			Fluoreno			Naftaleno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Húmeda	S0112-HB-BEN1-001	Diptera	Chironomidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	0,49	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00004	0,29	Valor encontrado por debajo del límite de referencia	0,00008	0,1	Valor encontrado por debajo del límite de referencia
		S0112-HB-BEN1-002	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Chironomidae (Pupa)	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Dolichopodidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
	Seca	S0112-Hb BEN1-001	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Simuliidae	Simulium sp. (Larva)	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Odonata	Magapodagrionidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Decapoda	Palaemonidae	Macrobrachium sp.	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
		S0112-Hb-BEN1-002	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Psychodidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Diptera	Tipulidae	ND	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	
			Decapoda	Palaemonidae	Macrobrachium sp.	mg/L	0,00045	0,0005		0,00008	0,49		0,00004	0,29		0,00008	0,1	

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: <http://www.Epa.gov/ecotox/> (Matriz Agua Superficial)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Peces

La diversidad de especies de peces de agua dulce en el neotrópico representa casi el 50 % de las especies de peces de agua dulce a nivel mundial. De las 6 000 especies descritas para la región del neotrópico, 4 475 son reconocidas como especies válidas; sin embargo, la totalidad de la riqueza no ha sido descrita y se estima que podría llegar hasta las 8 000 especies (Reis *et al* 2003). Los peces son organismos acuáticos extremadamente sensibles a la perturbación ambiental, siendo afectados en su crecimiento y en sus funciones reproductivas (Iannacone *et al*, 1999) por esta razón, han sido utilizados como indicadores de la calidad del agua en diversos países desde. Entre las características que estos organismos exhiben para su uso como indicadores se encuentran: facilidad de captura e identificación, se cuenta con una amplia información sobre sus historias de vida y hábitos, comprenden una amplia variedad de niveles tróficos y además están presentes en pequeños cuerpos de agua (Duncan & Lockwood 2001).

La evaluación de la toxicidad sobre la comunidad de peces se realizó teniendo en cuenta las concentraciones de bario y cadmio (CP encontrados solo en tejido muscular en los peces) que estén presentes en el agua superficial (a fin de ver una posible afección de estos metales a estos receptores ecológicos) y utilizando como referencia las especies presentadas en el siguiente cuadro.

Cuadro 4-19 EPA Ecotox usados para peces y otros estudios ecotoxicológicos - sitio S0112 (Sitio 35)

Comunidad HB	Nombre Químico	Nombre Científico de la Especie	Nombre Común de la Especie	Especie Grupo	Estadio de crecimiento	Medio	Sitio de Prueba	Conc 1 (Estandarizado)	Conc 1 Unidades (Estandarizado)
Peces	Barite	<i>Poecilia reticulata</i> *	Guppy	Pescado; Especie Estándar de Prueba	NR	Agua	Lab	9 mg/L	Al mg/L
	Cadmium	<i>Danio rerio</i>	Zebra Danio	Pescado; Especie Estándar de Prueba	Inmadura	Agua	Lab	0,00022482	Al mg/L

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

*Paredes& Miglio 2018. Evaluación de riesgo ecológico de la barita (BaSO4) empleando pruebas ecotoxicológicas con doce organismos.

Para el bario total se utilizó el valor de referencia para la especie *Poecilia reticulata*, especie estudiada en Perú, es una especie de agua fresca, y podría servir de referente para las especies reportadas en el sitio S0112 (Sitio 35).

Respecto al cadmio se utilizó el valor de referencia para la especie *Danio rerio*; que, a pesar de no estar reportada en los resultados del muestreo, es utilizada en la evaluación toxicológica en lo que se ha visto afectado por su acumulación de este CP, así como ser un modelo en la investigación biomédica^{oo}.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de toxicidad en la comunidad de peces.

^{oo} Vargas-Vargas, R.A. (2017) - Pez cebra (Danio rerio) y anestesia. Un modelo animal alternativo para realizar investigación biomédica básica.

Cuadro 4-20 Evaluación de toxicidad para peces en agua superficial del sitio S0112 (Sitio 35)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Especie	Unidades	Contaminante			Contaminante		
							Bario Total			Cadmio		
							Resultado análisis	Valor referencia	Análisis	Resultado análisis	Valor Ecotox referencia	Análisis
Agua Superficial	Seca	E01-11.09.18 S0112	Characiformes	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	mg/L	0,0618	9	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00001	0,00022482	Valor por debajo del límite Ecotox
			Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bimaculatus</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Astyanax</i> sp.	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Crenuchidae	<i>Characidium aff. Steindachneri</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia oligolepis</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia</i> sp.	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia cotinho</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Chrysobrycon eliasi</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Gymnocorymbus thayeri</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Chichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina</i> sp.	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Chichliformes	Cichlidae	<i>Aequidens tetramerus</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Thalassophryne amazonica</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
		E02-14.09.18 S0112	Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia oligolepis</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia</i> sp.	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Charax tectifer</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Hemigrammus</i> sp.	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Characidae	<i>Hemibrycon</i> sp.	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Iguanodectidae	<i>Bryconops inpai</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Characiformes	Lebiasinidae	<i>Pyrrhulina cf. Laeta</i>	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	
			Chichliformes	Cichlidae	<i>Bujurquina</i> sp.	mg/L	0,0618	9		0,00001	0,00022482	

Importante:

Se indica que el Bario Total, Cadmio y Plomo no son CP para la matriz agua superficial del sitio S0112 (sitio 35); no obstante, se evaluaron estos elementos a fin de demostrar que las concentraciones registradas no superan los valores de Ecotox. Por ende, los valores excedentes de estos CP en las muestras de peces pudieron haber sido asimilados en zonas fuera del ámbito del sitio S0112 (sitio 35).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En lo que respecta a la flora y fauna del lugar, no se cuenta con información a detalle sobre los grados de toxicidad de las especies endémicas del sitio S0112 (sitio 35), por lo cual se ha considerado con los Valores de Toxicidad de Referencia (VRT) las cuales provienen de fuentes bibliográficas y de bioensayos realizados con especies de fauna que pudieran ser de interés para el área de estudio.

De acuerdo a lo estipulado en la *Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund*^{pp}, para cada contaminante para el que exista una ruta de exposición completa, se debe revisar la literatura para determinar el nivel de exposición más bajo (concentración en agua o en la dieta, dosis ingerida) que muestre que produce efectos adversos (reducción del crecimiento, reproducción deteriorada, aumento de la mortalidad) en una posible especie receptora; este valor se denomina LOAEL (Probabilidad de Efecto Tóxico Bajo). Asimismo, para aquellos contaminantes con efectos adversos documentados, también se debe identificar el nivel de exposición más alto, denominado NOAEL (Concentración más Alta de Efecto No Observado).

Un NOAEL es más apropiado que un LOAEL para usar como un valor de ecotoxicidad de detección para garantizar que el riesgo no se subestime. Sin embargo, los NOAEL actualmente no están disponibles para muchos grupos de organismos y muchos productos químicos. Cuando se dispone de un valor de LOAEL, pero no de NOAEL, en la literatura, una práctica estándar usar el LOAEL más bajo disponible para la población en estudio, de esta forma nos aseguramos que la población esté protegida.

Debido a que NOAEL y LOAEL se estiman mediante pruebas de hipótesis (es decir, comparando el nivel de respuesta de un grupo de prueba con el nivel de respuesta de un grupo de control para una diferencia estadísticamente significativa), la proporción real de los animales de prueba que muestran la respuesta adversa a un LOAEL identificado depende del tamaño de la muestra, la variabilidad de la respuesta y el intervalo de dosis. Por esta razón, la USEPA recomienda a los NOAEL más conservadores en lugar de los LOAEL para determinar un nivel de exposición de detección, que es poco probable que tenga un impacto adverso en las poblaciones. Si se dispone de datos de dosis-respuesta, se puede determinar un nivel de bajo efecto específico del sitio.

En este sentido, se tuvo en cuenta los criterios expuestos por Sample B.E., et al (1996)^{qq} cuyo documento detalla las concentraciones con una Probabilidad de Efecto Tóxico Bajo (LOAEL) y la Concentración más Alta de Efecto No Observado (NOAEL) en ciertas especies salvajes en un determinado escenario ecológico.

Cuadro 4-21 NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0112 (sitio 35)

CP	NOAEL* (mg/kg/d)	Descripción
Hidrocarburos C10-C28	25 ^a	El NOAEL asumido para estos CP proviene de la especie <i>Odocoileus virginianus</i> (Ciervo cola blanca), la cual se ha considerado en el presente estudio como especie análoga al <i>Tapirus terrestris</i> (Tapir) registrada en campo. Se asume que este valor podría tener los mismos efectos de toxicidad sobre el Tapir, así como similares mecanismos de respuesta ante estos CP.
Fracción C28-C40		
Boro	7,9	
Cromo Total	768	
Selenio	0,056	
Benceno	0,15 ^b	

^{pp} Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments - US EPA

^{qq} Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. - U.S. Department of Energy.

Cuadro 4-21 NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0112 (sitio 35)

CP	NOAEL* (mg/kg/d)	Descripción
Benzo(a) antraceno		
Benzo(b) fluoranteno		
Fenantreno		
Fluoreno		
Naftaleno		

* Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revisión. Tabla N.º12.

a Se empleó al Etil Acetato (Ester) en reemplazo al TPH Total, debido a que es un hidrocarburo que presenta similitud en su estructura química con las fracciones F2 y F3.

b Se consideró el valor del Benzo(a) pireno como valor representativo de la suma total de los HAP's.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Es preciso indicar que estos valores son referenciales y se basan en estudios de toxicidad, obteniendo así valores NOAEL de algunas especies; es por ello que se consideró una especie análoga respecto a las especies identificadas del sitio S0112 (sitio 35), como el caso del *Odocoileus virginianus* a fin de tener una idea del grado de toxicidad que podría generar a las especies endémicas del lugar.

4.4 Evaluación de la exposición.

A) Caracterización de los receptores y escenarios de exposición

La identificación de receptores se realizó según la información levantada en campo, estableciendo posibles escenarios de exposición

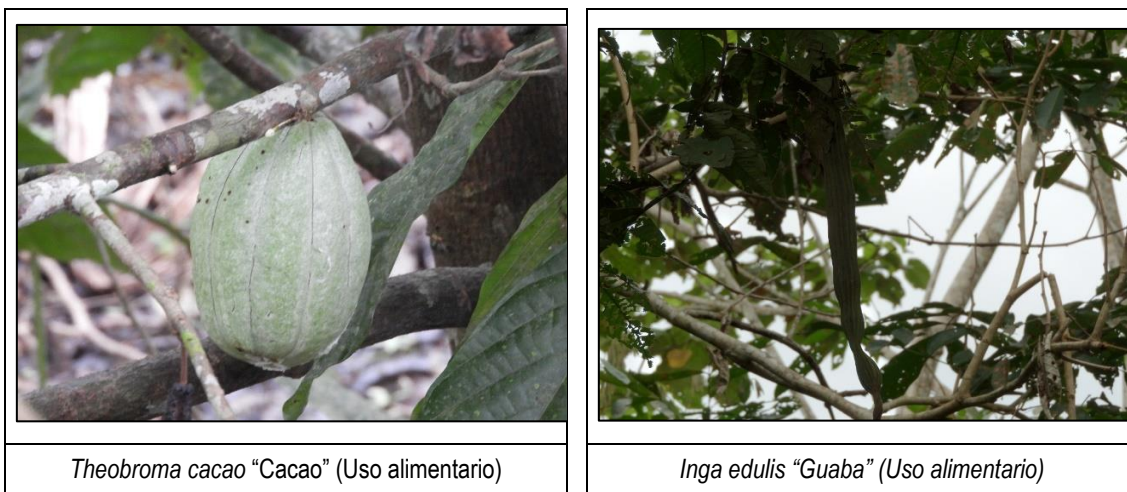
A.1 Receptor y escenario ecológico

Se ha identificado un (1) un posible receptor ecológico, el cual agrupa tanto a ecosistemas, así como a la fauna y flora silvestre del sitio S0112 (Sitio 35); pudiendo esta verse afectada por la presencia de estos CP. De acuerdo con el análisis de toxicidad, se han determinado que estos CP son tóxicos a ciertos umbrales de acuerdo con la cada especie, y en base al modelo conceptual del sitio se define tres (3) posibles rutas de exposición:

- **Suelo**

Tanto especies de flora como fauna *in situ* podrían asimilar estos CP por contacto dérmico o por absorción por el sistema radicular. De acuerdo con la información recopilada en la etapa de caracterización, se identificaron ocho especies correspondientes a siete familias y seis órdenes taxonómicos. Entre las especies representativas tenemos a *Inga edulis* "Guaba" (uso Alimentario) y *Anacardium occidentale* "Casho" (uso medicinal), seguidas también de *Mauritia flexuosa* (aguaje), *Theobroma cacao* (cacao), *Erythrina sp.* (amasisa), *Citrus limon* (limon), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Mansoa alliaceae* (ajo sachá), entre otros.

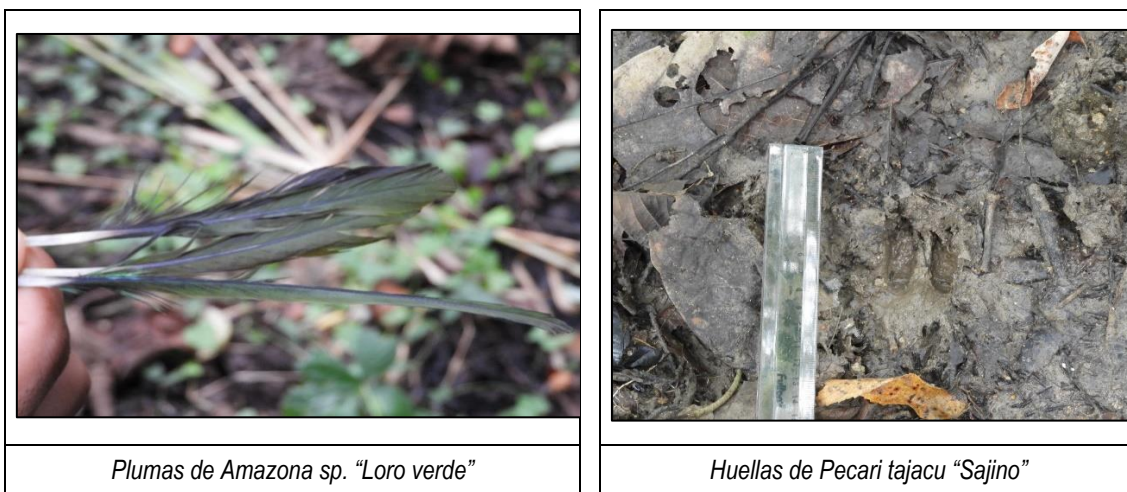
Fotografía 4-2 Especies de flora identificada en el sitio S0112 (sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Como parte de la fauna del sitio S0112 (Sitio 35) se registraron cuatro (4) especies de mamíferos, correspondientes a cuatro (4) familias y cuatro (4) órdenes; y dos (2) especies de aves, correspondientes a una familia y un orden taxonómico; siendo estas especies: *Mazama americana* (venado colorado), *Pecari tajacu* (sajino), *Dasyprocta* sp. (añuje), *Cuniculus* sp. (majaz), *Tapirus terrestres* (tapir), *Amazona* sp. (loro verde) y *Pionites leucogaster* (Chirriclés vientre blanco).

Fotografía 4-3 Especies de fauna identificada en el sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Aire

La flora del sitio S0112 (Sitio 35) en primera instancia sería afectada por la asimilación de vapores/partículas de los CP (bajo un escenario conservador) a través de las hojas (haz y envés). Paralelamente la fauna no es exenta a esta exposición, la cual estaría expuesta a la inhalación en función a la periodicidad y recurrencia de estas especies al sitio impactado (la fauna que pueda transitar cercana al sitio). En caso de los metales pesados, es poco probable que estos pueden propagarse por dispersión de partículas; debido a la alta saturación en la superficie del suelo (arcilla), sumado a la cobertura de hojarasca en descomposición y la vegetación frondosa del lugar, actúan como barreras naturales.

• Agua superficial

Las especies de flora y fauna presentarían un alto grado de afectación, toda vez que el agua es un elemento esencial para la subsistencia de dichas especies. El posible contacto con los CP presentes en el agua superficial sería por ingesta directamente y contacto directo (fauna), así como la absorción en las raíces (flora).

De acuerdo con la información recopilada en la etapa de caracterización para la comunidad hidrobiológica, se tiene que el fitoplancton tanto en época húmeda y seca destacó el phylum *Bacillariophyta*, seguido del phylum *Euglenophyta* (este último en la época seca); para el zooplancton se registraron especies pertenecientes al phylum *Rotifera* (época húmeda) y phylum *Bacillariophyta* (época seca). En cuanto al perifiton, se registraron en ambas épocas más de 18 especies correspondientes al phylum *Bacillariophyta*; y por último, respecto a los macroinvertebrados bentónicos solo se tuvieron registros de algunas especies pertenecientes a las clases *Insecta* (phylum *Arthropoda*) en ambas épocas. Además, el sitio S0112 (Sitio 35) se observó una dominancia del orden *Characiformes*, lo cual corrobora estudios anteriores para la Amazonía peruana (Ortega *et al.*, 2007; Ortega *et al.*, 2010, Ortega *et al.*, 2012); registrándose 6 especies de peces durante el monitoreo de época húmeda, todas nativas y ninguna introducida, agrupadas en tres órdenes y en tres familias. Estas especies fueron: *Acestrorhynchus falcatus*, *Astyanax sp.*, *Astyanax bimaculatus*, *Chrysobrycon eliasi*, *Gymnocorymbus thayeri*, *Hemibrycon aff. metae*, *Hemigrammus sp.*, *Moenkhausia sp.*, *Moenkhausia cotinho*, *Moenkhausia oligolepis*, *Characidium aff. Steindachneri*, *Hoplias malabaricus*, *Pyrrhulina laeta*, *Aequidens tetramerus*, *Bujurquina sp.*, *Anablepsoides sp.* y *Thalassophryne amazónica*.

A.2 Receptor y escenario humano

Se determinaron tres (3) escenarios para el receptor humano (poblador de la Comunidad Nativa José Olaya): i) Poblador Local – Trabajador Industrial; ii) Cazadores y pescadores esporádicos (adulto y niño); iii) Poblador Local - Residentes de la C.N. José Olaya.

Los receptores primarios (in situ) corresponden a los trabajadores industriales y cazadores y/o pescadores esporádicos (adulto y niño) y los receptores secundarios (ex situ) corresponde a los residentes de la CN José Olaya, conforme a lo planteado en el modelo conceptual.

Escenario Humano N° 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

El receptor humano 1 corresponde a los trabajadores industriales, por ende, es probable que estos receptores transiten por el sitio impactado para realizar actividades estrictamente de carácter industrial (verificación, inspección, etc.) o en zonas cercanas. En el Cuadro 4-22 se presenta los datos generales u otros datos del receptor humano 1:

Cuadro 4-22 Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0112 (Sitio 35)

Escenario Humano N° 1: Trabajadores industriales	
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a pobladores de la C.N. José Olaya adultos mayores a 18 años de edad y de género masculino
Espacios Educativos	N.A.
Vulnerabilidad	N.A.
Fuentes de agua potable y alimentos	N.A.
Aspectos migratorios	N.A.
Preocupación de las comunidades	No se tiene información.

N.A.: No Aplica.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)

Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Escenario Humano N° 2: Poblador Local – Cazadores y pescadores esporádicos

Este escenario corresponde a pobladores adultos de la Comunidad Nativa José Olaya que realizan actividades de pesca y/o caza en el sitio impactado (in situ) en acompañamiento de niños en el rango de edad de 6 a 11 años, este último receptor se evalúa dado que representan el receptor más sensible y vulnerable. Este escenario es hipotético pues la posibilidad que personas ingresen al sitio impactado y realicen específicamente las actividades en mención, es relativamente baja (ver Cuadro 4-23).

Cuadro 4-23 Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0112 (Sitio 35)

Escenario Huamno N° 2: Cazadores y pescadores esporádicos		
	Adulto (2A)	Niño (2B)
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a los pobladores “adultos” de la CN José Olaya que realicen actividades esporádicas de pesca y/o caza en el sitio. Rango de edad: mayores de 18 años	El grupo poblacional corresponde a los pobladores “niños” de la CN José Olaya que realicen actividades esporádicas de pesca y/o caza en el sitio. Rango de edad: 6 a 11 años
Espacios Educativos	La institución educativa de la CN José Olaya es de nivel inicial, primario y secundario. Cuenta con infraestructura de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos.	
Vulnerabilidad	Los registros de morbilidad señalan como principales enfermedades a las infecciosas intestinales, helmintiasis, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 0 a 11 años. Las condiciones sanitarias que son deficientes en la comunidad, algunas viviendas cuentan con servicios higiénicos (letrinas).	
Fuentes de agua potable y alimentos	El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos. La comunidad cuenta con una pequeña planta de tratamiento comunal que no logra abastecer al total de su población.	
Aspectos migratorios	La emigración se da a localidades cercanas como Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos; sino por estudios, salud o negocios.	
Preocupación de las comunidades	Afección a su entorno y el medio ambiente.	

N.A.: No Aplica.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Escenario Humano N° 3: Poblador Local – Residentes de la C.N. José Olaya

El escenario humano 3, corresponde al asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. José Olaya, el cual se localiza aproximadamente a 11,7 km de distancia del Sitio S0112 (Sitio 35); por consiguiente, representa un escenario de evaluación de receptores fuera del sitio (ex situ).

Esta población podría verse afectada por una eventual exposición de contaminantes que lixivian al subsuelo y son transportados por las aguas subterráneas, para posteriormente descargar en aguas superficiales de relevancia para la comunidad (río Corrientes) para fines de usos recreacionales (ver Cuadro 4-24).

Cuadro 4-24 Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0112 (Sitio 35)

Escenario Humano N° 3: CN José Olaya	
Datos generales	El grupo poblacional corresponde a la CN José Olaya cuenta con una población estimada asciende a las de 500 personas; entre adultos, adolescentes y niños de género masculino y femenino. Su tipo de vivienda se caracteriza por tener una sola habitación, sin paredes o divisiones, como era antiguamente, y otras que ya tienen separaciones o cuartos en su interior. Algunas casas son con pona o techos con hojas de palmera tejidas, en algunas casas también se han reutilizado calaminas o bidones abiertos que sirven de cercos o paredes.
Espacios educativos	La institución educativa de la CN José Olaya es de nivel inicial, primario y secundario. Cuenta con infraestructura de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos.
Vulnerabilidad	Los registros de morbilidad señalan como principales enfermedades a las infecciosas intestinales, helmintiasis, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 0 a 11 años. Las condiciones sanitarias que son deficientes en la comunidad, algunas viviendas cuentan con servicios higiénicos (letrinas).
Fuentes de agua potable y alimentos	El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos. La comunidad cuenta con una pequeña planta de tratamiento comunal que no logra abastecer al total de su población.
Aspectos migratorios	La emigración se da a localidades cercanas como Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos; sino por estudios, salud o negocios.
Preocupación de las comunidades	Afección a su entorno y al medio ambiente.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el ítem 4.9 *Factores culturales y sociales* se presenta una mayor descripción del receptor humano referente a la Comunidad Nativa José Olaya.

B) Cálculo de la dosis de exposición en seres humanos (para las vías de exposición relevantes)

• Selección de factores de exposición

Para la determinación de la dosis de exposición fue necesario una selección preliminar de la información, la cual comprende las características de los CP, parámetros fisiológicos y biológicos de los receptores humanos identificados y parámetros según el escenario de exposición. En el Anexo 6.6.3, se adjunta la descripción detallada de las propiedades fisicoquímicas de los CP seleccionados para el escenario humano, mientras que en el siguiente cuadro se resumen las propiedades de mayor relevancia.

Cuadro 4-25 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	Log (K _d)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
TPH C10-C28	5 354	5,8	3,65E-02	3,70	ND	1,00	ND	0,04	0,04
TPH C28-C40	5 704	5,8	3,65E-02	3,70	ND	1,00	ND	0,04	0,04
Benzo (a) antraceno	2,16E-1	0,01	1,54E-07	5,55	5,52	1,00	9 200	ND	ND
Benzo (b) fluoranteno	1,03E-1	0,0015	8,06E-08	6,08	6,11	1,00	26 000	ND	ND
Boro	6,779	ND	ND	ND	ND	1,00	ND	0,2	0,2
Selenio	2,449	0,0	0,00	ND	2,39E-01	1,00	ND	0,005	0,005
Cromo Total	86,1	0,0	0,00	3,08	0,0	1,00	ND	1,5	1,5
Fenantreno	2,276	0,994	6,80E-04	4,15	4,35	1,00	2 630	0,03	0,03
Fluoreno	1,123	1,98	3,24E-03	3,88	4,02	1,00	1 300	0,04	0,04
Naftaleno	1,654	31,4	8,89E-02	3,19	3,17	1,00	430	0,02	0,02

ND: No definido, no se obtuvo información del parámetro en la normativa seleccionada para la presente ERSa (Cuadro No. 6.5).

CF: Concentración en el foco (unidades según la matriz)

S: Solubilidad acuosa (@ 20 - 25 °C) mg/L

PV: Presión de vapor (@ 20 - 25 °C) mm Hg

Log (K_{oc}): Constante de partición octano agua (@ 20 - 25 °C).

Log (K_d): Coeficiente de distribución suelo-agua (@ 20 - 25 °C).

FBD_R: Factor de biodisponibilidad relativa

FBC: Factor de bioconcentración:

RfD (Derm.): Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

RfD (Oral): Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-26 Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
Arsénico Total	9,50	0	0	1,39E+00	7,80E-01	ND	0,0003	0,0003
Benzo (a) antraceno	0,106	0,01	1,54E-07	5,55	1,00	9 200	ND	ND
Benzo (e) pireno	0,045	0,00162	4,89E-09	5,98	26 000	0,0005	0,0005	26 000
Cobre Total	40	0	0,0	1,60	1,00	ND	0,04	0,04
Cromo Total	39,61	0,0	0,00	3,08	1,00	ND	1,5	1,5
Fenantreno	0,361	0,994	6,80E-04	4,15	1,00	2 630	0,03	0,03
Fluoreno	0,086	1,98	3,24E-03	3,88	1,00	1 300	0,04	0,04
Naftaleno	0,0466	31,4	8,89E-02	3,19	1,00	430	0,02	0,02

ND: No definido, no se obtuvo información del parámetro en la normativa seleccionada para la presente ERSa (Cuadro No. 6.5).

CF: Concentración en el foco (unidades según la matriz)

S: Solubilidad acuosa (@ 20 - 25 °C) mg/L

PV: Presión de vapor (@ 20 - 25 °C) mm Hg

Log (K_{oc}): Constante de partición octano agua (@ 20 - 25 °C).

Log (K_d): Coeficiente de distribución suelo-agua (@ 20 - 25 °C).

FBD_R: Factor de biodisponibilidad relativa

FBC: Factor de bioconcentración:

RfD (Derm.): Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

RfD (Oral): Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El Anexo 6.6.4 se describe los parámetros de exposición, detallando los parámetros biológicos y fisiológicos de relevancia para el escenario humano que fueron utilizados para el cálculo de la dosis de exposición; que, a su vez se resumen brevemente en el siguiente cuadro.

Cuadro 4-27 Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos

Parámetro de exposición	Receptor humano 1	Receptor humano 2 Cazador / Pescador		Receptor humano 3 Residencial	
	Trabajador	Adulto	Niño (a)	Adulto	Niño (a)
Tiempo promedio para agentes cancerígenos (años)	74,5*	74,5*		74,5*	
Tiempo promedio para agentes no cancerígenos (años)	24*	24*	12*	24	12*
Peso corporal (kg)	65*	65*	29*	65*	29*
Duración de la exposición (años)	24*	24*	12*	24	12*
Tiempo promedio para el flujo de vapor (años)	24	24		24	
Frecuencia de la exposición (días/año)	230*	96**	96**	365	365
Frecuencia de exposición para la exposición dérmica (días/año)	230*	96**	96**	365	365
Tasa de ingestión de agua (L/día)	NA	2*	1*	2*	1*
Tasa de ingestión de suelo (mg/día)	200*	200*	200*	50*	200*
Área de la superficie de la piel (estacional) (cm ²)	1815*	1 815*	2094*	1 815*	2 094*
Factor de adherencia del suelo a la piel (mg/cm ²)	0,75*	0,75*	0,75*	0,75	0,75
Área de la superficie de la piel durante la inmersión (cm ²)	NA	19 400*	8 750*	19 400*	8 750*
Tasa de ingestión de pescado (kg/año)	NA	1,0	1,0	1,0	1,0

Valores predeterminados de la ASTM E-2081 y Exposición Máxima Razonable (RME) especificados en la guía publicada por la U.S. EPA.

*Valores obtenidos del Anexo C de la Guía ERSa (RM: 034-2015-MINAM).

** Se asume una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana, equivalente a 96 días/año.

(a) Niños en el rango de edad de 6 a 11 años.

NA: No aplica.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el cálculo de la dosis de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de los CP de la matriz agua superficial se utilizó la *Proposed Guidelines for carcinogen risk assessment* de la USEPA (EPA/600/P-92/003C). La tasa de ingesta de agua considerada para el cálculo de la dosis de exposición fue de 500 mL/h.

Es importante mencionar que varios de estos parámetros fueron tomados de literatura relevante para el presente ERSa, algunos de estos se encuentran en la base del programa RBCA Toolkit y fueron descritos anteriormente en la sección 4.1.

Cuadro 4-28 Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición

Parámetro	Normativa / estándar (nacionales)	Descripción
Compuesto de preocupación	EPA/540/R-95/128	EPA SSL Guidance: Tech. Bkgd. Doc.
	EPA/600/8-91/011B.	USEPA, Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications, ORD,
	RG-366 TRRP-19 (TX11)	Texas Risk Reduction Program, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, June 2001; (toxicity and physical/chemical properties tables dated May 24,2011).
	30 TAC 307	Texas Surface Water Quality Criteria, Table 3, downloaded June 2003.
	EPA 816-F-03-016	National Primary Drinking Water Regulations, June 2003, downloaded February 2007.
	NA	Howard, Handbook of Environmental Degradation Rates, Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1989 (H).
	NA	USEPA, Method 8270C, Revision 3, "Semivolatile Organic Compounds by GC/MS", December 1996.
	NA	Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0 (LY).
	USEPA, 2007	USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007 (EPA-I).
	--	Límites de detección analítica para suelos y sedimentos. AGQ Lab (Registro LE-072).
Fisiología y biología del receptor	NA	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1997
	Guía ERSa (RM: 034-2015-INAM)	Anexo C: Tabla de datos para el cálculo de la exposición.
Escenario de Exposición	NA	Según el escenario.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Ecuaciones para el cálculo de la exposición

Tal como se ha mencionado en varias secciones del documento, la evaluación de riesgos hacia la salud humana se realizó mediante el uso del software RBCA Toolkit, el cual cuenta con valores predeterminados para cada CP, así como las fórmulas según la vía de exposición.

Para la presente ERSa se seleccionaron las vías ingestión de suelos, ingestión de aguas superficiales, exposición por contacto dérmico e ingesta de alimentos. Es importante mencionar que tanto la Guía ERSa como el software RBCA Toolkit utiliza a las Guías EPA como referencia para el cálculo de la exposición.

4.5 Rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte) de los contaminantes asociados a las actividades de hidrocarburos.

Se identificaron rutas y vías de exposición en función a los acontecimientos de contaminación relevantes históricos, actuales y los que podrían ocurrir en un futuro.

- **Mecanismos de transporte**

Se consideran mecanismos de transporte los fenómenos físicos que intervienen en la traslocación de los contaminantes en el área de estudio, en ese sentido, para este sitio en particular, y para los receptores humanos en sitio, se incluye la erosión del viento y dispersión atmosférica de partículas que probablemente tengan adsorbidas en su superficie contaminantes, en consideración a sus características físicas y químicas.

Dentro de este mecanismo podrían transportarse algunos metales y fracciones pesadas de hidrocarburos adheridos a una partícula de suelo, logrando su dispersión a una distancia no muy lejana del punto caliente o zona de derrame, o alta contaminación en vista de las barreras naturales que podría encontrar en su tránsito aéreo, entendidas como cobertura vegetal.

Este mecanismo de transporte se considera como probable debido al nivel de pérdida de cobertura de capa vegetal como consecuencia de las actividades antrópicas típicas del sitio; no obstante, esta pérdida de cobertura vegetal se va haciendo menos frecuente o intenso en la medida en que se aleja del área de presunta alta afectación.

Por otro lado, esta dispersión de contaminantes podría verse atenuada por la humedad de la zona, que en época lluviosa puede llegar al 99,2 % y a valores del 65,6 % en época seca.

Adicionalmente, se considera para algunas sustancias, lixiviación y transporte tanto hacia agua superficial como hacia agua subterránea. La medida del grado de avance de la pluma de contaminación dependerá específicamente de las características del suelo y su interacción con los contaminantes presentes en esta matriz. Una vez estos contaminantes lleguen a un cuerpo de agua o alcancen el nivel freático, su dinámica de dispersión cambiará en función del flujo del cuerpo de agua mismo.

Finalmente se considera un mecanismo de transporte adicional que es el agua lluvia, ante la evidencia de la alta pluviosidad de la región que alcanza los 3 057 mm anuales y que facilita el transporte por arrastre de los contaminantes hacia cuerpos de agua superficial. Este mecanismo de transporte tiende a ser netamente mecánico y no hay diferencia significativa en cuanto al tipo de contaminante que se transporta por esta vía, ya sea soluble o insoluble en agua, pesado o liviano, libre o en una matriz compleja.

- **Rutas de exposición**

Entendiendo como exposición todo contacto de los límites exteriores de un receptor determinado con los componentes del medio que lo rodea, las rutas de exposición hacen referencia específica al mecanismo de ingreso de estos contaminantes al cuerpo de un determinado receptor donde se puede determinar de manera preliminar, dependiendo de las propiedades físicas y químicas de la sustancia, si esta se absorbe o no y en qué medida.

Existen dos propiedades fisicoquímicas generales en las sustancias contaminantes que pueden orientar en el tipo de vía de absorción predominante, estas son la volatilidad medida por la

presión de vapor de la sustancia y la otra es su coeficiente de partición octanol/agua que da una idea de que tan fácilmente una sustancia puede atravesar una membrana biológica^{rr}.

En este orden de ideas, cuando una sustancia tiene una presión de vapor alta, alcanza rápidamente el equilibrio con su fase de vapor y se volatiliza a menor temperatura, esto se traduce que esta sustancia puede ingresar fácilmente por la vía inhalatoria.

Por otro lado, si una sustancia tiene un coeficiente de partición octanol/agua superior a 3, se interpreta que la sustancia es liposoluble y por ende puede atravesar más fácilmente las barreras biológicas, como la piel. En este sentido, esta propiedad hace que la vía de exposición dérmica sea importante para este tipo de sustancias.

Es importante resaltar que a pesar de que existen muchas otras características fisicoquímicas que permiten predecir el comportamiento de las sustancias químicas potencialmente contaminantes, estas dos relacionadas anteriormente son un indicador básico y en la mayoría de los casos suficiente para hacer este tipo de análisis.

Dentro de las vías de exposición, se tienen las vías mayoritarias entendidas como las más comunes o extensas en función de su interacción con los componentes medioambientales y sus posibles contaminantes, estas son la vía oral o digestiva, la vía inhalatoria y la vía dérmica.

Existen otras vías de entrada de los contaminantes al organismo tales como la placentaria, leche materna y parenteral que no son objeto de análisis en este documento.

Aunque básicamente el mecanismo de transporte del agente tóxico o xenobiótico es el mismo en el entendimiento de que este se da por la migración de estas sustancias a través de la membrana celular en función, generalmente, de un gradiente de concentración, hay variables propias de cada vía que hacen que unas sean más eficientes que otras.

Vía digestiva: es la vía más común en intoxicaciones con agentes químicos, los cuales se absorben principalmente en el estómago e intestino debido a que ofrecen un área superficial más grande en comparación con los tejidos de la mucosa orofaríngea, por ejemplo.

La absorción de los contaminantes depende no solo de las características fisicoquímicas de estos sino también de la movilidad intestinal, gran área de exposición y otras variables fisiológicas que harían que aun pequeñas dosis fueran absorbidas ampliamente.

Vía inhalatoria: esta vía de exposición es la más común para la absorción de gases, vapores y material particulado. La absorción comienza desde la nariz misma hasta los pulmones; la nariz actúa junto con sus vellosidades como filtro de partículas y la mucosa oro nasal como una trampa para las mismas.

Cuando los contaminantes llegan a los pulmones usan el mecanismo de intercambio gaseoso entre el oxígeno y el dióxido de carbono para ingresar al torrente sanguíneo y distribuirse en el organismo hacia los órganos blanco.

Los pulmones tienen la característica de una gran superficie de contacto que hace que la velocidad de difusión de los gases sea muy alta, más aún en consideración de la escasa barrera con un torrente sanguíneo alto.

Vía Dérmica: la absorción a través de la piel o absorción percutánea permite el ingreso de sustancias exógenas al organismo. La absorción por esta vía se favorece por las características fisicoquímicas del contaminante y por el grosor de la epidermis principalmente.

^{rr} Fleming Martínez et al (2001). Efecto de la miscibilidad parcial entre octanol y agua sobre la solubilidad y el reparto de algunas sulfonamidas.

De manera general, entre más gruesa sea la epidermis, menor es la probabilidad de que los contaminantes puedan ingresar al organismo por esta vía.

La penetración de sustancias contaminantes por esta vía puede expresarse como un flujo de penetración para cada sustancia específica en unidades de miligramos por área superficial de piel y por unidad de tiempo; esto equivaldría a la velocidad teórica con que la sustancia particular penetra la piel.

Si bien es cierto que la dificultad para el cálculo de este flujo de penetración es difícil de calcular, se sabe que es función del Kp o coeficiente de permeabilidad y el gradiente de concentración del contaminante.

Se supone que, para la exposición a suelos por contacto dérmico e ingestión accidental, sucede en el área inmediata al suelo afectado y, por definición, aplica sólo a los receptores que están en el sitio (*in situ*).

El receptor del escenario humano N° 1 correspondiente al poblador local de la C.N. José Olaya que es trabajador industrial del lote petrolero y probablemente transita por el sitio S0112 (Sitio 35), por tal es un receptor *in situ* (dentro del sitio) y se espera una probable afectación a través de la vía de exposición por inhalación de partículas de CP del suelo que han sido transportadas desde el foco hasta la zona industrial de los Pozos HUYS-02CD y HUYS-01X por acción del viento y por contacto dérmico e ingestión de los CP de la matriz suelos.

El receptor del escenario humano N° 2 (en el sitio) correspondiente a pobladores locales adulto y niño que visitan el sitio o transitan cerca a este, para desarrollar actividades como la caza y pesca esporádicamente, podría verse afectado por exposición con los contaminante del suelo directamente por contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas e indirectamente con los CP que lixivian y descargan en quebradas cercanas; además, por exposición a sedimentos y agua superficial mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental, ya que es probable que este receptor se lave las manos o se bañe en los cuerpos de agua superficial del sitio. No se considera el consumo de agua no tratada.

Para el receptor del escenario humano N° 3 (C.N. José Olaya), se plantea una potencial ruta de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial afectada con los CP derivados de los derrames ocurridos en el sitio S0112 (Sitio 35). Esta exposición puede generarse, considerando que tanto las aguas superficiales como las subterráneas tienen una potencial relación respecto a la descarga de estas; pudiendo existir un contacto de las aguas superficiales de la Quebrada S/N con las aguas del río Corrientes, el cual pasa por las cercanías de la CN José Olaya donde se frecuenta el uso recreativo.

Para este último escenario no se considera la ruta de exposición por inhalación de partículas, porque la distancia entre el foco de contaminación y el receptor es de 11,7 km, y tampoco la ruta de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de suelos, porque estas rutas de exposición afectan únicamente a los receptores en el sitio impactado.

Asimismo para el escenario humano 1 (trabajadores industriales de la Batería Shiviayacu) y escenario humano 2 (cazadores y/o pescadores esporádicos), no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0112 (Sitio 35), si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor humano industrial y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 1,6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo.

Finalmente, dentro del modelo conceptual del sitio S0112 (Sitio 35) se consideró principalmente la interacción del receptor ecológico con el suelo y sedimento potencialmente contaminado con sustancias químicas, a través del contacto directo (dérmico y absorción) y la posible ingestión accidental de suelo o material vegetal contaminado (receptor en sitio). Este mismo tipo de receptor puede estar expuesto a partículas de sustancias contaminantes que por la inhalación pueden ingresar al organismo del receptor.

Es importante mencionar que, existe una relación entre el receptor primario ecológico y el receptor humano debido al hábito de la caza en este sector; el cual no necesariamente se puede dar en el sitio S0112 (Sitio 35). Sin embargo, la fauna tiene a desplazarse grandes distancias, existiendo una posibilidad de estar expuestos a estos contaminantes y se realice la caza por parte de los pobladores.

4.6 Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.

Para cada uno de los contaminantes de preocupación (CP) identificados en los capítulos anteriores, se evaluó su posible migración a otros medios físico. Esto se realizó considerando de manera cualitativa las propiedades fisicoquímicas y las concentraciones encontradas de cada contaminante y las características hidrogeológicas del sitio.

Como se señaló anteriormente, los contaminantes de preocupación identificados, considerando todas las matrices evaluadas se resumen a continuación:

- Benceno (suelo)
- HAP: Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno, Fluoreno, Naftaleno, Benzo (e) pireno (suelo y sedimentos).
- Hidrocarburos de petróleo: Fracción 2 (C10-C28) y Fracción 3 (C28-C40) (suelo y sedimentos).
- Metales: Boro (suelo), Bario (sedimentos), Cromo (suelo y sedimentos), Selenio (suelo), Arsénico (sedimentos, agua subterránea y agua superficial), Manganeseo e Hierro (agua subterránea y superficial) y Aluminio (agua subterránea).
- Selenio (suelo).

- **Benceno**

De los contaminantes de preocupación, el benceno es el único entre ellos con presión de vapor lo suficientemente alta para volatilizarse y migrar del suelo al aire. Sin embargo, se observa que las concentraciones que superan los ECA para este contaminante se encuentran a profundidades superiores a 1,2 m lo cual dificultaría dicha migración.

En cuanto al transporte del medio suelo al agua subterránea, la alta solubilidad del benceno en agua y un nivel freático superficial de 1,1 a 2,7 m son favorables a la migración de este compuesto. Adicionalmente la EPA considera como concentración de benceno límite en el suelo para la protección del agua subterránea $MCL = 2,6 \times 10^{-3} \text{ mg/kg}$ y en los resultados obtenidos para el sitio S0112 (Sitio 35) se obtuvieron valores superiores a esta referencia en diferentes puntos. Aunque a partir de estos argumentos la migración del benceno al agua subterránea parece bastante probable, la baja permeabilidad de los suelos arcillo-limosos observados en el sitio retrasa la emisión de los contaminantes en los acuíferos y en los resultados de los análisis del agua subterránea no se observaron concentraciones detectables de dicho contaminante. En caso de

^{ss} US EPA Regional Screening Level (RSL) Summary Table, May 2018

que este contaminante llegara al agua subterránea, es muy probable su migración al agua superficial, sin embargo, en este medio sería muy fácil su dilución y volatilización.

- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)**

Estos compuestos son relativamente insolubles en agua y tienen una gran afinidad por la materia orgánica, por lo que tienden a permanecer enlazados a partículas de suelo y se disuelven muy lentamente en agua. Usualmente el transporte de este contaminante ocurre en suelo, sedimentos y partículas suspendidas^{tt}, lo cual corresponde con los resultados obtenidos dado que, estos compuestos se encontraron en concentraciones que superan los límites de referencia solo en suelo y sedimentos. De acuerdo con estos argumentos su migración al agua subterránea y superficial es poco probable a menos que sean arrastrados al agua cuando están adsorbidos en coloides.

Por otro lado, se considera que la dispersión de partículas de suelo contaminadas con HAP es posible dado que, existen algunas zonas descapotadas y se encontraron concentraciones de dicho contaminante sobre el límite de referencia en suelo superficial (< 1,2 m).

- **Hidrocarburos de petróleo**

Las fracciones encontradas F2 y F3, correspondientes a cadenas de más de 10 carbonos, son mezclas poco volátiles y muy viscosas, con baja solubilidad en agua y movilidad reducida en el suelo. Cuando las condiciones están dadas, estos compuestos infiltran en el subsuelo y pueden alcanzar el nivel freático. Sin embargo, según lo observado en sitio, los hidrocarburos presentes en el sitio S0112 (Sitio 35) se encuentran meteorizados y representan las fracciones más recalcitrantes, lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través de un suelo, que además posee baja permeabilidad. En este mismo sentido los resultados de análisis de estas fracciones de hidrocarburos en agua subterránea y superficial mostraron concentraciones por debajo de los límites de detección de los métodos de análisis empleados.

- **Metales**

El comportamiento ambiental de los metales depende altamente de su especiación química. Su solubilidad en agua depende de la habilidad de las especies para reaccionar con otras disueltas y formar precipitados insolubles (complejos) y a adsorberse en superficies cargadas^{uu}. En el Cuadro N° VI-14 de la Guía ERSA puede observarse que las especies químicas de metales pesados anfóteros unidos aniónicamente como por ejemplo cromatos y selenatos, son muy solubles mientras que los carbonatos que se formen con metales son insolubles.

En el caso particular de los metales pesados, su movilidad en suelo es función de varios factores como la forma de unión química, el pH en el suelo, el potencial redox, el contenido de sustancias orgánicas, el contenido de minerales de arcilla del suelo. En el Cuadro N° VI-15 de la Guía ERSA en donde se relaciona el pH del medio con la movilidad del elemento puede notarse que, dado que las diferentes mediciones de pH en agua subterránea resultaron mayores a 4,5, la migración del Cromo en suelo (único metal pesado encontrado en concentraciones superiores a los límites de referencia en suelo) al agua subterránea puede considerarse como baja. Los metales considerados para el sitio S0112 (Sitio 35), como contaminantes de preocupación, no tienen propiedades volátiles como el mercurio, por lo que la migración al aire no sería posible por volatilización, sin embargo, si se podría presentar dispersión de partículas de suelo conteniéndolos dado que, se

^{tt} ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Bases Corrective Actions

^{uu} ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Bases Corrective Actions

encontraron concentraciones sobre los niveles de fondo y ECA para boro y cromo en el suelo superficial (<1,2 m).

- **Selenio**

La movilidad de selenio en suelo como en los metales, depende en gran medida de la forma o especie química presente y del valor de pH. Sin embargo, a diferencia de los anteriores, la solubilidad del Selenio aumenta con valores de pH por encima de 5^{vv}. Aunque se encontraron concentraciones detectables de este contaminante de interés tanto en agua subterránea como en el agua superficial, estas nos superaron los límites de referencia considerados.

Por lo descrito, por un proceso de lixiviación del subsuelo afectado (profundidad superior a los 0,6 m) probablemente se transporte el contaminante de preocupación Benceno hacia las aguas subterráneas para su posterior afloramiento y/o descarga en aguas superficiales, existiendo una potencial afectación al receptor humano por contacto dérmico e ingesta, a través del uso recreacional de las aguas superficiales que se hayan visto afectadas por el transporte y lixiviación del medio afectado, aun cuando es importante resaltar que la distancia entre la fuente primaria o el foco de contaminación y la comunidad nativa es de aproximadamente 11,7 km.

Cuadro 4-29 Vías de exposición del sitio S0112 (Sitio 35)

Medios de contacto	Vías de potencial exposición
Suelo	Contacto dérmico / Ingestión / Inhalación
Aguas superficiales	Contacto dérmico / Ingestión
Aire	Inhalación
Alimentos	Ingestión

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.7 Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

En un escenario de exposición múltiple o única a sustancias químicas con el potencial de ejercer un efecto negativo sobre la homeostasis del receptor, juegan papeles importantes en la magnitud del efecto del contaminante mismo tanto las características de la o las sustancias como las características del individuo y el escenario de exposición.

De manera general, se pueden identificar tres grandes factores que tienen efecto directo sobre la intensidad de toxicidad de las sustancias químicas o la magnitud del efecto a saber, la dosis, la capacidad de atravesar membranas biológicas y la sensibilidad del receptor a una sustancia específica.

Sin embargo, hay factores que influyen también en la toxicidad misma de la sustancia o grupo de sustancias en evaluación y estos son los factores ambientales como la pluviosidad, temperatura, salinidad, pH, dirección e intensidad de los vientos, entre otros que podrían diluir la sustancia, concentrarla o dejarla más disponible al receptor.

Igualmente, aunque en una evaluación de riesgos y en general en la aplicación de políticas públicas relacionadas con la salud ambiental contempla una población general con características antropométricas y biológicas iguales, la realidad es que la variabilidad entre individuos humanos

^{vv} Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados, 2015.

puede ser muy grande, así como la diferencia en la respuesta frente a la exposición a la misma dosis de un contaminante particular o mezcla de ellos.

Adicionalmente, no todas las vías de exposición permiten la misma velocidad de absorción y penetración en el individuo, razón por la cual, la vía de exposición limita también el grado de toxicidad de una sustancia, es decir que una misma sustancia que esté presente en agua o en suelo podría ingresar a un receptor vía oral a través del consumo de esta agua, vía dérmica por el contacto directo con esta o vía inhalatoria por partículas suspendidas en el aire respirable sin que eso signifique que la absorción y el efecto sean de la misma magnitud necesariamente.

Lo mismo sucede con los receptores ecológicos y más aun teniendo en cuenta la variabilidad tan amplia entre especies diferentes y los efectos o desenlaces que podrían acarrear la exposición a una sustancia o mezcla de ellas.

En un nicho ecológico, se pueden tener múltiples especies que podrían verse expuestas a un contaminante particular, pero la misma biología de estos individuos puede ser tan diametralmente opuesta que se presentan poblaciones resistentes y otras sensibles a un mismo contaminante, lo que haría que los resistentes no solo sobrevivan, sino que se fortalezcan y colonicen el nicho ecológico de los sensibles ocasionando un desequilibrio ecosistémico.

Diversos estudios eco-toxicológicos han demostrado que ciertos contaminantes pueden ser transportados a lo largo de considerables distancias debido al transporte atmosférico -ambiental de largo rango, con la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en redes tróficas y causar y efectos negativos en especies ocupando altos niveles tróficos.

4.8 Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.

Si bien es cierto que el análisis ERSa se ha centrado principalmente en los CP, no podemos dejar de lado aquellos CP que de una u otra forma podrían representar un riesgo a la salud de las personas y al ambiente. Sin embargo, muchos de estos elementos no alcanzaron el LDA necesario para puntualizar concretamente entre que rangos oscilan estas concentraciones, existiendo así una incertidumbre de su presencia en las diferentes matrices ambientales evaluadas.

En el mejor de los casos, esto nos indica la ausencia de dichos contaminantes en el medio de los cuales, a pesar de que puedan estar relacionados con la contaminación histórica de hidrocarburos en la zona, representan un riesgo aceptable a la salud de las personas y al ambiente. De la misma forma, se registraron concentraciones de algunos CP los cuales superaron el LDA, mas no el ECA correspondiente y/o estándar internacional para cada matriz ambiental. Esto nos permite inferir que si bien es cierto hay presencia de estos elementos en el entorno, estos cumplen con los estándares de calidad que definen un entorno óptimo donde no habría algún riesgo a la salud de las personas y al ambiente.

Cuadro 4-30 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Acenafteno, Acenaftileno, Antimonio, Antraceno, Arsénico, Bario, Benzo (a) pireno, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Etilbenceno, Fluoranteno, Fenantreno, Indeno (1,2,3-c, d) pireno, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Tolueno, Uranio, Vanadio, Xilenos, Zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Wolframio, Hidrocarburos C5-C10 Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1.2.3-c.d) pireno, Naftaleno, Pireno, Benceno, Etilbenceno, m.p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Sedimento	Cadmio, Cobre, Criseno, Mercurio, Plomo, Zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Antimonio, Mercurio, Níquel, Plata, Wolframio, Hidrocarburos C10-C28, Hidrocarburos C28-C40, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAP's, Indeno (1,2,3-c,d) pireno, Naftaleno, Pireno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Agua subterránea	Antimonio, Bario, Berilio, Boro, Cobalto, Cromo, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Uranio, Zinc	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Berilio, Bismuto, Cadmio, Cromo, Mercurio, Plata, Talio, Vanadio, Wolframio, Hidrocarburos C10-C28, Hidrocarburos C10-C40, Hidrocarburos C28-C40, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1.2.3-c.d) pireno, Naftaleno, Pentaclorofenol, Pireno, Benceno, Etilbenceno, m.p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Agua superficial	Aluminio, Antimonio, Bario, Boro, Cobalto, Cobre, Molibdeno, Plomo, Selenio, Zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite
	Berilio, Bismuto, Cadmio, Cromo, Mercurio, Níquel, Plata, Talio, Uranio, Vanadio, Wolframio, Hidrocarburos C10-C28, Hidrocarburos C10-C40, Hidrocarburos C28-C40, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a.h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno (1.2.3-c.d) pireno, Naftaleno, Pentaclorofenol, Pireno, Benceno, Etilbenceno, m.p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.9 Factores culturales y sociales^{ww}.

Para la identificación de los factores sociales y culturales del ERSa se ejecutó una **Ficha de Relevamiento** con el objetivo de obtener información específica. Se ejecutó un número promedio de 4 a 10 entrevistas por comunidad, a cargo de la especialista en relaciones comunitarias del equipo. Cabe señalar, que la ficha de relevamiento social contó con la revisión y validación de la empresa supervisora. En el Anexo 6.6.12 se observa las fichas de relevamiento y la entrevista del monitor ambiental.

Las variables de levantamiento preliminar fueron en número de tres:

- Demografía y migración
- Actividades económicas
- Dieta, nutrición y salud

La mayor parte de la información social requerida también es posible identificarla en fuentes secundarias, debido a la serie de estudios previos en el Lote 192. Hacer uso de las fuentes secundarias se considera relevante, pues la población ya se encuentra saturada con la investigación social (primaria) de la cual han sido objeto en tiempos pasados debido al levantamiento de información para la obtención de las licencias y permisos ambientales (Estudios de Impacto Ambiental).

En el Cuadro 4-31 se presenta la ficha social de relevamiento.

Cuadro 4-31 Ficha social de relevamiento

Indicadores	Preguntas Semiestructuradas
a. Demografía y Migración	- N° Familias / Hogares. - Población (N° hombres, N° mujeres y N° niños. - Características socioculturales de las viviendas. - Lugares de emigración / Motivos de emigración (enfaticar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos). - Lugares de inmigración / Motivos de inmigración (enfaticar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos).
b. Actividades Económicas	- Actividades económico-productivas ejecutadas en torno al casco comunal. - Actividades económico-productivas ejecutadas en torno a los sitios impactados. - Impacto de la actividad de hidrocarburos en las actividades económico-productivas.
c. Dieta, Nutrición y Salud.	- Particularidades de la dieta cotidiana. - Cambios o introducciones en la dieta por impacto de la actividad de hidrocarburos. - Características de la salud: Condiciones del establecimiento, personal, morbilidad y mortalidad.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

^{ww} La caracterización de los Grupos de Interés y de los Factores Sociales y Culturales referidos a la Comunidad Nativa José Olaya mantienen un mismo texto y análisis para los siguientes sitios: sitio S0111 (Sitio 16), sitio S0112 (Sitio 35), sitio S0118 (Botadero Comunidad Olaya), sitio S0107 (Sitio 1), sitio S0108 (Sitio 2) y sitio S0109 (Sitio 3) salvo las particularidades referidas a actividades económicas que pudieran ser propias del sitio en estudio.

Para complementar la ficha social de relevamiento se llevó a cabo la observación participante, vital para identificar otros aspectos tales como los tipos de construcción y materiales de las viviendas, los patrones de comportamiento y aspectos culturales.

Cuadro 4-32 Ficha de observación participante

Indicadores	Preguntas semiestructuradas
a. Vivienda	- Tipo de vivienda (material de construcción, tipo de piso, tipo de calles, asfaltadas o no asfaltadas), localización del área residencial con respecto a la fuente (distancia, vientos dominantes, etc.), antigüedad del área residencial, proyectos de crecimiento del área residencial. - Patrones de comportamiento en el interior de la vivienda. - Presencia de contaminantes en interiores: Por ejemplo, fumigación con insecticidas, leña para la cocción de alimentos. - Localización del dormitorio y del área de preparación de alimentos. - Presencia de industria familiar: Por ejemplo, carpinterías, ladrilleras, invernaderos.
b. Fuentes de Agua y Alimentos	- Fuentes de agua potable y alimentos. - Determinar las fuentes de agua potable y alimentos de los receptores, con el propósito de establecer si hay una exposición a contaminantes de preocupación por el consumo de éstos. Se debe considerar además una posible exposición por el uso utensilios de cocina que contengan contaminantes de preocupación.
c. Área de Recreación	- Áreas donde juegan los niños. - Tipo de piso del área de recreación. - Localización del área con respecto a la fuente. - Antigüedad del área de recreación. - Eventos de restauración en el área. - Frecuencia de juego.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Finalmente, se levantó información sobre aspectos referidos a las preocupaciones de la población en torno al servicio, sus expectativas y recomendaciones para la rehabilitación en base a una ficha de percepciones, la cual se detalla a continuación:

Cuadro 4-33 Ficha de percepciones

N°	Temas	Preguntas y uso de mensajes clave
1	Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora.	¿Conoce usted sobre el servicio "Elaboración de los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las Actividades de Hidrocarburos en la Cuenca del Río Corrientes"? ¿Conoce a la empresa JCI – HGE? De ser necesario se brindará información en relación con el proyecto. ¿Qué opinión tiene sobre el servicio?

Cuadro 4-33 Ficha de percepciones

N°	Temas	Preguntas y uso de mensajes clave
2	Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos)	¿Qué entiende usted por remediación? ¿Qué entiende usted por rehabilitación? Explicación sobre las diferencias y solicitud de opinión. ¿Qué espera usted de los trabajos de remediación o rehabilitación? ¿Qué cosas positivas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
3	Detalles del servicio	¿Conoce usted los tiempos del servicio, la ejecución en campo, la sistematización y la presentación de resultados a las comunidades? ¿Qué riesgos o problemas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
4	Recomendaciones	Recomendaciones a JCI-HGE, FONAM o la Junta de Administración para la ejecución del servicio.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el cuadro siguiente se registra el número de entrevistas realizadas en campo considerando la etapa de reconocimiento, y las dos épocas. Asimismo, en el Anexo 6.6.11 se adjuntan las entrevistas de campo.

Cuadro 4-34 Entrevistas en comunidades

Etapa	Meses (2018)	Número de entrevistas (J. Olaya, Nueva Jerusalén y Antioquia)
Reconocimiento	Febrero	15
Época húmeda	Mayo - Junio	22
Época seca	Agosto - Setiembre	24
Total entrevistas		61

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Distancia estimada desde el sitio S0112 (Sitio 35) a la Comunidad Nativa José Olaya.**

El sitio S0112 (Sitio 35) se encuentra ubicado a 11,7 km del casco comunal de la CN José Olaya. Es uno de los sitios con mayor número de derrames a lo largo de la actividad de Pluspetrol en la zona producto de los desbordes de depósitos de crudo del Pozo Shiviayacu. El año 2006, se ejecutó trabajos de remediación parcial basados en la remoción de suelo contaminado y vegetación. ^{xx}

Cuadro 4-35 Distancia del sitio S0112 (Sitio 35) a la CN José Olaya

Comunidad	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (kilómetros)	Tipo de Recorrido
CN José Olaya	S0112 (Sitio 35)	11,7	Carretera / Bosque

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

^{xx} Entrevista a Monitor Edinson Ramírez Butuna.

• Demografía y población

El río Corrientes se encuentra ubicado en la parte nororiental de la Amazonía peruana, distrito de Trompeteros, provincia de Maynas, en el departamento de Loreto. La cuenca del Corrientes alberga a 31 comunidades nativas de los pueblos indígenas Achuar, Kichwa y Urarina, los que involucran una población de 7 mil habitantes. Históricamente, estos pueblos han ocupado su territorio de manera amplia, más allá de los límites de un título de propiedad territorial como una manera de asegurar su subsistencia en base a los recursos del bosque.

La población de José Olaya, Antioquía y Nueva Jerusalén es de origen exclusivamente Achuar y mestiza y asciende a 2 351 habitantes, donde el 46,2 % corresponde a población masculina y el 53,8 % a población femenina.^{yy}

Según los resultados del trabajo de campo, basado en entrevistas y observación participante, la población de la CN José Olaya asciende a más de 500 personas, siendo la comunidad más grande Cabe anotar que la población mestiza ha llegado a establecerse en José Olaya debido a la relación de ésta con la empresa petrolera, la cual demanda servicios y mano de obra.

En el siguiente cuadro se identifica la población estimada para la CN José Olaya.

Cuadro 4-36 Población de la CN José Olaya.

Comunidad Nativa	Población Total estimada – Trabajo de Campo (*)	Población Total aproximada	De 0 a 4 años	De 5 a 14 años	De 15 a 29 años	De 30 a 64 años	Más de 65 años	Hombres	Mujeres
José Olaya	500	127	22,83 %	31,5 %	25,98 %	19,69 %	0,0 %	46,5 %	63,5 %

Fuente: Base de Datos Oficial de Pueblos Indígenas u Originarios. Ministerio de Cultura. Actualización: Agosto, 2017.

(*) Cifras obtenidas durante las entrevistas a autoridades en las comunidades de estudio.

• Caracterización de las viviendas

La organización tradicional Achuar se caracterizó por un patrón de asentamiento disperso en la selva; la vivienda estaba ocupada por una familia extensa, es decir más de una unidad nuclear coexistiendo bajo un mismo techo (padres, niños, abuelos, tíos, tías, etc.) y cuya organización respondía a la práctica de la poligamia (varón que puede tener más de una esposa) y el levirato (el hermano del que muere sin hijos se casa con la viuda). Por ello, la vivienda representaba una unidad básica y necesariamente autosuficiente de producción y consumo, de manera que el liderazgo era vital tanto para la gestión de la unidad familiar como para proveer y defender la producción durante los tiempos de guerra.

Antiguamente, los Achuar habitaron enormes casas multifamiliares y espaciosas. Hoy, la composición de los hogares achuar, así como el tipo de asentamiento en el territorio, es diversa. Mientras algunos achuarenses viven en comunidades en donde las viviendas están aisladas, otros viven en comunidades nativas densamente nucleadas^{zz}.

^{yy} Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. PNUD. 2018.

^{zz} URIARTE, Luis. "Los Achuar". En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). 2007.

Las viviendas Achuar siguen albergando a familias extensas, existiendo casas de una sola habitación, sin paredes o divisiones, como era antiguamente, y otras que ya tienen separaciones o cuartos en su interior. La construcción de las casas en las comunidades de estudio está basada en la combinación de materiales propios de la zona y foráneos, como de estilos de construcción. Si bien se siguen construyendo casas con pona o techos con hojas de palmera tejidas, en algunas casas también se han reutilizado calaminas o bidones abiertos que sirven de cercos o paredes, o plásticos que han sido colocados fuera de las puertas de ingreso de las casas, tarimas de fierro que son empleadas como mesas o lugares para colocar cosas, especies de tubos como bancos, etc. Muchos de estos materiales fueron en algún tiempo propiedad de la empresa petrolera y luego fueron donados o desechados y, posteriormente, reciclados por los pobladores.^{aaa}

En otras ocasiones, son los mismos pobladores quienes han adquirido calaminas (zinc) para sus techos o quienes han sido beneficiarios de una donación de calaminas, por parte del Estado o la empresa petrolera. A excepción de las otras dos comunidades, en José Olaya la mayor parte de las viviendas pueden tener paredes y una mínima separación de espacios internos, sin embargo existen espacios únicos que fungen de “subespacios” para dormitorio, cocina y sala de estar (lugar donde se coloca una o más “hamacas”), lo que posibilita que insumos inflamables o químicos se encuentren a la mano, como el caso de la leña para la cocción de alimentos, combustible o diésel para el uso de las pequeñas embarcaciones familiares, etc. Esta situación se recrudece en tanto la cocina es contigua a los dormitorios.

Fotografía 4-4 Comunidad Nativa José Olaya



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Una particularidad adicional es que en la CN José Olaya, a raíz de la presencia de personal foráneo que llega a alquilar su mano de obra a la petrolera, las familias deciden ampliar sus viviendas para albergarlos, razón por la que algunas viviendas se convierten en una especie de carpintería, donde coexisten el uso de la motosierra y la presencia de madera y otros materiales de construcción.

Como se mencionó, el principal insumo para la cocina en José Olaya el gas debido a la mayor capacidad adquisitiva de las familias de esta comunidad que cuenta con mayores ingresos económicos y tiene el subsidio de la empresa petrolera en el uso de la energía eléctrica.

^{aaa} Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú. PNUD. 2018.

- **Áreas de recreación y espacios educativos**

Al igual que en toda sociedad, las actividades de recreación están pautadas por el sistema cultural, de manera que los Achuar cuentan con una serie de actividades lúdicas y de ocio que se llevan a cabo en torno a la vivienda, el bosque y los ríos y quebradas. Sin embargo, el proceso de aculturación de las comunidades Achuar ha privilegiado en los últimos años a la losa deportiva o cancha comunal como el espacio recreativo por excelencia, lo que no descarta que niños y adultos realicen actividades de ocio y recreación en el bosque durante los momentos de caza, pesca o recolección.

La “Cancha o Losa Deportiva”, lugar a donde llegan niños, jóvenes y adultos a practicar deportes como el fútbol y voleibol, la CN José Olaya cuenta con esta losa. El material del piso de esta losa es de cemento pulido y se encuentra ubicada casi al centro del casco comunal. La distancia de la cancha deportiva o losa hacia el sitio S0112 (Sitio 35) es la misma que desde la comunidad (11,7 km). La frecuencia del juego de niños y jóvenes en estas losas es cotidiana, esencialmente en horas de la tarde, después de las actividades escolares y laborales.

También se encuentran los juegos infantiles ubicados en las inmediaciones de la institución educativa, compuesto por: columpios, sube y baja, barras paralelas, bancas de cemento para reposar, entre otros. La frecuencia del juego de niños y jóvenes en estos espacios es cotidiana, esencialmente en horas de la tarde, después de las actividades escolares y laborales.

Fotografía 4-5 Áreas de recreación y espacios educativos Comunidad Nativa José Olaya



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Respecto a la educación entre los Achuar, la formación tradicional y educación de los niños y niñas están pautadas por la transmisión de valores para el fortalecimiento de la persona y la búsqueda de una visión, incluyendo fórmulas alimentarias, normas de dieta y abstinencia, purgas, búsqueda de visiones, etc. Es importante para el padre y la madre Achuar el transmitir a sus hijos todo lo referido a las normas de conducta social y el trato con todos los seres - animados o no – del bosque. ^{bbb}

En relación a la educación formal, la CN José Olaya cuenta con los tres niveles de Educación Básica Regular, es decir: inicial, primaria y secundaria. La IE 384461 es la encargada de brindar la instrucción en primaria y secundaria, y laboran bajo la modalidad polidocente, todas las aulas

^{bbb} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar 2006. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

cuentan con un docente responsable; cada nivel cuenta con su propia dirección y administración. El nivel inicial cuenta con tres docentes

Cada nivel cuenta con una infraestructura propia de material noble, con espacios para aulas divididos por secciones y con servicios higiénicos, aunque el agua potable dentro de la infraestructura, así como el desagüe para la disposición de excretas es ineficiente.

Las viviendas o los domicilios del alumnado están conglomerados en torno a la infraestructura escolar. Adicionalmente existe el Instituto Superior Tecnológico (Joaquín Reátegui Medina) que brinda la carrera de Técnico en enfermería.

Cuadro 4-37 Institución educativa según nivel educativo y estadísticas

Nivel Educativo	Institución Educativa	N° Alumnos*	N° docentes	N° aulas
Inicial	N° 505868	50	3	3
Primaria	N° 384461	70	6	4
Secundaria	N° 384461	25	**	2

* Fuente: Información aproximada del número de alumnos, brindada por actores clave de la CN José Olaya.

** No se cuenta con información sobre el número de docentes.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Fuentes de agua potable y alimentos: Agricultura, caza y pesca

Las comunidades se surten del agua del río Corrientes y sus quebradas al interior de sus territorios. El régimen de las aguas del Corrientes presenta una creciente que se inicia en el mes de febrero, alcanzando una máxima en el mes de mayo que continua hasta junio. La vaciante se inicia en el mes de junio y alcanza el nivel mínimo del río en enero. La diferencia del nivel del río Corrientes entre creciente y vaciante es variable, pudiendo alcanzar una amplitud máxima de 4,7 metros.

Para el caso de la CN José Olaya, durante períodos de creciente, el agua de ríos y quebradas inunda el bosque y llega hasta el casco comunal. Las condiciones sanitarias que son deficientes se agudizan en ese período, situación que se complica pues los servicios higiénicos (letrinas) se inundan y se vuelven inutilizables. Con el agua “estancada” se generan focos de enfermedades como la malaria. Cabe anotar que en la entrevista a la responsable del Establecimiento de Salud de la CN José Olaya, se mencionó que el 50 % de la población ha contraído la enfermedad.

El acceso a agua potable es ineficiente. Gracias a las iniciativas locales, la comunidad cuenta con una pequeña planta de tratamiento comunal que no logra abastecer al total de su población. Adicionalmente, las aguas del río Corrientes, siendo navegables y habiendo recibido descargas de las baterías de producción por más de cuatro décadas, son aguas no utilizadas para consumo humano. La misma situación es para otras quebradas cercanas a las tres comunidades, tal como la quebrada Huayurí, cerca de la CN José Olaya, la cual fue centro de descargas de una batería del mismo nombre durante toda la operación petrolera.

Fotografía 4-6 Planta de tratamiento comunal



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El agua propia de los cursos de agua en torno a los sitios impactados no es utilizada para riego o consumo humano, debido a que se encuentran distantes a los asentamientos y la población local percibe la posibilidad que se encuentren afectadas por el hidrocarburo que llegó a manera de derrame o que se encuentren cercanas a botaderos propios de la actividad de abandono de las petroleras.

- **Alimentos propios de la actividad agrícola**

Los suelos de estas comunidades tienen bajos niveles de nutrientes, las altas temperaturas y lluvias todo el año contribuyen a la lixiviación de los nutrientes químicos del suelo, razones por las que la agricultura es básica limitándose al cultivo en “chacras” familiares que se asientan de manera muy cercana a los cascos comunales (no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación).

La chacra está a cargo principalmente de las mujeres. Una chacra contiene por lo general una gran diversidad de especies y variedades de plantas alimenticias, medicinales y de usos varios (tintes, alimento para animales menores, etc.).^{ccc}

^{ccc} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar 2006. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

Fotografía 4-7 Preparación de masato en base a yuca



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Las especies que se cultivan son, esencialmente, la yuca (usada para el masato, bebida tradicional) y el plátano, especies que no requieren más que agua de lluvia para riego pues no es posible la canalización del agua de río o quebradas hasta las zonas de cultivo. La agricultura local no hace uso de fertilizantes químicos ni naturales y carece de asistencia técnica de algún tipo.

- **Alimentación basada en la caza o carne de monte**

El bosque era y es un espacio vital para los Achuar, pues de él se obtienen alimentos provenientes de la caza y la recolección de frutos silvestres. En la caza, el arma principal era la cerbatana de madera, y su fabricación es una de las formas de especialización técnica en esta sociedad. También se utilizan venenos “curare” para las cerbatanas, trampas y perros para atrapar a algunos animales. En la actualidad, se ha incorporado el uso de escopetas o rifles de poco alcance. La caza es una actividad extendida y practicada por la totalidad de los varones locales mientras que cada mujer achuar posee y cultiva su propia chacra donde se cultiva yuca y plátano esencialmente, ambos productos como base de la dieta alimenticia Achuar juntamente con el pescado y la “carne de monte”^{ddd} como fuente proteica.

Debe agregarse que los niños y niñas Achuar también participan ejecutando actividades en el bosque. Desde muy pequeños acompañan a sus padres en sus faenas de caza, pesca o recolección, lo que les permite horas de recreo en el bosque o en alguna quebrada o curso de agua cercano. Los niños – al alcanzar la edad de 10 o 12 años aproximadamente- son instruidos por el padre en la actividad de la caza, aprendiendo a manejar alguna técnica tradicional o siendo adiestrados en el uso de la escopeta. Los niños varones Achuar empiezan sus cercanas incursiones al bosque a muy corta edad, aunque es en la pubertad y adolescencia que se adentran en éste y asumen el rol del cazador de la familia.

La caza requiere un amplio conocimiento, no solo de la etología animal (qué comen, a qué hora, como andan o duermen, cuándo están gordos, etc.) sino de las alteraciones indicativas del entorno (ruidos, pisadas, fecas). La excursión típica de un cazador adulto está basada en el recorrido de

^{ddd} URIARTE, Luis. “Los achuare”. En: SANTOS GRANERO, Fernando y Frederica BARCLAY (editores). Guía etnográfica de la Alta Amazonía. Volumen VI. Lima: IFEA, Smithsonian Tropical Research Institute, pp. 1-241. 2007.

30 a 45 km por día, lo que permite la identificación de lugares estacionales de recolección de frutos, especies medicinales u otros recursos (lianas, cortezas, etc.) para diferentes usos. ^{eee}

Las especies de caza favoritas son: Huangana, sajino, sachavaca, armadillo, añuje, majas, y aves como: pucacunga, pava, perdiz, paujil, trompetero, tucán, panguana, guacamayos y loros. El tipo de preparación de la carne de monte es esencialmente el asado o “ahumado”, para lo cual la carne es recubierta con algunas hojas de la especie bijao y colocada a la parrilla.

En el sitio S0112 (Sitio 35) se registraron evidencias (cartuchos, etc.) del desarrollo de esta actividad.

Cabe anotarse que la caza entre los Achuar es también una práctica comunal en base a las denominadas “mingas” o trabajo comunitario. En síntesis, la caza y otras actividades económicas (recolección y pesca) permiten relaciones simbólicas y afectivas del poblador con el territorio o el bosque, generándose lazos de identidad con estos que evidencia la interrelación entre seres humanos y no humanos^{fff} (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también – adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 4-8 Alimentación basada en la caza



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Alimentación producto de la pesca

La pesca es otra de las actividades de vital importancia junto con la caza. Esta actividad se desarrolla en el río Corrientes y en cochas con el empleo de canoas pequeñas, redes, diversos tipos de flechas, arpones, anzuelos, etc. y la utilización de vegetales como el tigui, timbo, ganbi y semilla de asco; plantas que actúan como narcotizantes. La actividad se desarrolla de manera individual o en mingas.

La pesca es la actividad más importante en su aporte a la dieta y nutrición familiar. Las familias consumen diariamente raciones de pescado estimado en 1 000 gramos por persona. Sin embargo, en los últimos años, a raíz de la intervención estatal por los temores de la población de exposición al plomo y cadmio, las piscigranjas se han convertido en una estrategia para proveerse de pescado. El pescado se come asado, “envuelto en hoja de bijao”, en caldo o frito.

^{eee} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^{fff} Descola, Philippe y Palsson, Gisli, Coord. (2001) [1996]. Naturaleza y sociedad: perspectivas antropológicas. Traducción de Stella Mastrangelo. México: Siglo XXI. Según la literatura etnográfica contemporánea sobre la Amazonía no opera en las ontologías de los pueblos indígenas la división entre sociedad y naturaleza. Se concibe más bien una amplia red social que incluye a los distintos seres humanos o no humanos (animales, vegetales, condiciones meteorológicas, espíritus, etc.), e incluso las cosas y los artefactos.

Las especies que se cultivan en las piscigranjas son introducidas: Paco (*Myleus pacu*) y Gamitana (*Colossoma macropomum*) y requieren de alimento y asistencia especializada que reciben de entidades del Estado. En períodos críticos, los cultivos se ven sumamente afectados, perdiéndose la producción de pescado en piscigranja y recurriéndose a quebradas y cochas (lagunas) cercanas a las comunidades.

Cabe anotar que no se identificaron en el sitio S0112 (Sitio 35) evidencias del desarrollo de la pesca. Sin embargo, las especies para consumo humano más representativas y que se encuentran en ríos y quebradas de la zona son:

Cuadro 4-38 Pesca para consumo humano

Familia	Especie	Nombre común	I Época	II Época
Characidae	<i>Leporinus friderici</i>	"lisa"	x	
Characidae	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	"paña" (piraña)	x	x
Characidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	"fasaco"	x	x
Characidae	<i>Brycon cephalus</i>	"Sábalo"		x
characidae	<i>Hemibrycon jelskii</i>	"Sábalo"	x	
characidae	<i>Hemigrammus sp.</i>	"Mojarrita"	x	x
Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	"Diente de perro"	x	x
Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Pez hacha plateado	x	x
Loricariidae	<i>Hypostomus sp.</i>	"carachama"	x	x

Fuente: Trabajo de campo. Visita de reconocimiento. Febrero 2,018.

Estas especies son propias de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos y pueden ser tolerantes a polución orgánica de moderada a muy fuerte.

- Recolección**

Esta actividad representa un medio de subsistencia familiar en la CN José Olaya, y como tal, cumple las siguientes funciones: suplemento de alimentos de origen vegetal no obtenidos a través del cultivo, complemento de proteínas vegetales durante las épocas de escasez de caza y pesca, obtención de materias primas para diferentes usos domésticos y utensilios. etc. Se recolecta plantas medicinales como: uña de gato, chuchuhuasi, sachá ajos, suelda con suelda, leche caspi, etc. El método de recolección de los frutos es cortar los árboles con hachas y machetes. Durante el mes de noviembre se recolecta huevos de taricaya (Tortuga). Cabe notar que no se identificaron en el sitio S0112 (Sitio 35) evidencias de actividades de recolección; no obstante, se consideró dentro del análisis la presencia de esta actividad.

- Salud**

El pueblo Achuar concibe que la enfermedad es causada por un ser externo y que es reflejo de un desequilibrio en las relaciones sociales. Por ello, el individuo observa normas y prácticas culturales para prevenir y eludir el daño de la enfermedad (fórmulas alimentarias, normas de abstinencia,

purgas, tratamientos tonificantes de cuerpo y espíritu, etc.).⁹⁹⁹ La base del sistema médico Achuar radica en la identificación de la naturaleza del daño o enfermedad dentro de un sistema propio de clasificación de enfermedades.^{hhh}

Existen tres categorías básicas de enfermedades en la concepción Achuar: *wáwek*, *sugkúr* y *mímkau*. *Wáwek* o *wáwekratmau* son enfermedades que aparecen súbitamente y conducen a la muerte de manera muy rápida, de manera que son atribuidas a la hechicería o el daño, donde los pacientes deben ser atendidos por un *Wishín shirám* o médico que dieta, emplea la ayahuasca, entona cantos y receta abstinencias, entre otras prácticas propias de su sistema médico. Las enfermedades *sugkur* son aquellas menos graves y que pueden ser tratadas por la medicina occidental. Se incluye dentro de estas enfermedades a las lesiones; mientras que las enfermedades de tipo *mímkau* son patologías graves atribuidas al contacto mágico con un objeto, animal o a la violación de prescripciones rituales del postparto y la lactancia por lo que afectan – especialmente – a niños lactantes cuya salud está pautada por el comportamiento de los padres.ⁱⁱⁱ

Dentro del sistema médico Achuar existen las parteras y los promotores de plantas medicinales. Las *Uchin Takumtikin* o parteras han aprendido de madres y abuelas los conocimientos para atender un parto a través de técnicas como el “enderezar” al bebé, utilizar vegetales para “aliviar” el dolor y facilitar el parto, etc. Los *Nupajar tsuakratin* o promotores de plantas medicinales cuentan con una serie de recursos según la sintomatología. Entre las especies de plantas o vegetales de mayor uso se encuentran el jengibre para hemorragias, enfermedades estomacales, dolores reumáticos, etc. El ajo calma distintos tipos de dolor como el de dientes y de huesos. También se conocen diversas cortezas que se aplican para curar abscesos o heridas. En resumen, existe todo un conocimiento referido a la medicina Achuar que coexiste en la actualidad con el sistema médico occidental.

El poblador Achuar combina esta lógica cultural de tratamiento de la enfermedad con la lógica occidental, por lo que recurre a un establecimiento de salud y accede a tratamiento y medicinas. Sin embargo, la prestación estatal del servicio de salud tiene muchas deficiencias para atender a la población Achuar del Corrientes, aun considerando que la población habita en un entorno de alto riesgo por exposición a emergencias y riesgos sanitarios por desastres antropogénicos provenientes de derrames de petróleo y brotes epidémicos. A esto se añade que las enfermedades prevalentes son la desnutrición crónica, la anemia, la malaria, así como las enfermedades infecciosas y parasitarias, existiendo también una alta tasa de muerte materna y neonatal.^{jjj}. Adicionalmente, si bien Proyecto Especial Plan Integral de Salud del Corrientes (PEPISCO) - activo entre el año 2005 – 2015 – hizo posible una mejora en cuanto a la infraestructura de salud, existe aún problemas en materia de infraestructura, equipos, mobiliario y personal.

El establecimiento de salud de la CN José Olaya es de categoría I-1, es decir Puesto de salud con profesional de salud no médico dedicado a la atención de urgencias y emergencias. El puesto de salud es atendido por el siguiente personal:

- Un (1) técnica enfermera, encargada del establecimiento, Rosario del Pilar Navarro.
- Un (1) laboratorista.

⁹⁹⁹ Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^{hhh} Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

ⁱⁱⁱ Warren, Patricio; Hess, Carmen & Ferraro, Emilia. Salud y antropología. Serie Hombre y Ambiente, 29, pp 7-46. 1994.

^{jjj} Salud de los pueblos Indígenas amazónicos y explotación petrolera en los lotes 192 y 8: ¿Se cumplen los acuerdos en el Perú? Defensoría del Pueblo. 2018.

- Además, recibe el apoyo de tres (3) estudiantes del Instituto Superior José Olaya, que realizan prácticas preprofesionales.

Los registros de morbilidad de la Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Salud señalan las siguientes enfermedades entre la población de la comunidad:

- Enfermedades infecciosas intestinales, helmintiasis^{kkk}, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 00 a 11 años.
- Trastornos episódicos y paroxísticos^{lll}, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 18 a 19 años.

En el cuadro siguiente se detalla la morbilidad por grupos de edad en la CN José Olaya, según registros del MINSA.

Cuadro 4-39 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) Enfermedades infecciosas intestinales	68	1	11	7	-
(A90 - A99) Fiebres virales transmitidas por artrópodos y fiebres virales hemorrágicas	1	-	-	-	-
(B00 - B09) Infecciones virales por lesiones de la piel y de las membranas mucosas	1	-	-	-	-
(B35 - B49) Micosis	3	-	4	6	-
(B50 - B64) Enfermedades debidas a protozoarios	1	1	-	1	-
(B65 - B83) Helmintiasis	31	1	9	3	1
(B85 - B89) Pediculosis, ascariasis y otras infestaciones	1	-	2	-	-
(D50 - D53) Anemias nutricionales	1	-	1	-	-
(E65 - E68) Obesidad y otros de hiperalimentación	1	-	1	-	-
(E70 - E90) Trastornos metabólicos	-	-	-	1	-
(F80 - F89) Trastornos del desarrollo psicológico	2	-	-	-	-
(G40 - G47) Trastornos episódicos y paroxísticos	4	7	23	14	3
(H10 - H13) Trastornos de la conjuntiva	8	1	5	6	-
(H60 - H62) Enfermedades del oído externo	-	1	1	-	-
(I10 - I15) Enfermedades hipertensivas	-	-	-	1	-
(J00 - J06) Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	87	8	28	15	3
(J09 - J18) Influenza (Gripe) y neumonía	-	-	-	-	1
(J20 - J22) Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores	32	1	-	-	-
(J30 - J39) Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores	1	-	-	-	-
(J40 - J47) Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	-	-	3	2	-

^{kkk} Enfermedad producida por gusanos parásitos que viven alojados en el intestino o en los tejidos del ser humano y los animales vertebrados.

^{lll} Los trastornos paroxísticos no epilépticos (TPNE) los forman una serie de episodios de origen cerebral o no, que constituyen un grupo muy heterogéneo de procesos, y que aparecen con mucha frecuencia durante la infancia. La mayoría de los TPNE son de naturaleza benigna y no suelen precisar tratamiento médico. Se estima que en torno al 10% de los niños presentarán un TPNE a lo largo de su infancia.

Cuadro 4-39 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(K00 - K14) Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares	32	4	31	16	-
(K20 - K31) Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno	-	-	6	8	1
(K55 - K63) Otras enfermedades de los intestinos	-	-	1	-	-
(K80 - K87) Trastornos de la vesícula biliar, de las vías biliares y del páncreas	1	-	-	-	2
(L00 - L08) Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	6	2	2	10	-
(L20 - L30) Dermatitis y eczema	1	-	1	-	-
(L60 - L75) Trastornos de las faneras	1	-	1	-	-
(M00 - M25) Artropatías	2	1	7	10	1
(M40 - M54) Dorsopatías	-	-	1	13	2
(M60 - M79) Trastornos de los tejidos blandos	7	-	4	4	-
(N30 - N39) Otras enfermedades del sistema urinario	-	2	16	14	1
(N70 - N77) Enfermedades inflamatorias de los órganos pélvicos femeninos	-	-	-	1	-
(O20 - O29) Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo	-	-	1	-	-
(O85 - O92) Complicaciones principalmente relacionadas con el puerperio	-	-	2	-	-
(O94 - O99) Otras afecciones obstétricas no clasificadas en otra parte	-	-	5	1	-
(R10 - R19) Síntomas y signos que involucran el sistema digestivo y el abdomen	3	14	9	6	-
(R50 - R69) Síntomas y signos generales	32	14	23	26	1
(S90 - S99) Traumatismos del tobillo y del pie	1	1	3	3	-
(T08 - T14) Traumatismos de parte no especificada del tronco, miembro o región del cuerpo	15	7	8	8	1
(T20 - T32) Quemaduras y corrosiones	-	-	1	-	-
(T66 - T78) Otros efectos y los no especificados de causas externas	8	1	7	3	-
(W00 - X59) Otras causas externas de traumatismos accidentales	-	-	-	1	-
	351	67	217	180	17

Fuente: MINSA - Oficina General de Tecnologías de la Información. 2018.

• Aspectos migratorios

Cabe anotar que la población mestiza ha llegado a establecerse en un número importante en estas comunidades, debido a la relación de éstas con la empresa petrolera, la cual demanda servicios y mano de obra.

Para el caso de las tres comunidades, la emigración se da a localidades cercanas como Andoas, de distancias intermedias como San Lorenzo, Lagunas o Yurimaguas y más distantes como Iquitos, pero no se manifiestan motivos ligados a las actividades de hidrocarburos, si por estudios, salud o negocios. La inmigración es mayoritariamente por motivos laborales ligados a la actividad temporal vinculada a la operadora del Lote 192. Existe una fuerte inmigración de personas a la

comunidad de José Olaya, procedente de comunidades cercanas como Nueva Jerusalén, centros urbanos como Andoas o incluso ciudades bastante lejanas como Iquitos o San Lorenzo.

Cabe anotar que la movilidad entre Nueva Jerusalén y José Olaya es muy intensa, muchos tienen familiares y/o viviendas en ambas localidades. Sin embargo, esta situación difiere en Antioquia donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud.

Grupos de Interés

El sitio S0112 (Sitio 35) se encuentra ubicado dentro de los territorios de la Comunidad Nativa (CN) José Olaya. La CN fue reconocida legalmente el año 2 000 y titulada el 1 de marzo de 2014 con R. D. 002-2014-GRL-DRA-L. En el cuadro siguiente se encuentra información sobre el reconocimiento y la titulación de la comunidad.

Cuadro 4-40 Reconocimiento y Titulación de la CN José Olaya

Comunidad Nativa	Resolución de reconocimiento	Fecha de resolución de reconocimiento	Título comunal	Fecha de Titulación Comunal
José Olaya	R.D.070-2000-CTARDRA-L	4/6/00	R.D. 002-2014-GRL-DRA-L	1/3/14

(*) Fuente: Directorio 2016 Comunidades Nativas del Perú. SICNA - Sistema de Información sobre Comunidades Nativas de la Amazonía Peruana.

Los orígenes de la comunidad nativa datan de hace más de 40 años cuando familias de apellidos Piñola e Isla, de la comunidad de Valencia, deciden asentarse en José Olaya motivados por mejorar su situación económica, abandonando el lugar en la década de los 70.

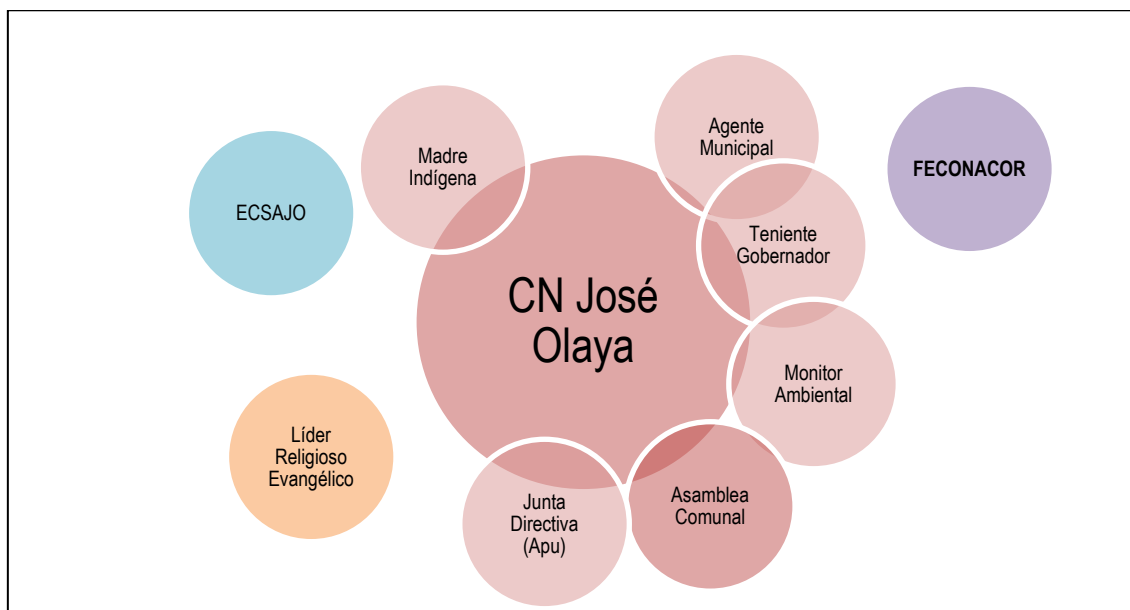
A continuación, un extracto de la historia comunal recogida por el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Perforación de 1 Pozo Exploratorio, 2 Pozos de Desarrollo y Facilidades de Producción en el Yacimiento Carmen - Lote 1AB (elaborado por Walsh Perú S.A. en noviembre del 2006):

“Al encontrar una zona en donde pudieron dedicarse a la comercialización de pieles (otorongos, tigrillos, sajinos, serpientes) y extracción de resinas (leche caspi, balata, palo rosa), fundaron el pueblo. Inicialmente se establecieron en un lugar cercano a las tierras actuales, en una zona de bajal, de difícil acceso debido a las continuas inundaciones pero que, sin embargo, era rica en animales como sachavacas, motelos, pajiños, huanganas, pavas, sajinos, lobos, etc. y especies madereras como cedros, tornillos, moenas, puchili, moena, entre otros. Era una tierra ideal para la agricultura y estaba próxima a la empresa PETTI SUM, que se dedicaba a exploraciones petroleras, y que podía comprar sus productos. Más tarde, aproximadamente por la década de los 70's, la empresa de construcciones OPECOS, a quien se debe la construcción de la carretera, apoyaría la fundación del pueblo y la construcción de la primera escuela a través del norteamericano Sr. Haros. Este, a su vez, apoyaría por medio de donaciones de paquetes escolares, así como también comprando periódicamente la producción agrícola y carne de monte. Una vez que estos salieron de la zona, los pobladores decidieron trasladarse al lugar. El pueblo de José Olaya se establece definitivamente una vez que FONCODES construye una escuela en el terreno. El nombre del pueblo corresponde a un héroe nacional y se debe a la iniciativa del mestizo moyobambino Sr. Nemesio La Torre, residente de la zona. Dicho nombre se aceptó el 2 de febrero de 1989 y rige hasta el día de hoy. Aproximadamente, en el año de 1975 ingresó a la zona la empresa OXY, hecho que suscitó muchos malestares en el pueblo. Según testimonios de

los pobladores, en un principio ellos no se percataron de que en las aguas del río Corrientes se producían derrames de petróleo crudo”^{mmm}

En el siguiente gráfico se aprecia la conformación por Grupos de Interés, donde se pueden observar los actores clave de la comunidad considerando la “distancia” que se percibe de cada uno en función a la comunidad.ⁿⁿⁿ

Gráfico 4-38 Grupos de interés CN José Olaya



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el presente acápite se desarrollará la participación de los grupos de interés de la CN José Olaya en el marco del “Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes”. Se los considera grupos de interés pues afectan o pueden ser afectados por las actividades de rehabilitación de sus sitios impactados. A continuación, la lista de grupos de interés:

- a. Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR).
- b. Comunidad Nativa José Olaya para el caso del S0112 (Sitio 35).
- c. Autoridades consuetudinarias: Apu / Junta Directiva Comunal.
- d. Autoridades del Estado: Teniente Gobernador / Agente Municipal.
- e. Líderes: Madre Indígena / Monitores Ambientales/ Líder religioso evangélico.
- f. Instituciones Privadas: Empresa Comunal de Servicios Agropecuarios José Olaya S. R. L. (ECSAJO).

Para el detalle y análisis de los grupos de interés se ejecutó en campo -entre los meses de febrero, mayo y julio del presente año- una metodología basada en la observación participante y la entrevista semiestructurada dirigida a un estimado de 5 a 6 autoridades y/o líderes comunales.

^{mmm} Línea de Base Socioeconómica del EIA Semidetallado Perforación de 1 Pozo Exploratorio, 2 Pozos de Desarrollo y Facilidades de Producción en el Yacimiento Carmen - Lote 1AB. Walsh Perú S.A. Noviembre, 2006.

ⁿⁿⁿ Cabe resaltar que la metodología ejecutada para el presente servicio no consideró un mapeo de poder e influencia por lo que la posición de distancia (influencia) de los grupos de interés es la lectura del investigador.

Esta metodología permitió caracterizar a los grupos de interés y conocer sus percepciones acerca del servicio, así como acerca de la rehabilitación y la remediación.

FECONACOR

La Federación de Comunidades Nativas de la cuenca del Corrientes (FECONACOR) es la organización indígena representativa de la cuenca. Afiliadas a ésta se encuentran 14 comunidades según Asamblea realizada el 4, 5 y 6 de agosto de 2017 en la Comunidad Nativa Pampa Hermosa⁰⁰⁰. Estas comunidades son:

- 1) **José Olaya**
- 2) Nueva Jerusalén
- 3) Antioquia
- 4) Nueva Nazareth
- 5) Pampa Hermosa
- 6) Sauki (anexo de Pampa Hermosa).
- 7) Providencia
- 8) Santa Rosa
- 9) San José de Porvenir
- 10) Nuevo Paraíso
- 11) Nuevo Triunfo
- 12) Trompeteros
- 13) San Ramón
- 14) San José

Cabe anotar que la Inscripción en Registros Públicos de FECONACOR es: Zona Registral N° IV - Sede Iquitos Oficina Registral de Iquitos. N° de Partida 1109637. Resolución del Superintendente Nacional de Registros Públicos N° 124-97 SUNARP.

Su actual presidente es el señor Carlos Sandi Maynas, quien lidera una agenda política a favor de los derechos indígenas que se centra en el respeto y defensa del territorio, los recursos y la biodiversidad del pueblo Achuar del río Corrientes. La actual junta directiva para el período junio 2017-junio 2022 es:

- Presidente: Carlos Sandi Maynas
- Vicepresidente: Nicolás Kukush Sandi
- Secretaría de actas y archivos: Edinson Ramírez Butuna
- Secretaría de Educación: Dobías Hualinga Sandi
- Secretaría de Economía-Tesorero: Federico Díaz Sandi
- Gerente: Raúl Sosa Rodríguez

Asamblea Comunal

La Asamblea Comunal está conformada por los comuneros o jefes de hogar que residen en la comunidad y que cumplen con una serie de obligaciones como comuneros, tales como la participación en las mingas (trabajo comunal) y la asunción de cargos por designación de la asamblea comunal. La Asamblea General es el órgano máximo y está constituida por comuneros debidamente empadronados y calificados.

⁰⁰⁰ <http://observatoriopetrolero.org/pronunciamiento-de-feconacor-federacion-de-comunidades-nativas-de-la-cuenca-del-corrientes/>

Apu

El Apu es la figura más importante en la comunidad, quien la gestiona de la mano con una junta directiva. Es la persona que toma decisiones en base a los acuerdos de sus asambleas comunales, encargándose del cumplimiento de éstos. El Vice Apu lo reemplaza en ausencia.

La Junta Directiva es elegida por un periodo de dos a tres años mediante votación mayoritaria en la asamblea comunal, pudiendo ser ratificada o cambiada. El cargo de Apu debe ser asumido por todos los comuneros, aunque existen algunos personajes que son reelegidos como tal debido a su liderazgo y carisma. En José Olaya el cargo de Apu está siendo asumido (octubre 2018) por el Sr. Abel Nango, personaje histórico para la comunidad y el pueblo Achuar del Corrientes.

Teniente Gobernador / Agente Municipal

Los cargos de Teniente Gobernador y Agente Municipal son conferidos por el Estado Peruano. Ambas autoridades representan a la nación y se encargan de velar por el cumplimiento y respeto a la constitución política y el derecho nacional.

El Teniente Gobernador representa un cuerpo de vigilancia o disciplina en la comunidad, mientras que el agente municipal representa a ésta ante la población. El artículo 71 de la Ley Orgánica de Municipalidades indica que cuando se establezcan agencias municipales en comunidades campesinas y nativas, no constituidas como municipalidades delegadas, el alcalde designará agente a la autoridad elegida por la comunidad, de acuerdo con sus usos y costumbres.

A octubre del 2018, el cargo de Teniente Gobernador era asumido por el señor Edinson Ramírez Butuna y el de Agente Municipal por el señor Rubén Paima Cariajano.

Madre Indígena

La madre indígena es una mujer líder que se destaca por su sabiduría y conocimiento acerca de su cultura y cómo ve el futuro para ésta. Suele participar ampliamente en las asambleas y conduce las opiniones locales. Para octubre de 2018, el cargo de madre indígena era asumido por la señora Adolfinia García Sandi.

Monitor Ambiental

Como resultado de la firma del Acta de Dorissa^{ppp} el año 2006, Pluspetrol acepta la presencia de los monitores comunitarios independientes, a través de los compromisos con las comunidades achuar, cuya capacitación y salarios ha financiado a través del proyecto Plan de Salud en el marco de los acuerdos del Acta.

Los monitores son los encargados de recolectar la información. Elegidos por sus comunidades mediante una asamblea comunal, la mayoría de ellos son jóvenes y tienen un nivel de estudio secundario. La empresa Pluspetrol en acuerdo con el Acta de Dorissa financió las remuneraciones de los monitores mediante un depósito en una cuenta manejada por FECONACO^{qqq} de forma independiente. El resto del financiamiento está cubierto por otras organizaciones externas como Rainforest Foundation Noruega, WWF Perú, la Universidad Autónoma de Barcelona o la fundación privada suiza Nuevo Planeta. Cabe mencionar, que el hecho de contar con un financiamiento externo garantiza al programa una mayor independencia.^{rrr}

^{ppp} Acta de Dorissa: Acuerdo firmado el 2006 entre los Apus de las comunidades indígenas del Río Corrientes – el MEM – el MINSA – el Gobierno Regional de Loreto y la Empresa Pluspetrol Norte S.A.

^{qqq} Organización histórica, previa a FECONACOR.

^{rrr} Sistematización de experiencias con el programa de capacitación y vigilancia territorial independiente de FECONACO. Iquitos, Perú febrero 2011. Shinai y FECONACO. Financiado por WWF e IBIS.

Durante el período de evaluación de JCI-HGE en campo, los monitores ambientales de la CN José Olaya que acompañaron toda la experiencia fueron:

- a. Eval Salas García
- b. Natanael Sandi Chimborás
- c. Javier Díaz Chimborás
- d. César Piñola Llaja
- e. Edinson Ramírez Butuna

Líder religioso evangélico

Es uno de los líderes con mayor influencia en la comunidad y comunidades aledañas, debido a que es el máximo líder de la iglesia evangélica en esta parte del río Corrientes. Son funciones como líder religioso: predicar la palabra de Dios, aconsejar a familias en caso se suscite algún problema, así como buscar nuevos creyentes, invitándolos a los cultos y asesorarlos en su visión de vida.

Asimismo, por su capacidad de liderazgo en la CN José Olaya coordina con el Apu acciones en beneficio de la población, aporta a la gestión comunal, entre otros. El cargo es ocupado por Gerardo Guardia.

ECSAJO

Con la presencia de la empresa Pluspetrol en el ex Lote 1AB desde 2000, se intensifica la relación económica de las comunidades, siendo la actividad petrolera una importante fuente de ingreso de las comunidades por medio de las empresas comunales.

La Empresa Comunal de Servicios Agropecuarios José Olaya S.R.L (ECSAJO) con RUC 20493546733 fue fundada el 18 de enero de 2007, siendo la primera experiencia de este tipo entre las comunidades del río Corrientes. En su Informe de Sostenibilidad^{sss}, Pluspetrol afirma que las empresas comunales promueven la generación de nuevas oportunidades laborales para la población local, a la vez que el grado de organización y capacitación que van adquiriendo les permite acceder a contratos de servicios no solo con Pluspetrol sino con otras empresas que también desarrollan actividades en la zona.

Entre las actividades que realizan las empresas comunales figuran diversos trabajos de mantenimiento de vías, chaleos, construcción de infraestructura, reforestación, talas selectivas, talas masivas, alquiler de camionetas y minimización de los residuos sólidos, entre otros.

A continuación, se presenta información de la Ficha Registral de la empresa Comunal:

- N° partida de Ficha Registral: 11018425
- N° de socios: 249
- Fecha de Constitución: 15 de diciembre 2006
- Gerente: Adán Sandi Chimborás, DNI 05711418

Junta de Administración

- Presidente: Eval Abigail Salas García, DNI 05326101
- Secretario de Actas y Archivos: Andrés Salas García, DNI 05711406
- Secretario de Economía: Aurelio Piñola Hualinga, DNI 44645568

^{sss} Informe de Sostenibilidad 2014. Pluspetrol S.A.

- Fiscal: Lizardo Nango Piñola, DNI 05717116
- Vocal: Faquín Nango Valencia, DNI 44874772

4.10 Análisis de Riesgo en el Ambiente y la Salud de las personas según Guía de Evaluación de Riesgos para la Salud y el Ambiente (ERSA) de MINAM.

En esta sección se presenta la caracterización del riesgo para la salud humana y el ambiente. Para el escenario humano se ha estimado el riesgo para efectos cancerígenos y para efectos no cancerígenos. Para ello primero, se determinó el riesgo total de cada contaminante de preocupación para todos los medios físicos, rutas y vías de exposición identificados en el Modelo Conceptual, luego se calculó la suma de los riesgos individuales por vías de exposición. Segundo, se determinó el riesgo total de todos los CP seleccionados como la suma de los riesgos por ingestión, inhalación y contacto dérmica, siempre y cuando aplique.

Esta caracterización implica combinar el peligro, la respuesta a la dosis y las evaluaciones de exposición para describir el riesgo general de un determinado CP. Uno de los objetivos del estudio de ERSA es evaluar tanto la toxicidad, la exposición y determinar el riesgo asociado con el actual y potencial uso del sitio.

A través del software RBCA Toolkit se caracterizó el riesgo para efectos cancerígenos y para efectos no cancerígenos para cada CP en función a las vías de exposición y escenarios planteados. Para la estimación del riesgo cancerígeno y no cancerígeno se está optando por una postura conservadora con la finalidad de que no se subestime el riesgo, dado que la información de estudios epidemiológicos y toxicológicos utilizados como base de datos, en su mayoría, son resultados de pruebas realizadas en animales, extrapolarlo los riesgos a los seres humanos.

Los siguientes resultados presentan el riesgo total por exposición a sustancias cancerígenas y no cancerígenas de los contaminantes asociados a la contaminación por actividades de hidrocarburos únicamente del Sitio S0112 (Sitio 35) y no el riesgo e impacto acumulativo y sinérgico de todos los sitios impactados del Lote Petrolero que afectan directa e indirectamente a los pobladores de las comunidades nativas.

El Cuadro 4-41 describe los receptores para los cuales se realizarán las caracterizaciones de riesgo no cancerígeno y cancerígeno teniendo en cuenta las diferentes vías de exposición evaluadas en los capítulos anteriores.

Cuadro 4-41 Vías de exposición para los escenarios humanos considerados

Vías de exposición	Receptor Humano – Poblador de la CN			Fuente considerada para el modelamiento
	Escenario 1 Trabajador Industrial	Escenario 2 Cazador y pescador esporádico	Escenario 3 Residencial	
Inhalación Polvo	X	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m).
Contacto Dérmico Suelo	X	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m).
Ingestión Suelo y polvo	X	X	-	Suelo superficial (menor a 0,6 m).
Contacto Dérmico Sedimentos	-	X	-	Sedimentos de agua superficial de quebradas cercanas al sitio impactado
Ingestión de sedimentos	-	X	-	Sedimentos de agua superficial de quebradas cercanas al sitio impactado
Ingestión Agua superficial	-	X	X ^a	Quebradas cercanas al sitio impactado / Río Corrientes
Contacto Dérmico Agua superficial	-	X	X ^a	Quebradas cercanas al sitio impactado / Río Corrientes
Ingestión Pescado	-	X ^b	-	Quebradas cercanas al área impactada.

a Se considera que en el escenario Residencial las personas tienen contacto dérmico con el agua superficial, dada la distancia y el factor de dilución que tendría el agua superficial desde el área de estudio.

b Se asume un escenario de exposición por vía oral de la población a pesar de que la especie de pescado no es la consumida y en las fuentes de donde se tomó la muestra no son consideradas escenarios comunes de pesca, en todo caso se hace la evaluación y se considera una incertidumbre de escenario.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el Anexo 6.6.5 se presenta los parámetros específicos del sitio considerados para las corridas en el software RBCA Toolkit, tales como espesor del suelo superficial, techo de suelo afectado, base de techo afectado, fracción de carbono, textura, gradiente hidráulica, pH, entre otros, que en su mayoría fueron obtenidos del informe de caracterización del Sitio S0112 (sitio 35); asimismo, los parámetros de exposición de los receptores, tales como frecuencia de exposición, peso corporal, duración de la exposición, área de la superficie de la piel, entre otros, que fueron obtenidos del Anexo C de la Guía ERSa del MINAM o de agencias internacionales como la USEPA y la ASTM y se presentan en el Anexo 6.6.4.

A) Caracterización del riesgo cancerígeno

La caracterización del riesgo cancerígeno tiene como fin determinar si la exposición a la que se encuentran los receptores humanos identificados para los CP (caracterizados como cancerígenos), se encuentran dentro del rango de riesgo aceptable, considerando el límite superior a la probabilidad en la que se estima que una persona contraiga cáncer (sea tratable o letal) durante su vida entera (RECV). En concordancia con la Guía ERSa (MINAM, 2015) para la presente ERSa se considera por defecto un RECV de uno en cien mil habitantes como aceptable

(1:100 000; RVEC=1,0E⁻⁵), tanto para el riesgo individual de cada CP como acumulativo. En el siguiente cuadro se detalla la categorización utilizada para el riesgo cancerígeno:

Cuadro 4-42 Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo

Riesgo	Rango	Descripción
Riesgo aceptable	$IRT \leq 1E-5$,	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0112 (Sitio 35) no representan un riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida de uno en cien mil habitantes expuestos (1 hab. / 100 000 hab.)
Riesgo aceptable en caso excepcionales	$IRT = 1E-5$ y $IRT = 1E-4$	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0112 (Sitio 35) no representan un riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida en el rango de uno en cien mil y uno en diez mil habitantes expuestos (1 hab. / 100 000 hab. – 1 hab. / 10 000 hab.)
Riesgo inaceptable (no aceptable)	Uno en diez mil ($1:10.000 = 1E-04 = 1 \times 10^{-4}$) o más es en general	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0112 (Sitio 35) representan un riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida en uno en diez mil habitantes expuestos. (1 hab. / 10 000 hab.).

Fuente: Guía ERSa (MINAM, 2015).

Un nivel de riesgo de uno en un millón (1 / 1 000 000 hab.) representa que el riesgo para los seres humanos es casi inexistente.

Es importante resaltar, que el nivel de riesgo no es un riesgo real, es decir, no se espera que una persona de cada un millón o cien mil contraiga cáncer si se expone a los CP, en realidad es un riesgo matemático basado en premisas científicas utilizadas en la evaluación de riesgos.

Para el cálculo del riesgo cancerígeno se ha utilizado la dosis de exposición y factor de pendiente de Cáncer (PFC), calculados a partir de los datos del sitio ingresados en el software RBCA Toolkit (Ver Anexo 6.6.4 y 6.6.5). La estimación del riesgo cancerígeno se realizó para las rutas de exposición completas identificadas en el modelo conceptual, para sus respectivas vías de exposición, y para cada escenario de evaluación.

Para la estimación de la dosis de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial, para el escenario humano 2 (pobladores cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño) a contaminantes de preocupación determinados en dicha matriz ambiental, se realizaron los cálculos a partir de la ecuación general de exposición (Ver Anexo 6.6.6).

• Escenario Humano 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

En el Cuadro 4-43 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición a las sustancias cancerígenas identificadas en la matriz ambiental suelo para el escenario humano 1, es decir, los pobladores que son trabajadores industriales cercanos a la Batería Shiviya. Del cálculo se puede determinar que los índices de riesgos individual (IR) para cada CP presentan un valor inferior al RECV fijado en $1.0E10^{-5}$, siendo un riesgo aceptable.

Para este escenario se identificó rutas de exposición completas con los CP del suelo mediante las vías de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental. Entre los

parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de 230 días al año, una duración de exposición de 24 años, un tiempo promedio para agentes cancerígenos de 74,5 años equivalente a la esperanza promedio de vida según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4

Del cálculo se puede determinar que ninguno de los CP presenta un valor superior a $1E-5$, por lo tanto, se considera un riesgo aceptable

La vía de exposición por inhalación de partículas y/o vapores por contacto dérmico e ingestión accidental de suelo para este escenario presenta una potencial ruta completa conforme a lo descrito en el modelo conceptual, Los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican que el riesgo por efectos carcinógenos es aceptable, pues el valor del IR_j es de $4,11E-10$ para la vía de exposición por inhalación; de $1,45E-7$, para la vía de exposición por contacto dérmico; y de $1,45E-7$, para la vía de exposición por ingestión accidental, valores muy alejados al RVEC.

El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, es $2,90E-7$, por ende, es un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

En el Anexo 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-43 Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 1

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Factor de Pendiente (FPC)	Índice de Riesgo (IR)	Índice de Riesgo Integral por Vía (IR _i)	Índice de Riesgo Total (IR _T)*
Dérmica	Suelo superficial	Benzo(a) antraceno	1,34E-07	7,30E-01	9,79E-08	1,45E-07	2,90E-07
	Suelo superficial	Benzo(b) fluoranteno	6,40E-08	7,30E-01	4,67E-08		
Ingestión	Suelo superficial	Benzo(a) antraceno	1,35E-07	7,30E-01	9,85E-08	1,45E-07	
	Suelo superficial	Benzo(b) fluoranteno	6,43E-08	7,30E-01	4,70E-08		
Inhalación	Suelo superficial	Benzo(a) antraceno	3,88E-09	8,80E-05	3,42E-10	4,11E-10	
	Suelo superficial	Benzo(b) fluoranteno	7,92E-10	8,80E-05	6,97E-11		
REC _V					1,0E-05		

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC_V: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

* Se suman únicamente los índices de riesgo de los compuestos benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno debido a que tienen mecanismos de daño y absorción similares entre sí.
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Escenario Humano 2: Poblador Local - Cazadores y pescadores esporádicos

En el Cuadro 4-44 y Cuadro 4-45 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición a las sustancias cancerígenas identificadas en las matrices ambientales suelo, sedimentos y agua superficial para el escenario humano 2 cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño respectivamente.

Para este escenario humano se evaluó los receptores adultos y niños (6 a 11 años de edad) por separado, este último receptor es más vulnerable a la exposición directa de los contaminantes presentes en el sitio impactado, dado que, desde muy temprana edad, aproximadamente desde los 6 años, empieza con el aprendizaje de la caza, de la pesca o acompaña a sus familiares al bosque.

Estos receptores presentan potenciales rutas de exposición completas con los CP del suelo mediante las vías de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental; de agua superficial, por contacto dérmico (inmersión) e ingestión accidental; y con sedimentos de agua superficial, mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental por el tipo de actividades que realizan. Con la finalidad de evaluar un escenario conservador se ha planteado que los CP del suelo lixivian y descargan en quebradas cercanas al sitio a una distancia de 50 m, a pesar que los resultados de los ensayos de TCLP indican que no se genera lixiviados.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana equivalente a 96 días al año, una duración de exposición de 12 y 24 años para el receptor niño y adulto respectivamente, un tiempo promedio para agentes cancerígenos de 74,5 años para ambos receptores equivalente a la esperanza promedio de vida según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), un peso corporal de 29 kg y 65 kg para el receptor niño y adulto respectivamente, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

Para el receptor cazador adulto y niño la vía de exposición por contacto dérmico, inhalación e ingestión para suelos, y por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial y sedimentos; presentan potenciales rutas completas conforme a lo descrito en el modelo conceptual por exposición de los receptores con el sitio impactado (in situ).

Del cálculo se puede determinar que los índices de riesgos individual (IR) para cada CP y para el receptor adulto y niño presentan un valor inferior al RECV fijado en $1,0E-5$, siendo un riesgo aceptable, a excepción del IR para el CP arsénico en agua superficial y para la vía de exposición por ingestión, dado que presenta un IR de $4,13E-04$ y $1,49E-4$ para el receptor adulto y niño respectivamente, representando un riesgo inaceptable (no aceptable).

Los índices de riesgo individual por exposición al benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno por contacto dérmico e ingestión de suelos; por exposición al arsénico por inmersión (contacto dérmico); y por exposición al benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno de agua superficial afectada por lixiviados del suelo, presentan un riesgo aceptable para el receptor adulto y niño, tal como se detalla en el Cuadro 4-44 y Cuadro 4-45 respectivamente. Por otro lado, el índice de riesgo individual por ingestión de agua superficial del sitio presenta un riesgo inaceptable, tanto para el receptor adulto y niño.

Los cálculos del IR integral por vía (IR_i) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por exposición para las vías de exposición por contacto dérmico e inhalación, pues los índices para el cazador adulto presentan un IR_i de $8,80E-7$ para la vía de exposición por contacto dérmico y de $7,10E-11$ para la vía de exposición por inhalación y para el receptor niño presentan un IR_i de $1,14E-6$ para la vía de exposición por contacto dérmico y de $3,55E-11$ para la vía de exposición por inhalación, valores por debajo del RVEC, siendo un riesgo aceptable. Sin

embargo, el IRj para la vía de exposición por ingestión presentan un riesgo inaceptable, dado que el IRj para el receptor adulto es de $4,16E-4$ y el IRj para el receptor niño es de $1,52E-4$.

El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IRj identificados, presenta un valor de $4,17E-4$ para el escenario de cazador adulto y de $1,54E-4$ para el escenario de cazador niño, representando riesgos inaceptables, ya que estos índices son superiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

En el Anexo 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición y receptores (adulto y niño).

Cuadro 4-44 Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 2 - Adulto

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Factor de Pendiente (FPC)	Índice de Riesgo (IR)	Índice de Riesgo Integral por Vía (IRi)	Índice de Riesgo Total (IRT)*
Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,60E-08	7,30E-01	4,09E-08	8,80E-07	4,17E-04
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,67E-08	7,30E-01	1,95E-08		
	Agua Superficial (a)	Benzo (a) antraceno	6,73E-13	7,30E-01	4,91E-13		
	Agua Superficial (a)	Benzo (b) fluoranteno	1,64E-13	7,30E-01	1,20E-13		
	Sedimentos	Arsénico	5,32E-07	1,50E+00	7,98E-07		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	2,75E-08	7,30E-01	2,01E-08		
	Agua Superficial	Arsénico	9,99E-10	1,50E+00	1,50E-9		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,63E-08	7,30E-01	4,11E-08		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	2,69E-08	7,30E-01	1,96E-08	4,16E-04	4,17E-04
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	4,22E-13	7,30E-01	3,08E-13		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,65E-13	7,30E-01	1,21E-13		
	Sedimentos	Arsénico	1,93E-06	1,50E+00	2,90E-06		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	2,76E-08	7,30E-01	2,02E-08		
	Agua Superficial	Arsénico	2,75E-04	1,50E+00	4,13E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	6,70E-10	8,80E-05	5,90E-11		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,37E-10	8,80E-05	1,20E-11		
Inhalación						7,10E-11	
RECV							1,0E-05

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IRT: Índice de riesgo total (acumulativo)

RECV: Riesgo Extra de Cáncer de por Vía

* Se suman únicamente los índices de riesgo de los compuestos benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno debido a que tienen mecanismos de daño y absorción similares entre sí.

A Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados
por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-45 Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 2 - Niño

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Factor de Pendiente (FPC)	Índice de Riesgo (IR)	Índice de Riesgo Integral por Vía (IR _i)	Índice de Riesgo Total (IRT)*
Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	7,24E-08	7,30E-01	5,28E-08	1,14E-06	1,54E-04
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,45E-08	7,30E-01	2,52E-08		
	Agua Superficial (a)	Benzo (a) antraceno	6,73E-13	7,30E-01	4,91E-13		
	Agua Superficial (a)	Benzo (b) fluoranteno	1,64E-13	7,30E-01	1,20E-13		
	Sedimentos	Arsénico	6,88E-07	1,50E+00	1,03E-06		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	3,55E-08	7,30E-01	2,59E-08		
	Agua Superficial	Arsénico	4,16E-10	1,50E+00	6,24E-10		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	6,31E-08	7,30E-01	4,61E-08		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,01E-08	7,30E-01	2,20E-08	1,52E-04	1,54E-04
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	4,22E-13	7,30E-01	3,08E-13		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,65E-13	7,30E-01	1,21E-13		
	Sedimentos	Arsénico	2,16E-06	1,50E+00	3,25E-06		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	3,10E-08	7,30E-01	2,26E-08		
	Agua Superficial	Arsénico	9,94E-05	1,50E+00	1,49E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	3,35E-10	8,80E-05	2,95E-11		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	6,83E-11	8,80E-05	6,01E-12		
Inhalación						3,55E-11	
						1,0E-05	

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IRT: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

* Se suman únicamente los índices de riesgo de los compuestos benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno debido a que tienen mecanismos de daño y absorción similares entre sí.

A Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados
por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

• Escenario Humano 3: Poblador Local – Residente de la Comunidad Nativa José Olaya

Para la estimación del riesgo cancerígeno, para el escenario humano 3 correspondiente a los residentes de la CN José Olaya. Se ha planteado que los CP del suelo lixivian hacia las aguas subterráneas, las cuales descargan y/o afloran en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el río Corrientes, siendo este último de relevancia para la población de la comunidad nativa, debido al uso de sus aguas para fines recreacionales (natación).

No se determinaron índices de riesgo (IR) por exposición a benzo (a) antraceno y benzo (a) pireno, pues estos HAP's presentan una solubilidad acuosa muy baja o prácticamente insolubles en agua; además, tiene una gran afinidad por la materia orgánica, por lo que tienden a permanecer enlazados a partículas de suelo y se disuelven muy lentamente en agua.

Por lo descrito la migración de estos contaminantes al agua subterránea es poco probable, sumado a la baja permeabilidad de los suelos, los cuales presentan una textura predominante franco-arcillosa.

Respecto al Benceno a pesar de su alta solubilidad en agua y la profundidad del nivel freático favorable para la migración de este compuesto al agua subterránea, no se pudo calcular el índice de riesgo por contacto dérmico e ingestión de agua superficial, debido a que no se determinó el Factor de Atenuación Natural (NAF), el cual representa el efecto de varios factores de dilución y atenuación para reducir las concentraciones del CP durante el transporte por los distintos medios (suelo, subsuelo, agua subterránea, agua superficial). En el Anexo 6.6.7 se observa que el valor del NAF no aplica para el CP Benceno, pues se estima que no excederá el límite de exposición para ese punto de exposición (distancia de 11,7 km).

Asimismo, el Arsénico (As) categorizado como sustancia carcinógena para humanos identificado en la matriz sedimentos, no fue considerado para la evaluación del riesgo cancerígeno para el receptor humano 3 (CN José Olaya), pues como se describió en el modelo conceptual no existe una ruta de exposición completa entre la fuente secundaria (sedimentos afectados) y el receptor humano 3.

Para este escenario no se ha considerado una afectación de los receptores por inhalación de partículas, por la distancia entre el receptor y el foco de contaminación (mayor a 11,7 km).

En conclusión, no existe riesgo cancerígeno para el receptor humano 3, correspondiente a los pobladores de la CN José Olaya.

B) Caracterización del riesgo no cancerígeno

El objetivo de la evaluación dosis-respuesta para sustancias no cancerígenas es identificar un umbral o valor en el que se espera que no se produzca un daño, la meta de la caracterización del riesgo de no cancerígeno es determinar si la exposición con base en el valor medido rebasa ese límite y, por lo tanto, es preocupante para la salud de la población.

Para estimar el riesgo no cancerígeno de los CP en los distintos escenarios se ha utilizado el software RBCA Toolkit, el cual calcula la Dosis de Exposición (DE) y la Dosis de Referencia (DdR) a partir de datos del sitio ingresados en dicho software (Ver Anexo 6.6.4 y Anexo 6.6.5). Seguidamente se evalúa si la exposición es superior a la exposición de referencia. Un método común para la caracterización de un riesgo de no cancerígeno es calcular el cociente de peligrosidad (CdP).

Siguiendo las pautas de la Guía ERSa (MINAM, 2015) se ha establecido un riesgo aceptable para un cociente de peligrosidad (CdP) inferior a la unidad (1), mientras que para un cociente superior

a uno (1) se considera preocupante por tratarse de una exposición elevada que puede representar un riesgo.

La Dosis de Referencia (DdR) es un valor de toxicidad para evaluar los posibles efectos en los humanos, que resulta de la exposición a los contaminantes de preocupación (CP). Generalmente se obtienen de la base de datos del Sistema Integrado de Información de Riesgos (*Integrated Risk Information System* -IRIS), cuyas evaluaciones son aprobadas por la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA), sin embargo, se tiene una postura conservadora al utilizar esta información, dado que por lo general solo ha sido revisada dentro del marco de la EPA y no siempre por comunidad científica externa o en el marco nacional. Las estimaciones de las DdR, se traduce a una exposición diaria en mg/kg/día a la población, que posiblemente no tenga un riesgo de efectos no cancerígenos en la salud durante una exposición que abarca toda la vida.

La Dosis de Exposición (DE) es la cantidad total de una sustancia que penetra en el organismo de los receptores por una vía de exposición específica.

El Coeficiente de Peligro es la relación entre el Dosis de Exposición (DE) de los CP en un período de tiempo especificado y una Dosis de Referencia (DdR) de los CP, derivada para un período de exposición similar.

En el siguiente cuadro se detalla la categorización utilizada para el riesgo no cancerígeno:

Cuadro 4-46 Riesgo no cancerígeno - Criterios

Riesgo	Rango	Descripción
Riesgo aceptable	$CdP \leq 1$	Cuando la relación entre la dosis de exposición y la dosis de referencia es menor a uno (1) denota que no existe riesgo en las condiciones de exposición con los contaminantes del Sitio S0112 (Sitio 35). Representa una exposición a una dosis menor a la dosis de referencia estimada como segura.
Riesgo preocupante	$1 < CdP \leq 10$	Cuando la relación entre la dosis de exposición y la dosis de referencia es mayor a uno (1) y menos a diez (10) significa que la exposición representa un riesgo preocupante y aumenta la posibilidad de que aparezcan efectos adversos en los receptores humanos del Sitio S0112 (Sitio 35). Representa una exposición a una dosis por encima a la dosis de referencia y un efecto potencialmente adverso a la salud.
Riesgo muy elevado	$CdP > 10$	Cuando la relación entre la dosis de exposición y la dosis de referencia es mayor a diez (10) significa que la exposición representa un riesgo muy elevado y aparecen efectos adversos en los receptores humanos del Sitio S0112 (Sitio 35). Se debe tomar acciones correctivas inmediatas para proteger a la población y receptores. Como parte de medidas correctivas debe considerarse la restricción del acceso

Fuente: Guía ERSa (MINAM, 2015).

La estimación del riesgo no cancerígeno se realizó para las rutas de exposición completas identificadas en el modelo conceptual, para sus respectivas vías de exposición, y para cada escenario de evaluación.

- **Escenario Humano 1: Poblador Local - Trabajadores industriales**

En el Cuadro 4-47 se presentan los resultados calculados para el escenario humano 1, es decir, los pobladores de la comunidad nativa que son trabajadores industriales cercanos a la Batería Shiviayacu; expuestos por contacto dérmico, ingestión e inhalación a los contaminantes de preocupación CP del suelo considerándolo como un receptor in situ (distancia entre el foco y el receptor de 0 metros) de acuerdo con los escenarios de exposición descritos en capítulos anteriores.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de 230 días al año (siguiendo las pautas de la Guía ERSA), una duración de exposición de 24 años, un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

Para el receptor industrial el cociente de peligrosidad (CdP) individual para cada una de las sustancias determinadas como contaminantes de preocupación, para las vías de exposición por contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas de suelos presentan un riesgo aceptable, pues los cocientes de peligrosidad son inferiores a la unidad (1). Asimismo, los cálculos del IP integral por vía (IP_j) indican que el riesgo aceptable, pues el valor del IP_j es de 7,30E-01 para la vía de contacto dérmico; de 5,37E-1, para la vía de exposición por ingestión accidental; y de 2,78E-02, para la vía de exposición por inhalación de partículas, representando un riesgo aceptable, pues los IP_j de las tres (3) vías de exposición son inferiores a 1.

Sin embargo, el Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, presenta un valor de 1,3, el cual representa un riesgo preocupante, ya que este índice es superior al cociente de peligrosidad.

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor humano industrial y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 1,6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo.

Asimismo, no se ha considerado una afectación de los receptores por ingestión o contacto dérmico de CP del agua superficial, ya que las actividades del trabajador industrial no se desarrollan en los cuerpos de agua superficial circundantes al sitio S0112 (Sitio 35).

En el Anexo 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.8 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.9 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-47 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 1

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Dérmica	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,4E-02	4,0E-02	3,5E-01	7,30E-01	1,30E+00
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	1,5E-02	4,0E-02	3,8E-01		
	Suelo Superficial	Boro	9,9E-07	2,0E-01	5,0E-06		
	Suelo Superficial	Selenio	6,5E-07	5,0E-03	1,3E-04		
	Suelo Superficial	Cromo Total	NC	1,5E+00	NC		
	Suelo Superficial	Fenantreno	4,4E-06	3,0E-02	1,5E-04		
	Suelo Superficial	Fluoreno	2,2E-06	4,0E-02	5,4E-05		
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,2E-06	2,0E-02	1,6E-04		
Ingestión	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,0E-02	4,0E-02	2,6E-01	5,37E-01	
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	1,1E-02	4,0E-02	2,8E-01		
	Suelo Superficial	Boro	1,3E-05	2,0E-01	6,6E-05		
	Suelo Superficial	Selenio	4,7E-06	5,0E-03	9,5E-04		
	Suelo Superficial	Cromo Total	1,7E-04	1,5E+00	1,1E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	4,4E-06	3,0E-02	1,5E-04		
	Suelo Superficial	Fluoreno	2,2E-06	4,0E-02	5,4E-05		
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,2E-06	2,0E-02	1,6E-04		
Inhalación	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	2,7E-03	2,0E-01	1,3E-02	2,78E-02	
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	2,8E-03	2,0E-01	1,4E-02		
	Suelo Superficial	Boro	2,9E-10	2,0E-02	1,5E-08		
	Suelo Superficial	Selenio	1,1E-10	2,0E-02	5,3E-09		

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-47 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 1

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
	Suelo Superficial	Cromo Total	3,7E-09	1,4E-04	2,7E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	5,8E-07	SI	NC		
	Suelo Superficial	Fluoreno	4,0E-07	SI	NC		
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,3E-06	3,0E-03	4,3E-04		
Cociente de Peligrosidad						1,0E+00	

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

NC: No Calculado

Nota:

Para los contaminantes en la matriz ambiental suelo, la determinación de la dosis de exposición se realizó en el software RBCA Tool Kit, empleando ecuaciones de la EPA, las dosis de referencia igualmente son tomadas de la base de datos del software basada en regulaciones internacionales. En el Anexo 6.6.4 se presentan las variables introducidas al software y los reportes de resultados.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Escenario Humano 2: Poblador Local - Cazadores y pescadores esporádicos

En el Cuadro 4-48 y Cuadro 4-49 se presentan los resultados del Índice de Peligrosidad (IP) por exposición a las CP identificados en las matrices ambientales suelo, sedimentos y agua superficial para el escenario humano 2, referente a los cazadores y pescadores esporádicos adulto y niño (6 a 11 años), de acuerdo con los escenarios de exposición descritos en capítulos anteriores.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana equivalente a 96 días al año; asimismo, siguiendo las pautas de la Guía ERSa, se consideró una duración de exposición de 12 y 24 años para el receptor niño y adulto respectivamente, un peso corporal de 29 kg y 65 kg para el receptor niño y adulto respectivamente, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

Del cálculo del índice de peligrosidad individual se determina que la exposición a los contaminantes de preocupación para el receptor adulto (Ver Cuadro 4-48) y niño (Ver Cuadro 4-49) representan un riesgo aceptable, dado que los valores del cociente no superan la unidad (1).

La vía de exposición por contacto dérmico, inhalación e ingestión para suelos, y por contacto dérmico e ingestión de sedimentos y agua superficial para el escenario humano 2 (cazador adulto y niño); presentan potenciales rutas completas conforme a lo descrito en el modelo conceptual por exposición de los receptores con el sitio impactado (*in situ*).

El cociente de peligrosidad (CdP) de TPH F2, TPH F3, Fenantreno, Fluoreno, Naftaleno, Selenio, Boro y para las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de suelos, presentan un riesgo aceptable, pues los cocientes de peligrosidad son inferiores a la unidad, tanto para el cazador adulto y niño. No se determinó la dosis de exposición por contacto dérmico de Cromo Total por la falta de información del factor de absorción dérmica relativa en la base de datos del RBCA e información bibliográfica (ver Anexo 6.6.3), a pesar que se cuenta con la dosis de referencia para la vía de exposición por contacto dérmico.

Asimismo, el CdP para Arsénico, benzo (a) antraceno, benzo (e) pireno, cobre, fenantreno, fluoreno, naftaleno y bario para las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión de sedimentos, presentan un riesgo aceptable para el escenario humano 2 (cazador adulto y niño).

La exposición al arsénico (As) presente en la matriz agua superficial representa un riesgo aceptable para el escenario humano adulto, para las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión de agua de las quebradas cercanas al sitio impactado. Respecto al escenario humano niño, el contacto dérmico representa un riesgo aceptable y la ingestión de agua representa un riesgo preocupante (CdP = 2,1).

El Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IP_j) incluye la exposición a los contaminantes del suelo, agua superficial y sedimentos, para la vía de exposición por contacto dérmico es de 3,11E-01 y 8,0E-1 para el receptor cazador adulto y niño respectivamente, y el IP_j para la vía de exposición por inhalación es de 4,8E-03 para el receptor adulto y niño. Como se observa los IP_j para las vías de exposición por contacto dérmico e inhalación representan un riesgo aceptable, dado que los índices integrales por vías son inferiores a la unidad (1). Respecto a la vía de exposición por inhalación de partículas de suelos no se pudo calcular el CdP para fenantreno y fluoreno, pues no se cuenta con una dosis de referencia en la base de datos del RBCA, la cual proviene de fuentes bibliográficas (ver Anexo 6.6.3).

El IPj para la vía de exposición por ingestión presenta un riesgo inaceptable, dado que el valor del IPj es de $1,16E+00$ (Ver Cuadro 4-48) para el receptor adulto y de $2,6E+00$ (Ver Cuadro 4-49) para el receptor niño

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IPj identificados, presenta un valor de $1,5E+00$ para el cazador adulto y de $3,4E+00$ para el receptor niño, representando un riesgo inaceptable, ya que estos índices son superiores al cociente de peligrosidad fijado en la unidad (1).

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor humano industrial y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 1,6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo.

En cambio, es probable que exista una ruta de exposición directa entre los cazadores y pescadores esporádicos (escenario humano 2) con los contaminantes de preocupación de las matrices suelos, agua superficial y sedimentos, a través del desarrollo de dichas actividades en el sitio impactado o cerca a este.

Es importante mencionar que, para este escenario de exposición se ha considerado una distancia entre el foco y el receptor de cero (0) metros equivalentes a un receptor en el sitio (*in situ*), con el fin de evaluar un escenario conservador.

En el Anexo 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados y sedimentos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.8 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.9 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-48 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Adulto

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Dérmica	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	5,90E-03	4,00E-02	1,47E-01	3,11E-01	1,5E+00
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	6,28E-03	4,00E-02	1,57E-01		
	Suelo Superficial	Boro	4,15E-07	2,00E-01	2,07E-06		
	Suelo Superficial	Selenio	2,70E-07	5,00E-03	5,40E-05		
	Suelo Superficial	Cromo Total	NC	1,50E+00	NC		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,83E-06	3,00E-02	6,10E-05		
	Suelo Superficial	Fluoreno	9,04E-07	4,00E-02	2,26E-05		
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,33E-06	2,00E-02	6,65E-05		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,00E-02	NC		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F3	NC	4,00E-02	NC		
	Agua Superficial (A)	Boro	NC	2,00E-01	NC		
	Agua Superficial (A)	Selenio	NC	5,00E-03	NC		
	Agua Superficial (A)	Cromo Total	NC	1,50E+00	NC		
	Agua Superficial (A)	Fenantreno	1,44E-10	3,00E-02	4,78E-09		
	Agua Superficial (A)	Fluoreno	NC	4,00E-02	NC		
	Agua Superficial (A)	Naftaleno	2,22E-10	2,00E-02	1,11E-08		
	Sedimentos	Arsénico	1,7E-6	3,00E-04	5,51E-03		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	8,5E-8	5,00E-03	1,71E-05		
	Sedimentos	Benzo (e) pireno	7,2E-8	3,00E-02	2,41E-06		
	Sedimentos	Cobre	3,9E-6	4,00E-02	9,66E-05		

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-48 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Adulto

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Ingestión	Sedimentos	Cromo (total)	NC	1,50E+00	NC		1,16E+00
	Sedimentos	Fenantreno	2,9E-7	3,00E-02	9,68E-06		
	Sedimentos	Fluoreno	6,9E-8	4,00E-02	1,73E-06		
	Sedimentos	Naftaleno	3,7E-8	2,00E-02	1,87E-06		
	Sedimentos	Bario	1,8E-4	2,00E-01	9,06E-04		
	Agua Superficial	Arsénico	9,99E-10	3,00E-04	3,33E-06		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,33E-03	4,00E-02	1,08E-01		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	4,62E-03	4,00E-02	1,15E-01		
	Suelo Superficial	Boro	5,49E-06	2,00E-01	2,74E-05		
	Suelo Superficial	Selenio	1,98E-06	5,00E-03	3,96E-04		
	Suelo Superficial	Cromo Total	6,97E-05	1,50E+00	4,65E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,84E-06	3,00E-02	6,14E-05		
	Suelo Superficial	Fluoreno	9,09E-07	4,00E-02	2,27E-05		
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,34E-06	2,00E-02	6,69E-05		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F2	1,18E-07	4,00E-02	2,94E-06		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F3	1,25E-07	4,00E-02	3,14E-06		
	Agua Superficial (A)	Boro	0,00E+00	2,00E-01	0,00E+00		
	Agua Superficial (A)	Selenio	1,73E-07	5,00E-03	3,45E-05		
	Agua Superficial (A)	Cromo Total	1,85E-08	1,50E+00	1,23E-08		
	Agua Superficial (A)	Fenantreno	1,46E-10	3,00E-02	4,86E-09		

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-48 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Adulto

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
	Agua Superficial (A)	Fluoreno	7,44E-11	4,00E-02	1,86E-09		
	Agua Superficial (A)	Naftaleno	2,56E-10	2,00E-02	1,28E-08		
	Sedimentos	Arsénico	6,00E-06	3,00E-04	2,00E-02		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	8,58E-08	5,00E-03	1,72E-05		
	Sedimentos	Benzo (e) pireno	7,28E-08	3,00E-02	2,43E-06		
	Sedimentos	Cobre	3,24E-05	4,00E-02	8,09E-04		
	Sedimentos	Cromo (total)	3,21E-05	1,50E+00	2,14E-05		
	Sedimentos	Fenantreno	2,92E-07	3,00E-02	9,74E-06		
	Sedimentos	Fluoreno	6,96E-08	4,00E-02	1,74E-06		
	Sedimentos	Naftaleno	3,77E-08	2,00E-02	1,89E-06		
	Sedimentos	Bario	1,86E-04	2,00E-01	9,32E-04		
	Agua Superficial	Arsénico	2,75E-04	3,00E-04	9,18E-01		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,58E-04	2,00E-01	2,29E-03	4,81E-03	
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	4,88E-04	2,00E-01	2,44E-03		
	Suelo Superficial	Boro	5,09E-11	2,00E-02	2,54E-09		
Inhalación	Suelo Superficial	Selenio	1,84E-11	2,00E-02	9,19E-10		
	Suelo Superficial	Cromo Total	6,46E-10	1,40E-04	4,62E-06		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,00E-07	SI	NC		
	Suelo Superficial	Fluoreno	6,92E-08	SI	NC		
	Suelo Superficial	Naftaleno	2,20E-07	3,00E-03	7,34E-05		

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-48 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Adulto

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Cociente de Peligrosidad							1,0E+00

NC: No Calculado

SI: Sin Información

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Nota:

Para los contaminantes en la matriz ambiental suelo y sedimentos, la determinación de la dosis de exposición se realizó en el software RBCA Tool Kit, empleando ecuaciones de la EPA, las dosis de referencia igualmente son tomadas de la base de datos del software basada en regulaciones internacionales. En el Anexo 6.6.4 y 6.6.5 se presentan las variables introducidas al software.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 4-49 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Niño

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Dérmica	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,5E-02	4,0E-02	3,8E-01	8,0E-01	3,4E+00
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	1,6E-02	4,0E-02	4,1E-01		
	Suelo Superficial	Boro	1,1E-06	2,0E-01	5,4E-06		
	Suelo Superficial	Selenio	7,0E-07	5,0E-03	1,4E-04		
	Suelo Superficial	Cromo Total	NC	1,5E+00	NC		
	Suelo Superficial	Fenantreno	4,7E-06	3,0E-02	1,6E-04		
	Suelo Superficial	Fluoreno	2,3E-06	4,0E-02	5,8E-05		

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-49 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Niño

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,4E-06	2,0E-02	1,7E-04		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-02	NC		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F3	NC	4,0E-02	NC		
	Agua Superficial (A)	Boro	NC	2,0E-01	NC		
	Agua Superficial (A)	Selenio	NC	5,0E-03	NC		
	Agua Superficial (A)	Cromo Total	NC	1,5E+00	NC		
	Agua Superficial (A)	Fenantreno	1,4E-10	3,0E-02	4,8E-09		
	Agua Superficial (A)	Fluoreno	NC	4,0E-02	NC		
	Agua Superficial (A)	Naftaleno	2,2E-10	2,0E-02	1,1E-08		
	Sedimentos	Arsénico	4,3E-06	3,0E-04	1,4E-02		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	2,2E-07	5,0E-03	4,4E-05		
	Sedimentos	Benzo (e) pireno	1,9E-07	3,0E-02	6,2E-06		
	Sedimentos	Cobre	1,0E-05	4,0E-02	2,5E-04		
	Sedimentos	Cromo (total)	NC	1,5E+00	NC		
	Sedimentos	Fenantreno	7,5E-07	3,0E-02	2,5E-05		
	Sedimentos	Fluoreno	1,8E-07	4,0E-02	4,5E-06		
	Sedimentos	Naftaleno	9,7E-08	2,0E-02	4,8E-06		
	Sedimentos	Bario	4,7E-04	2,0E-01	2,3E-03		
Ingestión	Agua Superficial	Arsénico	2,6E-09	3,0E-04	8,6E-06	2,6E+00	
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	9,7E-03	4,0E-02	2,4E-01		

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-49 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Niño

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	1,0E-02	4,0E-02	2,6E-01		
	Suelo Superficial	Boro	1,2E-05	2,0E-01	6,1E-05		
	Suelo Superficial	Selenio	4,4E-06	5,0E-03	8,9E-04		
	Suelo Superficial	Cromo Total	1,6E-04	1,5E+00	1,0E-04		
	Suelo Superficial	Fenantreno	4,1E-06	3,0E-02	1,4E-04		
	Suelo Superficial	Fluoreno	2,0E-06	4,0E-02	5,1E-05		
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,0E-06	2,0E-02	1,5E-04		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F2	1,2E-07	4,0E-02	2,9E-06		
	Agua Superficial (A)	Fracción de Hidrocarburos F3	1,3E-07	4,0E-02	3,1E-06		
	Agua Superficial (A)	Boro	0,0E+00	2,0E-01	0,0E+00		
	Agua Superficial (A)	Selenio	1,7E-07	5,0E-03	3,5E-05		
	Agua Superficial (A)	Cromo Total	1,8E-08	1,5E+00	1,2E-08		
	Agua Superficial (A)	Fenantreno	1,5E-10	3,0E-02	4,9E-09		
	Agua Superficial (A)	Fluoreno	7,4E-11	4,0E-02	1,9E-09		
	Agua Superficial (A)	Naftaleno	2,6E-10	2,0E-02	1,3E-08		
	Sedimentos	Arsénico	1,3E-05	3,0E-04	4,5E-02		
	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,9E-07	5,0E-03	3,8E-05		
	Sedimentos	Benzo (e) pireno	1,6E-07	3,0E-02	5,4E-06		
	Sedimentos	Cobre	7,3E-05	4,0E-02	1,8E-03		
	Sedimentos	Cromo (total)	7,2E-05	1,5E+00	NC		

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-49 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Niño

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Inhalación	Sedimentos	Fenantreno	6,5E-07	3,0E-02	2,2E-05		
	Sedimentos	Fluoreno	1,6E-07	4,0E-02	3,9E-06		
	Sedimentos	Naftaleno	8,5E-08	2,0E-02	4,2E-06		
	Sedimentos	Bario	4,2E-04	2,0E-01	2,1E-03		
	Agua Superficial	Arsénico	6,2E-04	3,0E-04	2,1E+00	4,8E-03	
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,6E-04	2,0E-01	2,3E-03		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F3	4,9E-04	2,0E-01	2,4E-03		
	Suelo Superficial	Boro	5,1E-11	2,0E-02	2,5E-09		
	Suelo Superficial	Selenio	1,8E-11	2,0E-02	9,2E-10		
	Suelo Superficial	Cromo Total	6,5E-10	1,4E-04	4,6E-06		
	Suelo Superficial	Fenantreno	1,0E-07	SI	NC		
	Suelo Superficial	Fluoreno	6,9E-08	SI	NC		
	Suelo Superficial	Naftaleno	2,2E-07	3,0E-03	7,3E-05		
Cociente de Peligrosidad							1,0E+00

NC: No Calculado

SI: Sin Información

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Nota:

Para los contaminantes en la matriz ambiental suelo y sedimentos, la determinación de la dosis de exposición se realizó en el software RBCA Tool Kit, empleando ecuaciones de la EPA, las dosis de referencia igualmente son tomadas de la base de datos del software basada en regulaciones internacionales. En el Anexo 6.6.4 y 6.6.5 se presentan las variables introducidas al software

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Adicionalmente, para el escenario humano 2: cazador y/o pescador esporádico se ha estimado el riesgo por consumo de pescado, con base en los resultados analíticos de metales presente en la los peces de las quebradas cercanas al sitio impactado, a pesar que las especies *Laetacara flavilabris*, *Moenkhausia oligolepis* y *Hyphessobrycon loretoensis* fueron las capturas no son consumidas por los receptores humanos (poblados de la C.N. José Olaya).

En el siguiente cuadro se presentan los resultados calculados para el escenario humano 2 por exposición por consumo de carne de pescado, según lo descrito en capítulos anteriores. Del cálculo del Índice de peligro en función de la ingesta diaria admisible, se determina que para ninguno de los CP el valor del índice de peligro es superior uno (1). Cabe resaltar que solamente se reportaron excedencias de bario y cadmio en las muestras analizadas. En el siguiente cuadro se presentan los resultados:

Cuadro 4-50 Resultados del escenario humano de pobladores de la CN para sustancias no cancerígenas en la ingestión de pescado

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IP _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
Ingestión	Pescado	Aluminio Total	12,5	65	0,192	NA ^a	NA
		Antimonio Total	0,003	0,026	0,096		
		Arsénico Total	0,003	0,139	0,018		
		Bario Total	3,735	32,5	0,115		
		Berilio Total	0,003	0,13	0,019		
		Boro Total	0,06	13	0,005		
		Cadmio Total	0,009	0,05	0,180		
		Cobalto Total	0,005	No Calculado	-		
		Cromo Total	0,087	97,5	0,001		
		Estaño Total	0,003	39	0,0001		
		Estroncio Total	5	39	0,128		
		Hierro Total	12,5	45,5	0,275		
		Litio Total	0,025	1,3	0,019		
		Manganeso Total	3,383	9,1	0,372		
		Mercurio Total	0,009	0,5	0,019		
		Molibdeno Total	0,010	0,325	0,031		
		Níquel Total	0,082	1,3	0,063		
		Plata Total	0,013	0,325	0,038		
		Plomo Total	0,033	0,3	0,109		
		Selenio Total	0,059	0,325	0,181		
		Titanio Total	0,485	No Calculado	-		
		Vanadio Total	0,046	0,065	0,708		
		Zinc Total	12,5	19,5	0,641		

a No se consideran efectos aditivos entre los diferentes CP por lo tanto no se calcula un índice de riesgo total.
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Al igual que en el numeral anterior, la interpretación de estos resultados se basa en la presunción de que, si un receptor expuesto a un contaminante o mezcla de contaminantes por todas sus vías, no excede la dosis de referencia que se considera segura con base en estudios epidemiológicos y toxicológicos, el riesgo es aceptable.

Dado que los mecanismos de daño de los diferentes elementos son diferentes, se hace imposible el cálculo de un índice de peligrosidad total y por lo tanto solo es posible el cálculo del cociente de peligrosidad, cuyo valor en ninguno de los supuestos de exposición a cada uno de los contaminantes de preocupación definidos como tales para este escenario, superó la unidad.

Así es que se concluye que el riesgo asociado al eventual consumo de pescado contaminado con los elementos identificados representa un riesgo aceptable en este escenario.

- **Escenario Humano 3: Poblador Local - Residente de la Comunidad Nativa José Olaya**

Para la estimación del riesgo no cancerígeno, para el escenario humano 3 correspondiente a los residentes de la C.N. José Olaya. Se ha planteado que las aguas subterráneas, afectadas por lixiviación del Etilbenceno desde el suelo, descargan y/o afloran en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desembocan en el río Corrientes, siendo este último de relevancia para la población de la comunidad nativa, debido al uso de sus aguas para fines recreacionales (natación).

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de la totalidad de los días al año (365 días), una duración de exposición de 24 años, un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

Para este escenario humano se ha evaluado únicamente el transporte del Benceno (suelos) por lo descrito en el numeral 4.6 *Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro*, en resumen, se plantea el transporte del CP desde el foco de contaminación (foco), lixiviación al agua subterránea y descarga en algún cuerpo de agua superficial.

En el Cuadro 4-51 se presentan los resultados del Índice de Riesgo (IR) para el escenario humano 3, es decir, los pobladores de la CN José Olaya, por exposición vía dérmica (inmersión) y oral (ingestión accidental) de agua superficial del CP Benceno, pues se debe tener en cuenta en el caso que el Benceno lixiviera y descargue al agua subterránea, es muy probable su migración al agua superficial, sin embargo, en este medio sería muy fácil su dilución y volatilización.

A pesar de la alta solubilidad del benceno en agua y un nivel freático favorable para la migración de este compuesto al agua subterránea, no se pudo calcular el cociente de peligrosidad por contacto dérmico de agua superficial, debido a que no se determinó el Factor de Atenuación Natural (NAF), el cual representa el efecto de varios factores de dilución y atenuación para reducir las concentraciones del CP durante el transporte por los distintos medios (suelo, subsuelo, agua subterránea, agua superficial). En el Anexo 6.6.5 se observa que el valor del NAF no aplica para el CP Benceno, pues se estima que no excederá el límite de exposición para ese punto de exposición (distancia de 11,7 km).

El cociente de peligrosidad (CdP) del Benceno para la vía de exposición por ingestión accidental de agua superficial, presentan un riesgo aceptable, pues el cociente de peligrosidad es cero (0) e inferior a la unidad, esto debido a la distancia entre el foco de contaminación y los receptores (aprox. 11,7 km).

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), presenta un riesgo aceptable, ya que este índice es cero (0) e inferior al cociente de peligrosidad.

No se ha evaluado una exposición del receptor humano con agua subterránea, ya que la CN José Olaya se abastece de agua del río Corrientes y no de agua subterránea, por eso se planteó un escenario por contacto dérmico e ingestión por agua superficial.

En el Anexo 6.6.5 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.6 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.7 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-51 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 3

Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IP _v)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
Dérmica	Agua Superficial ^B	Benceno	NC	0,004	NC	NC	0,00E+00
Ingestión	Agua Superficial ^B	Benceno	0,00E+00	0,004	0,00E+00	0,00E+00	
Cociente de Peligrosidad							1,0E+0

NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

(B) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C) Caracterización del riesgo ecológico

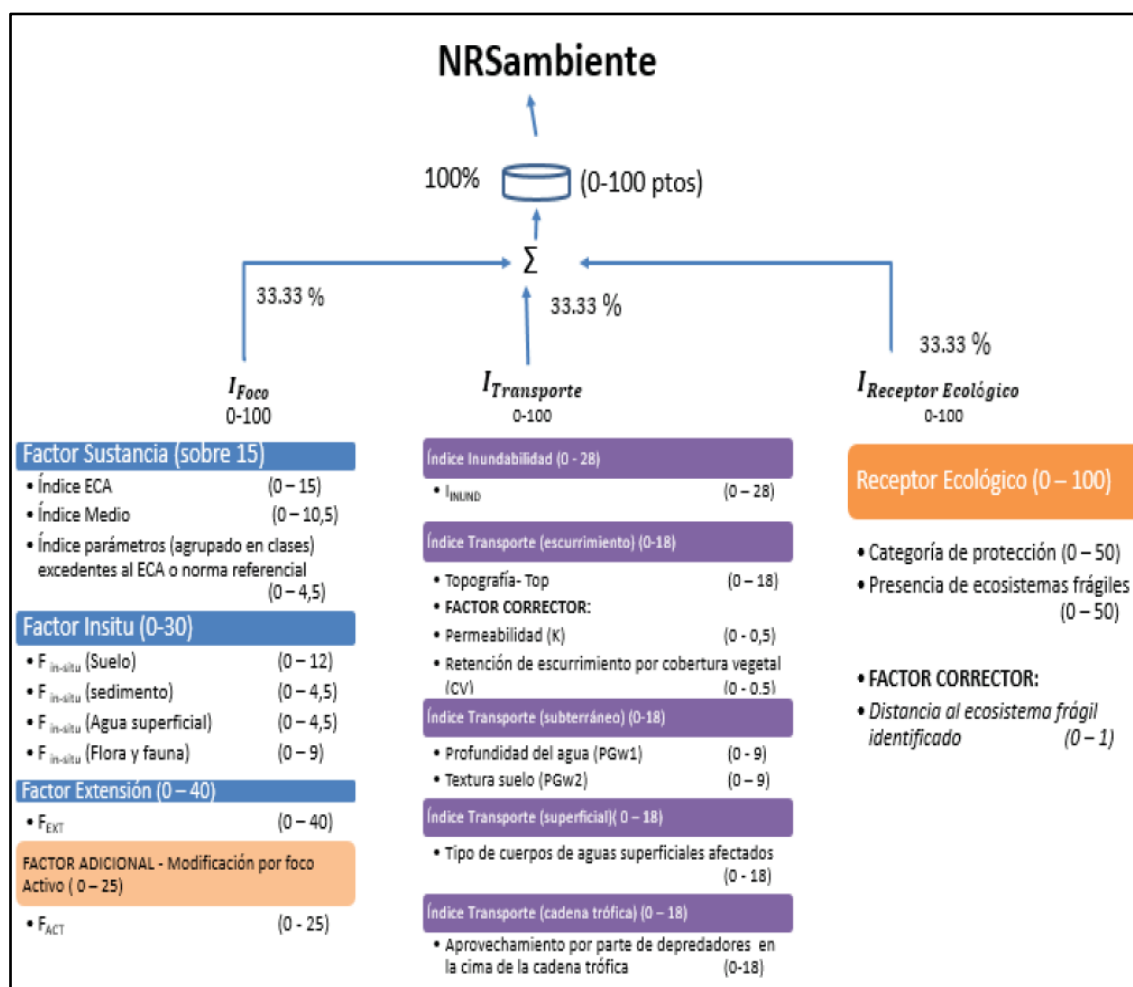
Para poder estimar el riesgo ecológico en este escenario, se tuvo en cuenta los posibles receptores que puedan verse afectados ante los CP por cada una de las matrices ambientales evaluadas por la cual puedan tener una vía de exposición. Para el caso de la comunidad hidrobiológica, partimos de los valores de toxicidad (Ecotox) descritos en el ítem 4.3.2 del presente estudio, donde su comparación permita encontrar excedencias las cuales permitan estimar un riesgo. Teniendo cuenta que no existen datos toxicológicos específicos para las especies evaluadas, será necesario en este aspecto, tomar decisiones basadas en una evaluación cualitativa.

Para el caso del sitio S0112 (Sitio 35) el Arsénico presente en sedimentos supone una potencial afección a la comunidad bentónica del lugar, por lo que se contempló un Riesgo Medio hacia estos receptores ecológicos; de la misma manera para el Cromo que presenta el mismo nivel de riesgo. Para el caso de contenido de Fracción de Hidrocarburos F2 y F3, se procedió a considerar la sumatoria de las concentraciones de dichos compuestos, a fin de comparar con el valor referencia establecido por Pettigrove y Hoffman (2005) de 860 mg/kg. A partir de ello se tiene que las concentraciones reportadas en las estaciones de muestreo evaluadas en este escenario no sobrepasaron dicho valor referencia; no obstante, se han reportado valores de 878 mg/kg y 628 mg/kg de F2 y F3 respectivamente en la estación S0112-Sed005, teniendo como sumatoria total de TPH de 1 506 mg/kg; por lo que se considera un Riesgo Medio a estas sustancias sobre estos receptores ecológicos (comunidad bentónica). Asimismo, considerando los valores Ecotox de Benzo(a) antraceno, Benzo(e) pireno, Cobre, Fenantreno, Fluoreno, Hidrocarburos C10-C28, Hidrocarburos C28-C40 y Naftaleno (CP de la matriz sedimentos, sin embargo se evaluó las concentraciones presentes en agua superficial) obtenidas de ciertas especies análogas a las especies registradas de la comunidad béntica del sitio S0112 (sitio 35), determinaron una no afección hacia estos receptores; toda vez que no se registraron excedencias sobre el umbral máximo tolerable establecido por Ecotox. Por ende, se tiene un Riesgo Bajo para estos CP en agua superficial.

Complementariamente a la evaluación de la comunidad hidrobiológica y a fin de tener un panorama sobre el escenario ecológico, se empleó la *“Metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados”* establecida por OEFA para realizar la caracterización del riesgo ecológico; considerando específicamente la determinación del Nivel de Riesgo por Sustancias (NRSambiente), a través del modelo Sustancia-Transporte-Receptor, interpretado como la suma de la evaluación de dichos tres componentes para el potencial receptor ambiente.

En la Figura 4-3 se presentan los criterios de valoración y puntuación del Nivel de Riesgo por Sustancias respecto al ambiente.

Figura 4-3 Esquema de los criterios de valoración y puntuación del nivel de riesgo por sustancias



Fuente: Resolución de Consejo Directivo N.º 028-2017-OEFA/CD / Adaptado de Canadian Council of Ministers of the Environment. (2008) National Classification System for Contaminated Sites. Guidance Document

C.1 Descripción de la metodología

Para la estimación del nivel de riesgo asociado a sustancias respecto a un receptor ambiente se emplea la siguiente fórmula:

$$NRS_{ambiente} = \frac{(I_{Foco} \cdot 0,33) + (I_{Transporte\ asociado\ a\ receptor\ ecológico} \cdot 0,33) + (I_{Receptor\ ambiente} \cdot 0,33)}{1}$$

Dónde:

I_{foco} : Índice basado en la suma de varios factores asociados al impacto en el vector suelo, agua subterránea, agua superficial, sedimento y flora/fauna.

$I_{transporte\ asociado\ a\ receptor\ ecológico}$: Índice basado en la posible migración y/o atenuación de la afectación como consecuencia del transporte hacia escenarios de exposición ambiental fuera del sitio impactado.

$I_{receptor\ ambiente}$: Índice basado en la potencial exposición del receptor ecológico a las sustancias peligrosas.

Mediante ella se obtiene un valor numérico, entre 0 y 100. Para el caso del sitio S0112 (Sitio 35), este cálculo es posible dado que existe al menos un parámetro (relacionado a la actividad que generó la afectación) que supera el ECA o nivel (norma) de referencia aplicable para alguno de los componentes ambientales evaluados (suelo, agua superficial, sedimento, agua subterránea).

Para este caso se emplearán los CP en el escenario ecológico para cada matriz ambiental, teniendo en cuenta la normativa (nacional e internacional vigente).

• Índice Foco

Se relaciona con el riesgo relativo de las sustancias potencialmente contaminantes presentes en el sitio. Los aspectos a evaluar incluyen factores específicos de contaminantes, tales como la toxicidad y que presente concentraciones por encima de los valores de referencia, así como el agrupamiento en clases y componentes ambientales donde se detecta la presencia de afectación.

Para determinar el valor Índice Foco, se usa la siguiente fórmula:

$$I_{Foco} = F_{sust} + F_{in-situ} + F_{ext} + F_{ACT}$$

Dónde:

F_{sust}: Factor basado en la toxicidad y potencial efecto de las sustancias potencialmente contaminantes presentes en el medio en un escenario conservador.

F_{in-situ}: Factor *in-situ* basado en las observaciones e indicadores *in-situ*.

F_{ext}: Factos extensión basado en la extensión del sitio potencialmente contaminado

F_{ACT}: Factor actividad del foco: Que contempla un valor modificador para incorporar las siguientes posibilidades: a) que el foco sea activo o no; b) la probabilidad de no poder definir la opción a en campo.

El valor máximo del Índice foco es de 100 puntos; sin embargo, adicionalmente se incluye un factor correctivo relacionado a la característica de actividad / no actividad de dicho foco. Este factor correctivo está diseñado de forma que pueda aportar numéricamente en caso se considere activo.

• Factor sustancia

El valor factor sustancia se basa en información obtenida analíticamente, y se obtiene de la aplicación del siguiente algoritmo:

$$F_{sust} = I_{ECA} + I_{MEDIO} + I_{PARAM EXCED}$$

Dónde:

I_{ECA}: Índice basado en la comparación de la concentración máxima o UCL9518 detectada de cada compuesto y su valor ECA, nivel de fondo o valor genérico de referencia aplicable. Proporciona un valor para evaluar las condiciones de calidad del medio.

I_{MEDIO}: Índice que categoriza la afectación en función del número de medios afectados (suelo, agua superficial, sedimento, agua subterránea).

I_{PARAM EXCED}: Índice que se basa en el efecto aditivo de la presencia de diferentes compuestos químicos agrupados en clases.

Índice ECA

La categorización del índice ECA, correspondería a la categorización de la toxicidad de las sustancias presentes basado en el Primer Nivel de Análisis de Riesgo. Para ello se procede a calcular el Cociente ECA máximo (para todos los medios de los que se dispongan datos analíticos de laboratorio y para todas las sustancias o compuestos asociados a la actividad de hidrocarburos) y asignar un valor al Índice ECA en función del resultado del Cociente ECA.

$$Cociente_{ECA} = MAX \left[\frac{Concentración\ representativa_i}{ECA_i} \times Factor\ corrector_i \right]$$

Dónde:

i: Parámetro (compuesto o sustancia) de interés.

Concentración representativa_i: Concentración máxima de un parámetro detectada si se dispone de menos de 10 datos, o UCL95 si se dispone de más de 10 valores.

Factor corrector_i: Factor corrector para considerar la potencial biodisponibilidad del compuesto, será empleado solamente para el caso de metales si se dispone de ensayos de lixiviación o de extracción secuencial. En caso de no disponer información o para el resto de los compuestos, se considera igual a la unidad.

ECA_i: Nivel de referencia (norma nacional o internacional) contemplado para los componentes considerados (suelo, agua superficial, agua subterránea o sedimento).

El factor corrector sirve para valorar el foco como más (+) o menos (-) problemático en caso el metal no se encuentre biodisponible, y se obtiene de la siguiente manera:

- Si se dispone de ensayos de lixiviación (metodología TCLP), el factor corrector corresponderá al porcentaje (%) de metal que es lixiviable respecto al valor total.
- Si no existe información sobre ensayos de lixiviación (TCLP), pero existe información sobre extracción secuencial por Método Tessier, se aplicará la siguiente corrección:

Cuadro 4-52 Factor corrector para evaluación de biodisponibilidad de metales (Tessier)

Factor corrector para evaluar biodisponibilidad de metales	Valor
Sin información sobre la biodisponibilidad.	1
Metales mayormente en forma de iones intercambiables (Extracción 1).	1
Metales mayoritariamente ligados a carbonatos (Extracción 2), que se liberan al bajar el pH.	0,75
Metales mayormente asociados a óxidos de hierro y manganeso (Extracción 3), que pasan al agua en condiciones reductoras y no son estables en condiciones anóxicas.	0,50
Metales mayoritariamente asociados a la Materia Orgánica (Extracción 4), que se liberan en condiciones oxidantes.	0,50
Concentración metales mayoritariamente asociada a fracción residual (Extracción 5).	0,25

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

El Índice ECA se categorizará en función del resultado del Cociente ECA, calculado mediante la fórmula de Cálculo de Cociente ECA y corresponderá al máximo valor, independientemente del componente ambiental, de la siguiente manera:

Cuadro 4-53 Parámetro I_{ECA}

Cociente ECA	Valor
Cociente ECA >20	15
10<Cociente ECA <20	10
1<Cociente ECA <1°	6,5
Cociente ECA <1	0
No se tienen datos analíticos.	7,5

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Índice medio

Este índice responde a la pregunta de en cuantos medios o vectores se detectan concentraciones de sustancias que superen los valores de referencia. El puntaje general se calcula sumando los puntajes individuales de cada medio vector.

$$I_{MEDIO} = (I_{SUELO} + I_{AGUA\ SUPERFICIAL} + I_{SEDIMENTOS} + I_{AGUA\ SUBTERRÁNEA})$$

Se categoriza de la siguiente manera:

Cuadro 4-54 Parámetro I_{MEDIO} (N.º medios afectados)

Medios afectados	Valor
Suelo	
Se supera el ECA aplicable al menos para 3 parámetros.	2,75
Se supera el ECA aplicable al menos para 1 parámetro.	2
Ningún parámetro supera el valor ECA.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1,25
Agua superficial	
Se supera el ECA aplicable al menos para 3 parámetros.	2,50
Se supera el ECA aplicable al menos para 1 parámetro.	1,75
Ningún parámetro supera el valor ECA.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1,25

Cuadro 4-54 Parámetro I_{MEDIO} (N.º medios afectados)

Medios afectados	Valor
Sedimentos	
Se supera el ECA aplicable o valor referencial al menos para 3 parámetros.	2,75
Se supera el ECA aplicable o valor referencial al menos para 1 parámetro.	2
Ningún parámetro supera el valor ECA o valor referencial.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1,25
Agua subterránea	
Se supera el ECA aplicable o valor referencial al menos para 1 parámetros o se detecta presencia de fase libre sobrenadante en la napa freática.	2,75
Ningún parámetro supera el valor ECA o valor referencial aplicable.	0
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados).	1,25

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Índice clases

Este índice responde a la pregunta de cuantas clases o tipo de sustancias están superando su valor de referencia. No es necesario analizar todos los compuestos, sino que se priorizarán en la identificación de sitios impactados aquellas sustancias relevantes asociadas a los focos potenciales en el emplazamiento. De la misma manera y cuando se considere necesario, podrían analizarse sustancias como Sustancias Fenólicas, Hidrocarburos Clorados y PCB, Sustancias Halogenadas, Ftalatos, Pesticidas, etc. En ese caso, deberá definirse el grupo de clases al cual pertenece y su normativa referencial de comparación.

Cuadro 4-55 Parámetro I_{PARA EXCED}

Índice parámetros (agrupado en clases) excedentes al ECA o norma referencial	Valor "Clases"
Cuatro o más	4,5
De dos a tres	3
Una	1,5
No supera ningún parámetro (agrupado en clases)	0
Se desconoce debido a la falta de datos analíticos	2,25

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

- **Factor in-situ**

Este factor complementa al anterior, atendiendo a que en determinadas ocasiones la identificación del sitio impactado contará con un número limitado de determinaciones analíticas de laboratorio para los medios potencialmente afectados. El valor de este factor será el sumatorio de valores aplicados a cada vector observado.

$$F_{in-situ} = F_{in-situ}(suelo) + F_{in-situ}(sedim) + F_{in-situ}(agua\ sup) + F_{in-situ}(flora/fauna)$$

Los valores se obtendrán a partir de los siguientes cuadros:

Cuadro 4-56 Parámetro in-situ (suelo)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en suelo (subsuelo y aguas subterráneas)	Valor
Presencia de crudo en superficie / fase libre sobrenadante.	12
Presencia de COV's (en Ensayos Head-Space realizados en muestras de suelo) y/o alteración organoléptica.	9
Presencia de suelo removido (indicios de excavaciones, enterramientos, remediaciones <i>in situ</i> , etc.).	4,5
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	6,75
Sin indicios.	0

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-57 Parámetro $F_{in-situ}$ (sedimentos)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en sedimento	Valor
Presencia de producto en fase libre en el sedimento colectado (a través de equipo de muestreo), u observación de producto en fase libre en la superficie del agua luego del hincado.	4.5
Observaciones de líneas o manchas de HC en las orillas del cuerpo de agua y/o indicios organolépticos de HC en sedimento colectado (a través de equipo de muestreo), o luego del hincado.	3.25
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	2.25
No se aprecian características organolépticas en el sedimento colectado (a través de equipo de muestreo) o a través del hincado.	0

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-58 Parámetro F_{in-situ} (agua superficial)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en agua superficial	Valor
Presencia de fase libre sobrenadante.	4,5
Presencia de gotas / líneas o manchas de hidrocarburo (iridiscencia) / cambio significativo a nivel de color en cuerpo de agua.	3,5
Olor en la muestra colectada que pueda indicar afectación en el cuerpo de agua lentic (laguna, cocha) O lotico (Río).	2,75
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	2,25
Sin indicios de afectación organoléptica.	0

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-59 Parámetro F_{in-situ} (flora/fauna)

Observaciones organolépticas e indicadores in situ en flora y fauna	Valor
Se aprecia mortandad de fauna y/o flora en el sitio debido a la presencia de sustancias peligrosas.	9
Se aprecia individuos de fauna y/o flora con presencia de producto impregnado; o bien determinación visual de manchas en vegetación, asociados a variaciones estacionales.	7
Se aprecia cambio en la composición de especies vegetales como consecuencia de una posible afectación (sucesión ecológica natural).	4
No hay información sobre observaciones <i>in situ</i> .	4,5
Aparentemente no se aprecian cambios en la fauna y flora.	0

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Es determinante la presencia de hidrocarburos en fase libre en los medios ambientales. Dicha evidencia en el sitio debe considerarse como principal para priorización y debe ser destacada en el informe respectivo.

- **Factor extensión**

Por último, en la evaluación de la cantidad de sustancia presente, se tiene en cuenta la extensión del área potencialmente contaminada. Los criterios para la delimitación del área potencialmente contaminada serán los siguientes:

- Observaciones *in situ*: considerándose los valores del factor in situ para el componente suelo.
- Concentraciones superiores al ECA (o norma referencial) o bien presencia de producto o crudo en fase libre.

El Factor extensión se otorgará según los siguientes criterios:

Cuadro 4-60 Parámetro F_{EXT} (factor extensión)

Extensión de sitio contaminado	Valor
Extensión del sitio ≥ 10 Ha.	40
$0,1 < \text{extensión sitio} < 10$ Ha.	Valor proporcional entre 7,5 – 40
Extensión del sitio $< 0,1$ Ha	7,5
Se desconoce	12,5

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Para el cálculo del Factor extensión en áreas potencialmente afectadas de entre 0,1 y 10 ha, se considerará la siguiente fórmula:

$$F_{EXT} = 7,5 + \frac{32,5x(Ext(Ha) - 0,1)}{9,9}$$

Dónde:

Ext (Ha): Área del sitio potencialmente contaminado en hectáreas

- Factor actividad del foco**

Se entiende por foco aquel factor que origina la contaminación; en un foco activo, aquel que se encuentra aportando contaminante al ambiente.

Cuadro 4-61 Parámetro F_{ACT} (actividad foco)

Actividad de foco	Valor
Existe al menos un foco activo.	25
Se desconoce (no se tiene información al respecto).	12,5
El foco o los focos observados son inactivos.	0

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cabe señalar que el valor del F_{ACT} contempla la adición de un valor para magnificar el índice foco.

- Índice transporte**

Permite determinar el potencial de que las sustancias potencialmente contaminantes se muevan a otro medio o hacia el exterior del sitio. Para ello, la metodología empleada ha considerado las principales vías de movilización de los compuestos previsiblemente detectados en la cuenca del río Corrientes, y se otorga un valor a cada una de ellas en función de aspectos que los definan.

$$I_{TRANSPORTE} = I_{Inund} + I_{Trans (ESC)} + I_{Trans (SUBT)} + I_{Trans (AG SUP)} + I_{Transp (CAD TROFICA RE)}$$

Dónde:

I_{inund} : Índice que categoriza el sitio en función de la inundabilidad.

$I_{trans (ESC)}$: Índice que categoriza el potencial de escurrimiento de sustancias en el sitio en función de la topografía, que a su vez se ve condicionada por la permeabilidad predominante del suelo superficial y presencia de cobertura vegetal que pueda retener o dificultar el escurrimiento hacia otras áreas.

$I_{trans (SUBT)}$: Índice que categoriza la potencial movilización de sustancias a través del medio subterráneo, que depende básicamente de la profundidad a la que se detecta la napa y la textura del suelo o permeabilidad del subsuelo.

$I_{trans (AG SUP)}$: Índice que categoriza la potencial movilización de sustancias a través del agua superficial en función del comportamiento típico del cuerpo de agua superficial presente.

$I_{trans (CAD TROFICA RE)}$: Índice que categoriza la potencial movilización de sustancias a través de la cadena trófica asociada al receptor ecológico.

La inundabilidad del área se categoriza con un índice que se le atribuye los siguientes valores:

Cuadro 4-62 Parámetro F_{Inund} (Inundabilidad)

Factor o índice de inundabilidad	Valor
Sitio impactado en área inundable estacionalmente (condiciones normales).	28
Sitio impactado en área inundable estacionalmente (periodos extraordinarios de creciente o precipitación).	18
Sitio impactado en área no inundable.	0
Se desconoce comportamiento estacional.	14

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

El índice de transporte asociado al potencial escurrimiento, se definirá mediante la siguiente evaluación:

$$I_{Trans (ESC)} = Top \times (K + CV)$$

Dónde:

Top: valor asociado a la topografía.

K: Valor asociado a la permeabilidad del suelo superficial.

CV: Valor asociado a la presencia o ausencia de cobertura vegetal.

La descripción topográfica se basa en la ubicación del sitio frente a su entorno (zona elevada o deprimida respecto a su entorno), así como a la presencia o no de pendientes pronunciadas que puedan implicar potencial de escurrimiento.

Cuadro 4-63 Parámetro topografía

Topografía	Valor
Sitio impactado en zona elevada, con pendientes pronunciados en el entorno.	18
Sitio impactado en zona elevada, sin pendientes pronunciadas en el entorno.	9
Sitio impactado en áreas menos elevadas, sin capacidad de escurrimiento en superficie hacia otras áreas.	0
No se ha observado el entorno o no ha sido posible observarlo por la abundancia de vegetación.	8,5

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-64 Parámetro K (Permeabilidad)

Permeabilidad predominante suelo superficial	Valor
Baja (arcillas, lutitas, limos y limolitas).	0,5
Media (Arenas, arenas limosas y areniscas).	0,33
Alta (gravas y arenas-aluviales, rocas muy fracturadas).	0,17
Se desconoce la permeabilidad y litología predominante en superficie.	0,32

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-65 Parámetro CV (Cobertura vegetal)

Retención de escurrimiento por Cobertura vegetal	Valor
No hay vegetación. No impide la circulación de sustancias en superficie	0,5
Hay vegetación que impide parcialmente o dificulta el escurrimiento en superficie	0,33
Hay vegetación que impide la circulación de sustancias en superficie	0,17
Se desconoce si la vegetación impide la circulación en superficie	0,32

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

El índice de transporte asociado a la movilización por medio de las aguas subterráneas se define de la siguiente manera:

$$I_{Trans (SUBT)} = PGw1 + PGw2$$

Dónde:

PGw1: Factor profundidad del agua.

PGw2: Factor textura del suelo (facilidad infiltración en zona no saturada y conductividad hidráulica en zona saturada).

Cuadro 4-66 Parámetro PGw1 (Profundidad agua)

Profundidad agua	Valor
Superficial (entre 0 y 2 metros) - siempre (permanente)	9
En épocas de lluvias superficial (entre 0 y 2 metros) (estacional)	6,75
Mediana (de 2 a 5 metros)	4,5
A más de 5 metros	2,25
Se desconoce	4

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-67 Parámetro PGw2

Textura suelo	Valor
Gravas y arenas	9
Arenas limosas (o se desconoce)	6
Limos y arcillas	3
Se desconoce la litología del paquete de suelo	5,5

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

El Índice Transporte asociado al agua superficial se sujeta básicamente al cuerpo de agua superficial más cercano y/o al cuerpo potencialmente contaminado, considerando una categorización en función de un flujo continuo o estacional.

Cuadro 4-68 Índice transporte (Agua superficial)

Tipo de los cuerpos de aguas superficiales afectados	Valor
Río o afluente, quebrada, riachuelo o arroyo (fluye continuo)	18
Quebrada, riachuelo o arroyo (estacional)	
Canal de flotación (instalación humana)	
Cocha comunicante (conectada estacionalmente a otros cursos)	12
Pantanos (incluye aguajales)	
Cocha no comunicante	6
No se han observado cuerpos de aguas superficiales en un radio de 1 000 m	0
Cuerpo de agua no definido en sus características	9

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Para la determinación del Índice de transporte relacionado a la cadena trófica, considera la potencial exposición que podría tener este al incorporar organismos que hayan estado expuestos al sitio impactado y que puedan bioacumular sustancias tóxicas dentro de su cadena trófica.

Cuadro 4-69 Índice transporte (Cadena trófica)

Aprovechamiento por parte de depredadores en la cima de la cadena trófica (carnívoros secundarios y terciarios, aves rapaces, etc.)	Valor
Aprovechamiento de recursos en el sitio y su entorno inmediato (pesca, caza, recolección, etc.).	18
Sin aprovechamiento de recursos en el sitio y su entorno inmediato (pesca, caza, recolección, etc.).	0
No se tiene información al respecto.	9

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

- **Índice receptor ecológico**

La evaluación del receptor se ha realizado teniendo en cuenta las vías potenciales de exposición al ambiente. Desde el punto de vista ecológico, la evaluación del receptor utiliza como punto de partida la categoría de protección del sitio, la cual se complementa con la identificación in-situ de ecosistemas frágiles, así como la intervención de un factor corrector en el cual interviene la distancia de estos al sitio impactado.

$$I_{RECEPTOR\ ECOLÓGICO} = RE1 + RE2 \times RE3$$

Dónde:

RE1: Categoría de protección.

RE2: Presencia de ecosistemas frágiles.

RE3: Distancia al ecosistema frágil más cercano identificado.

Cuadro 4-70 Categoría de protección (RE1)

Categoría de protección	Valor
Sitio impactado y entorno inmediato dentro de alguna categoría de protección (ANP, Parque Nacional, reserva nacional, reserva paisajística, refugios de vida silvestre, reservas comunales, bosques de protección, etc.).	50
Sitio impactado fuera de categorías de protección con otras cualidades especiales: Corredor biológico con antecedentes bibliográficos; Existencia de al menos una especie vegetal o animal, o ecosistema en alguna categoría de conservación o especial, protección.	33,25
Sitio impactado fuera de categorías de protección. Se desconoce la existencia de especies vegetales o animales, o ecosistemas, en alguna categoría de conservación o especial protección.	16,75
No se tiene información sobre la clasificación del sitio impactado.	25

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-71 Presencia de ecosistemas frágiles (RE2)

Presencia de ecosistemas frágiles	Valor
Presencia de bosque inundable, "Aguajales", lagunas o cochas.	50
Presencia de llanuras meándricas o "restingas".	40
Presencia de bosque ribereño o de terraza (inundables durante cierta etapa del año).	30
Presencia de bosque de colina baja o alta.	20
Presencia de bosques de montaña.	?
Presencia de herbazales hidrofiticos (inundables cierta etapa del año).	10
Se desconoce si hay ecosistemas frágiles en el entorno.	25

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-72 Distancia a ecosistemas frágiles (RE3)

Distancia al ecosistema frágil identificado	Valor
En el mismo sitio	1
Cerca (menos de 3km del sitio impactado)	0,8
Lejos (a más de 3km del sitio impactado)	0,5
Se desconoce si hay algún ecosistema frágil en el entorno inmediato	0,65

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Tomando en cuenta la metodología detallada en los párrafos anteriores se presenta el cálculo para la estimación del Nivel de Riesgo asociado a sustancias para el receptor ecológico.

C.2 Estimación del riesgo para ecosistemas

• Cálculo del NRS - I foco

Para el cálculo del Factor Sustancia, teniendo en cuenta los valores regulados en el ECA para suelo con uso agrícola y considerando los CP identificados se obtuvieron los cocientes ECA presentados en el Cuadro 4-72.

Cuadro 4-73 Calculo del NRS - I_{foco}

CP	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	Componente ambiental evaluado	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Referencia (mg/kg)	Cociente ECA por compuesto
Benceno	0,17		Suelo		0,03	5,67
Benzo (a) antraceno			Suelo	0,216	0,1	2,16
Benzo (b) fluoranteno			Suelo	0,103	0,1	1,03

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)

Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 4-73 **Calculo del NRS - I_{foco}**

CP	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	Componente ambiental evaluado	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Referencia (mg/kg)	Cociente ECA por compuesto
Boro			Suelo	6,779	2	3,389
Cromo total			Suelo	86,1	64	1,345
Hidrocarburos C10-C28			Suelo	5 354	1 200	4,461
Hidrocarburos C28-C40			Suelo	5 704	3 000	1,901
Fenantreno			Suelo	2,276	0,046	49,478
Fluoreno			Suelo	1,123	0,25	4,492
Naftaleno			Suelo	1,654	0,1	16,54
Selenio			Suelo	2,449	1	2,449
Arsénico total			Sedimento	9,505	5,9	1,611
Benzo (a) antraceno			Sedimento	0,106	0,0317	3,3438
Benzo (e) pireno			Sedimento	0,09	0,0319	2,8213
Cobre total		40	Sedimento		35,7	1,1204
Cromo total			Sedimento	39,61	37,3	1,0619
Fenantreno			Sedimento	0,367	0,0419	8,7589
Fluoreno			Sedimento	0,086	0,0212	4,057
Naftaleno			Sedimento	0,047	0,0346	1,3584
Arsénico total	0,012		Agua superficial			0,01
Hierro total	2,1		Agua superficial			0,3
Manganeso total	1,09		Agua superficial			0,4
Aluminio total	4,15		Agua subterránea			0,9
Cobre total	0,0034		Agua subterránea			0,0013
Hierro total	33		Agua subterránea			0,3
Manganeso total	4,356		Agua subterránea			0,4

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Teniendo en cuenta la información presentada en el cuadro anterior, se tiene que el valor asignado al Índice ECA, Índice medio e Índice Clases fue el siguiente:

Cuadro 4-74 Cálculo del I_{ECA}, I_{medio} e I_{clases}

Índices		Valor	Suma
Índice ECA		15	15
Índice medio	I-suelo	2,75	5,5
	I-ag sup	0	
	I-sedim	2,75	
	I-ag subt	0	
Índice clases		4,5	4,5

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Considerando que las matrices de suelo, agua superficial y sedimentos superan al menos 3 parámetros del valor referencial sus puntuaciones fueron las más altas dentro del rango establecido por la metodología empleada, 2,75, 2,50 y 2,75, respectivamente. Asimismo, la matriz de agua subterránea supera el valor referencial al menos para un parámetro, por ello su puntaje corresponde a 2,50. Siendo así, el valor resultante para el Factor sustancia es de 30 para el sitio S0112 (Sitio 35).

Asimismo, para el cálculo del factor in situ, se procedió a otorgar los siguientes puntajes a las variables asociadas a los diferentes vectores observados:

Cuadro 4-75 Cálculo del Factor *in situ*

F in situ (suelo)	F in situ (sedimento)	F in situ (agua superficial)	F in situ (flora y fauna)	Total Factor In SITU
12	3,25	3,5	0	18,75

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El valor resultante del Factor *in situ* es de 22,75 para el sitio S0112 (Sitio 35). Ello se debe a que durante los trabajos de campo se evidenciaron manchas (restos de hidrocarburos) en ciertas partes del suelo y zonas saturadas (valor 12 para F *in situ* - suelo). Ver Fotografía 4-9.

Fotografía 4-9 Evidencias de contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35)

	
Hidrocarburo superficial/sondeo	Iridiscencia

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Así mismo, se evidenció iridiscencia de hidrocarburos en pequeñas quebradas estacionales y pequeños cuerpos de agua (empozados) producto de las precipitaciones de la zona, así como cambio significativo a nivel de color en cuerpo de agua (valor 3,25 y 3,5 para F *in situ* sedimento y F *in situ* agua superficial, respectivamente).

Para el caso de flora y fauna se aprecia cambio en la composición de especies vegetales como consecuencia de una posible afectación (sucesión ecológica natural). Valor 4 para F *in situ* flora y fauna. Se observaron dos unidades de vegetación: Bosque de Colinas Bajas (Bcb) y Áreas de no bosque amazónico (Ano-bo), ésta última comprende a áreas que fueron desboscadas y convertidas en áreas agropecuarias, con cultivos agrícolas y pastos cultivados, asimismo, comprenden todas las áreas cubiertas actualmente con vegetación secundaria ("purma"). Ver Fotografía 4-10.

Fotografía 4-10 Áreas de no bosque amazónico en sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Posteriormente, se procedió a determinar el puntaje asociado a la extensión del sitio S0112 (Sitio 35) que, atendiendo las observaciones realizadas en campo, corresponde a un área de 53 780 m² (5,38 ha) por lo que el Factor extensión es de 24,83 puntos.

El foco potencial se considera como activo por lo que el valor asignado a Fact es de 25 puntos. Ello debido principalmente a la presencia de una cocha con potencial contaminación, referido por el monitor ambiental durante los trabajos de campo, al cual se conectaría con el pozo SHIV-26.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos y la aplicación de la fórmula para Índice Foco, se obtiene un valor de 102,58 para el sitio S0112 (Sitio 35).

• Cálculo del NRS - I transporte

Dado que el sitio S0112 (Sitio 35) se ubica sobre Terrazas bajas eventualmente inundables, se otorga un valor de 18 puntos para el parámetro I_{inund} .

Para el cálculo del Índice de Transporte (escurrimiento), se obtuvieron los siguientes subcriterios:

Cuadro 4-76 Cálculo del I_{trans} (ESC)

Top	K	CV	I_{trans} (ESC)
0	0,50	0,33	0

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Siguiendo los criterios de la metodología, el valor 0 respecto a la topografía (Top) del lugar aplica a *sitios impactados en áreas menos elevada, sin capacidad de escurrimiento en superficie hacia otras zonas*. La topografía de la zona se presenta con poca pendiente, esta topografía no es la formada por procesos geológicos naturales ya que se encuentra alterada o modificada sobre todo en la zona de instalación de pozos de explotación.

La topografía de la zona presenta pequeñas lomadas con quebradas estacionarias tal como se constató por los técnicos que participaron en las épocas de campo durante las fases de muestreo. Respecto a la permeabilidad (K), este sitio está predominado por las arcillas, limos (cerca al pozo de explotación) y en las zonas cercanas a las quebradas por arenas. Presentando así una permeabilidad baja. Por otro lado, respecto a la retención de escurrimiento por cobertura vegetal (CV), se evidenció que hay vegetación que impide parcialmente o dificulta el escurrimiento en superficie. En función a ello, el resultado del parámetro I_{trans} (ESC) del sitio S0112 (Sitio 35) es 0.

Para el cálculo del Índice de transporte subterráneo, se tienen en cuenta los siguientes valores:

Cuadro 4-77 Cálculo del I_{trans} (SUBT)

PGw1	PGw2	I_{trans} (SUBT)
9	3	12

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Estos valores obedecen a las características físicas del sitio S0112 (Sitio 35), como profundidad del agua en épocas de lluvias que está entre 0 y 2 metros, y la textura del suelo de la zona con presencia de limos y arcillas. Para el Índice de transporte agua superficial, se otorga un puntaje de 18 puntos, dado que existen quebradas estacionarias en el sitio S0112 (Sitio 35).

Para el índice de transporte cadena trófica para el receptor ecológico se tiene un valor de 0, dado que en la zona no se realiza aprovechamiento de recursos, sin embargo, se pudo registrar actividad de recolección de frutos junto a ciertas especies sembradas en zonas de "purma", tales como *Citrus limón* "Limón", *Inga edulis* "Guaba", *Mauritia flexuosa* "Aguaje" y *Theobroma cacao* "Cacao", actividad evidenciada por restos de cáscaras, semillas y también entrevistas no estructuradas a los apoyos locales.

Teniendo en cuenta la información presentada, y aplicando la fórmula para el cálculo de Índice de transporte se obtiene un valor de 48 puntos.

• Cálculo del NRS I - Receptor

La evaluación del receptor ambiente se ha realizado teniendo en cuenta que el sitio S0112 (sitio 35) se encuentra fuera de categorías de protección, sin embargo, se ha identificado la existencia de la especie "*Pionites leucogaster*" comúnmente llamado Chirriclés vientre blanco, la misma que se encuentra en el Apéndice II del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y también se encuentra declarado con la categoría "En Peligro" en la lista del IUCN. Por tanto, el valor de la Categoría de Protección (RE1) es de 33,25 para el sitio S0112 (Sitio 35).

Para la evaluación se tiene en cuenta además que el emplazamiento del sitio S0112 (Sitio 35) se encuentra en un bosque de colina baja, definiéndose a este como la Presencia de Ecosistemas Frágiles (RE2=20); asimismo, está situado a una distancia mayor de 3 km a un ecosistema frágil (RE3).

Cuadro 4-78 Rangos del riesgo para I receptor ecológico

RE1	RE2	RE3	I receptor ecológico
33,25	20	0,5	26,63

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Teniendo en cuenta estos valores, el I receptor ecológico = 26,63

Finalmente, el Nivel de Riesgo por sustancias para el ambiente es de:

$$\text{NRS ambiente} = 58,48$$

De acuerdo con los rangos de los valores de riesgo establecidos en la metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados (ver Cuadro 4-78) se tiene que el escenario ecológico presenta un nivel de riesgo medio para el sitio S0112 (Sitio 35).

Cuadro 4-79 Rangos del riesgo para escenario ecológico

Rango del nivel de riesgo	Clasificación	Descripción
66,67 - 100	Nivel de riesgo alto	Existe una alta probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse afectadas por los contaminantes de preocupación evaluados.
33,34 – 66,66	Nivel de riesgo medio	Existe una mediana probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse afectadas por los contaminantes
1 – 33,33	Nivel de riesgo bajo	Existe baja probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse contaminantes evaluados.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Este nivel de riesgo está asociado a: la toxicidad de las sustancias presentes en el foco, la concentración de dichas sustancias, la extensión del sitio S0112 (Sitio 35) y el factor activo del foco. De hecho, en el sitio se identificaron focos potenciales de contaminación: hidrocarburo en suelo superficial, subsuelo a 40 cm con presencia de hidrocarburo e iridiscencia en suelo saturado, los mismos que por contacto directo se propagan al suelo, por disolución y dispersión se propagan al agua subterránea y por dispersión superficial podrían llegar al agua superficial.

Por otro lado, se resalta que, a pesar de existir un foco de contaminación activo, el sitio se desplaza sobre una topografía plana. Asimismo, otras variables que deducen un nivel de riesgo medio es que el sitio S0112 (Sitio 35) se encuentra fuera de una ANP; sin embargo, se está contemplando

dentro de su extensión a una sola especie considerada en categoría “En peligro”. Asimismo, no existen ecosistemas frágiles a menos de 3 km de distancia.

Para el caso de los sedimentos, aun cuando presentan metales, se considera “ambientalmente prudente” dejarlos en donde se encuentran, por los siguientes argumentos:

- Existen otras posibles fuentes de contaminación por metales distintas al sitio impactado, las cuales fueron referidas en el modelo conceptual inicial y en la caracterización. Remover del cauce de la quebrada los sedimentos pudiera no resultar en una eliminación de la contaminación.
- Esta incertidumbre acerca del posible origen de estos contaminantes, donde adicionalmente no se encontró peces en agua superficial, ni por evidencias en cambios en el componente hidrobiológico (en abundancia o diversidad al ser comparado con sistemas prístinos) fortalece la idea de mantener estos en el sitio.
- Los metales presentes en los sedimentos (Cr, As, Hg y Cu) así como los HAPs, en los puntos de muestreos aguas arriba y/o aguas abajo del sitio impactado, se presume que se encuentren retenidos o absorbidos por la matriz arcillosa de los sedimentos para el caso de los metales y por las arcillas y la materia orgánica para el caso de los HAPs.
- Efectuar la remoción de los sedimentos pudiera activar procesos químicos en los que se liberarán estos contaminantes, trasladándose aguas abajo, haciéndose biodisponibles para el componente biótico del sistema o transformarse en formas químicamente más reactivas como por ejemplo los organomercuriales (metil-mercurio).

D) Caracterización del riesgo para recursos naturales abióticos

• Riesgos para el suelo como recurso natural

La necesidad de considerar una estimación de los riesgos actuales y/o futuros que proceden de la contaminación en el sitio S0112 (Sitio 35) para los recursos naturales abióticos, se entiende como bienes que requieren una protección contra la contaminación; independientemente de su función como ruta de exposición para seres humanos, fauna y flora.

En base a ello y tal como se pudo observar en los resultados obtenidos en la fase de caracterización del sitio S0112 (Sitio 35), la mayor afectación se encuentra en el suelo por la fracción de hidrocarburos F2 y F3 en un rango de profundidades que va desde superficie hasta los 6,3 m, la cual fue evidente durante las labores de muestreo en el sitio, y de acuerdo a los resultados de laboratorio se tienen algunas concentraciones elevadas de metales pesados (bario, boro, cadmio y selenio). Asimismo, las aguas subterráneas presentan algunos CP (específicamente metales) los cuales pudieron haber sido aporte del suelo por lixiviación o por otras fuentes ajenas al derrame histórico del sitio; sin embargo, estos representan un riesgo aceptable para seres humanos (tal como se detalló en los ítems previos). Además, teniendo en cuenta la afectación por hidrocarburos en el suelo y el subsuelo (resultados de laboratorio), no se observó para este sitio una afectación hacia el agua subterránea ni superficial por estos CP.

• Riesgos para el suelo

Para poder estimar el riesgo a esta matriz ambiental, se tuvo en cuenta principalmente una serie de criterios expuestos en el Anexo H de la Guía ERSa; que involucra principalmente la biodegradación de estos contaminantes, la lixiviación, movilidad y contenido de los contaminantes en el suelo, etc. Estos criterios se aplicarán para cada uno de los CP encontrados en el suelo, y

según sus propiedades fisicoquímicas, así como las condiciones del medio en la que se encuentran, variará el grado del riesgo para cada una de ellos.

Cuadro 4-80 Criterios para estimar el riesgo en el suelo

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	No se evidencia ningún cambio en la matriz suelos, o se evidencian leves olores a HC.
	De Esperarse	Se evidencian olores pronunciados de HC volátiles y/o manchas de HC (borra) en el suelo.
	Probable	Se evidencian manchas oscuras de HC, manchas y/o presencia de HC viscoso en el estrato, así como olores pronunciados de HC volátil.
Biodisponibilidad del contaminante	No Probable	De acuerdo a la naturaleza del contaminante y las condiciones del medio que restringen su disponibilidad, el contaminante NO ESTA BIODISPONIBLE a posibles receptores bióticos.
	De Esperarse	De acuerdo a la naturaleza del contaminante y las condiciones del medio que restringen parcialmente su disponibilidad, el contaminante ESTA MEDIANAMENTE BIODISPONIBLE a posibles receptores bióticos.
	Probable	De acuerdo a la naturaleza del contaminante y las condiciones del medio en el que se encuentra, el contaminante ESTA BIODISPONIBLE a posibles receptores bióticos.
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, humedad, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una BAJA/NULA DISPERSIÓN
	De Esperarse	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una DISPERSIÓN MODERADA/REGULAR
	Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una ALTA DISPERSIÓN
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	No Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una BAJA MOVILIDAD
	De Esperarse	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una MOVILIDAD MEDIA
	Probable	Por las condiciones del entorno (pendiente, cobertura vegetal, suelo desnudo, etc.) y las propiedades del suelo (arcilloso, limoso, arenoso), el contaminante presenta una MOVILIDAD ALTA
Biodegradabilidad de los contaminantes	No Probable	ALTA/FAVORABLE BIODEGRADACIÓN. El medio presenta una tasa de permeabilidad baja, con recubrimiento en el sitio y condiciones para la proliferación bacteriana (oxígeno, M.O., etc.).

Cuadro 4-80 Criterios para estimar el riesgo en el suelo

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
(especialmente para compuestos orgánicos)	De Esperarse	MEDIA BIODEGRADACIÓN. El medio presenta una tasa de permeabilidad media, con recubrimiento parcial en el sitio y condiciones limitantes para la proliferación bacteriana (oxígeno, M.O., etc.).
	Probable	REDUCIDA BIODEGRADACIÓN. Se considera un medio saturado o en suelos con buena permeabilidad, sin recubrimiento en el sitio y donde la capacidad de biodegradación es despreciable
Contenido de contaminantes en el suelo	No Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia < 30% y relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia < 10
	De Esperarse	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia > 30% y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 10 pero < 20.
	Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia > 60% y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 20

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De acuerdo a la tabla anterior, se considerará para cada uno de los CP los criterios expuestos a fin de estimar el riesgo presente en esta matriz ambiental.

Fracción de Hidrocarburos F2 y F3

Se estimó un Riesgo No Probable para la Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) y Fracción F3 (C28-C40) respecto a su transporte y/o movilidad por volatilización, debido a su composición química (la cual tienden a ser más viscosos) y por ende tiene mayor probabilidad a infiltrarse por el subsuelo. Sin embargo, respecto a su contenido en la matriz suelos se contempló un Riesgo De Esperarse, dado que solo se tiene el 58,6 % del total de las muestras las cuales están contaminadas por estos CP (exceden el ECA Suelo).

Sin embargo, se consideró un Riesgo Probable respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles del sitio, toda vez que estos compuestos se registraron manchas (borra) en estratos hasta alcanzar una profundidad de 6,3 m. En cuanto a su biodisponibilidad esta, se encuentra parcialmente disponible por evidenciarse algunas manchas de este elemento en el suelo del sitio S0112 (sitio 35); toda vez que se encuentra en parte recubiertos por material arcilloso (el cual podría actuar como una especie de capa protectora hacia la superficie) y podría estar disponible a posibles receptores cercanos. Respecto a su movilidad hacia las aguas subterráneas, este compuesto puede llegar al nivel freático permaneciendo en la parte superior del acuífero por su densidad; sin embargo, no se tienen registros en aguas subterráneas de F2 y F3 por lo que solo se considera dicha probabilidad como un Riesgo de Esperarse.

En cuanto a su biodegradabilidad, se considera un Riesgo De Esperarse, debido a que el medio donde se encuentra este compuesto presenta una permeabilidad baja (dado que los suelos son en su mayoría Franco Arcillosos)^{III} así como una alta saturación en ciertas partes del sitio y

^{III} Resultados obtenidos en la fase de caracterización del Sitio S0112 por JCI-HGE, 2019.

compacidad media a alta, la cual limita un escenario donde los microorganismos puedan realizar una biorremediación aeróbica de este contaminante, sumándole también el bajo aporte de nutrientes en el suelo debido a la escasa representatividad del horizonte orgánico en el sitio.^{uuu}

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Respecto a la movilidad de los HAP's en el suelo, se consideró un riesgo representativo en función a cada uno de los compuestos que los conforman. De acuerdo a su composición y propiedades de estos CP, la USEPA ha señalado algunos HAP's los cuales presentan cierta movilidad en función a la cantidad de anillos:

- Naftalina (2 anillos): Movilidad Media.
- Acenafteno, Acenaftileno, Antracen, Fluoreno, Fenantreno (3 anillos): Movilidad Media.
- El resto de los HPA: Movilidad Baja a Muy Baja.

De acuerdo a su composición, se detalla cada uno de estos compuestos según su N° de anillos bencénicos:

Cuadro 4-81 Clasificación de los HAP's por el N° de anillos bencénicos

N.° Anillos	HAP's
2 anillos	Naftaleno, Metil-naftaleno
3 anillos	Acenaftileno, Acenaftaleno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno
4 anillos	Fluoranteno, Pireno, Benzo(a) antraceno, Criseno
≥ 5 Anillos	Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Benzo(a) pireno, Indeno(1,2,3-cd) pireno, Dibenz(a,h) antraceno, Benzo(ghi) perileno.

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Considerando estos criterios, se establecieron la movilidad para cada uno de estos CP presentes en el suelo del sitio S0112 (sitio 35).

Cuadro 4-82 Movilidad de los HAP's en el suelo

Contaminante de preocupación	Movilidad	Descripción
Naftaleno	Media	La movilidad disminuye a medida que aumenta el número de anillos de benceno. Tienen baja solubilidad en agua y baja volatilidad. Pueden ser arrastrados al agua subterránea cuando están adsorbidos en coloides.
Benzo (a) antraceno	Baja	
Benzo (b) fluoranteno	Baja	
Benceno	Media	
Fluoreno	Media	
Fenantreno	Media	

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Del cuadro anterior podemos deducir que existe un Riesgo De Esperarse para el Naftaleno, Benceno, Fluoreno y Fenantreno; toda vez que presentan una movilidad media debido a su composición y estructura química (número de anillos de benceno), los cuales tendrían la probabilidad de ser arrastrados hacia las aguas subterráneas. Caso contrario sucede con el Benzo

^{uuu} PNUD (2018) - Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB.

(a) antraceno y Benzo (b) fluoranteno cuya movilidad es baja, por lo cual se asume un Riesgo No Probable para estos CP hacia las aguas subterráneas.

Respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles, se registraron manchas y olores en ciertas zonas donde era visible la contaminación por hidrocarburos. Esto se evidenció en las labores de muestreo de suelos, donde la contaminación a nivel superficial (no mayor a 1 m) y subsuperficial (mayores a 1 m) presentaban olores perceptibles (al momento se sacaron las muestras con el barreno) y con las lecturas del *Photo Ionization Detector* (PID) superiores a 20 ppm (para algunos puntos de muestreo); por lo cual se consideró un Riesgo de Esperarse en relación a la movilidad del contaminante por volatilización ante una exposición de un posible receptor cercano al sitio S0112 (Sitio 35).

En cuanto a la biodisponibilidad, los HAP's por ser volátiles en su mayoría (de acuerdo a su estructura química), sin embargo, se ha considerado un Riesgo de Esperarse debido a que existen algunas limitantes que impiden su dispersión/volatilización; tal como el recubrimiento del derrame producido en el sitio, donde aquellas partes del suelo que presenten contenido del hidrocarburo podrían liberar estos CP hacia un posible receptor ecológico (siendo el más próximo la vegetación del lugar), así como la presión de vapor, temperatura atmosférica, su afinidad por las partículas atmosféricas^{vvv}, e incluso la fotoxidación a la que están expuestos en la atmósfera para su eliminación^{www}.

La biodegradabilidad de estos compuestos por lo general es media o baja, específicamente para aquellos HAP's de más de tres (3) anillos donde es limitada la biodegradación^{xxx}. Este proceso ocurre a través de una apertura oxidativa sucesiva de los anillos bencénicos hasta alcanzar una mineralización, lo cual ocurre en menor medida. Por lo cual se consideró un Riesgo De Esperarse de acuerdo a la biodegradabilidad de estos CP.

El contenido de HAP's en el suelo por lo general varían de acuerdo a cada uno de estos CP presentes en el suelo. Para el sitio S0112 (Sitio 35) se tiene los porcentajes de Benzo(a) antraceno (10,5 %), Benzo(b) fluoranteno (5,2 %), Naftaleno (21 %), Benceno (22,2 %), Fluoreno (36,8 %) y Fenantreno (52,6 %) que representan del total de las muestras las cuales están contaminadas por estos CP; a partir de acá se concluye que el riesgo para el Benzo(a) antraceno, Benzo(b) fluoranteno, Naftaleno y Benceno es No Probable; sin embargo, se tiene un riesgo De Esperarse para el Fluoreno y Fenantreno.

Metales pesados

En lo que respecta a metales pesados, se realizó la evaluación al Selenio y Boro, toda vez que fueron considerados como CP dado que sus respectivos UCL95 superaron los estándares canadienses (SQL). Teniendo en cuenta ello, los riesgos asociados a este elemento dependerán de sus propiedades químicas, así como las condiciones del medio en el que se encuentra.

Se consideró un Riesgo No Probable respecto a las alteraciones perceptibles por Selenio en el suelo, toda vez que no se identificaron cambios perceptibles en dicha matriz ambiental. Esto se pudo contrastar en las labores de muestreo, donde no se reportaron incidentes por contacto dérmico ante este CP (especialmente por óxidos de Se) el cual tiene el potencial de provocar

^{vvv} Baert, A. (2002). Comentarios acerca de los riesgos que entraña la recogida del petróleo del prestige y la limpieza de las aves, por si pudieran afectar al litoral francés, según los datos disponibles a 29 de noviembre de 2002.

^{www} Caballero López, S.N. & Alvarado Díaz, D. (2006). Análisis y determinación de la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) contenidos en el material particulado respirable (PM10) en la localidad de Puente Aranda de Bogotá en la zona de alta actividad industrial y alto flujo vehicular.

^{xxx} Anexo H, Ítem 3.4 de la Guía para la elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados.

quemaduras y/o irritación a la piel; sin embargo, estos eventos se producen muy rara vez^{yyy}. De la misma manera se considera el mismo nivel de riesgo para el boro y cromo total.

La movilidad de los metales pesados en el suelo está influenciada por el pH principalmente, donde la mayor solubilidad se da a bajos niveles de pH; sin embargo, para el selenio ocurre todo lo contrario, toda vez que su solubilidad aumenta a niveles de pH por arriba de 5. En este sentido, se considera un Riesgo De Esperarse de este CP, dado a que el pH en el suelo del sitio S0112 (Sitio 35) oscila entre 7,35 a 7,50. Respecto al boro, la movilidad es indirectamente proporcional al aumento del pH, donde la retención de este metal se produce por influencia de los óxidos de aluminio y hierro y el aumento de pH entre 6 a 8^{zzz}; por lo tanto, se considera un Riesgo No Probable dado que podrían tener una nula movilidad en el suelo. Teniendo en cuenta que el pH en el sitio S0112 (Sitio 35) oscila entre 7,35 a 7,50 más los ensayos de TCLP; se determinó un Riesgo No Probable para el Cromo Total el cual podría presentar una movilidad baja, específicamente en Cr⁻⁶ el cual es más soluble y móvil en el suelo respecto al Cr⁺³.

En cuanto a su biodisponibilidad, se entiende a la fracción de este elemento el cual se encuentra disponible hacia un receptor (ser vivo) condicionado por las características del medio. Asimismo, el contenido Selenio se ha presentado en varias muestras de suelo cuyo rango de concentraciones oscila entre 0,221 a 3,9 mg/kg; sin embargo, de acuerdo con Kabata-Pendias (1992) sostiene que la ocurrencia de este metal se deba a los suelos ácidos, gleyzados donde predominan los seleniuros y sulfuros de selenio, siendo ligeramente móviles; además de estar disponibles para las plantas, esta desorción se encuentra afectada por la presencia de otros aniones y cationes presentes en el suelo, como el caso de los fosfatos^{aaaa}. Para el boro, su biodisponibilidad es reducida dado que se ve influenciada por el pH del suelo, donde su aumento hace que la disponibilidad del boro disminuya para las plantas, siendo el ácido bórico [B(OH)³] y borato [B(OH)⁴⁻] las especies asimilables y sus proporciones en el equilibrio de la solución varían con el pH (Golberg, 1997)²⁸. Por esta razón se considera un Riesgo No Probable para ambos metales, en relación al sitio S0112 (Sitio 35). Sin embargo, de acuerdo a las condiciones del suelo el cromo total presenta un Riesgo De Esperarse a estar biodisponible hacia un posible receptor.

Respecto a la movilidad de boro, selenio y cromo total por dispersión atmosférica, se tiene en cuenta las condiciones topográficas del sitio S0112 (Sitio 35); que a pesar de presentar una reducida área desnuda se tiene una barrera natural (vegetación) frondosa alrededor del sitio la cual impide dicha dispersión en el entorno, por lo cual representaría un Riesgo No Probable la dispersión atmosférica de estos CP.

Por último, el selenio presentó un 85,2 %, el boro un 87,5 % y el cromo total un 9 % del total de las muestras las cuales superan el estándar canadiense (SQL). Sin embargo, teniendo en cuenta que su distribución y presencia se debe por los criterios ya expuestos (condiciones del medio), se contempló un Riesgo De Esperarse para este escenario, excepto el cromo total el cual presenta un Riesgo No Probable.

^{yyy} Nordberg, G. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid, SEAS, 2001.

^{zzz} Malavé Acuña, A. (2005). Los suelos como fuente de boro para las plantas. Revista UDO Agrícola 5 (1): 10-26. 2005.

^{aaaa} Matamoros-Veloza, A. (2001). Spatial distribution and geochemistry of selenium in soils of Utica and Villeta municipalities.

Cuadro 4-83 Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP

Contaminantes de preocupación para la matriz suelos											
Rango del nivel de riesgo	Selenio	Boro	Cromo Total	Fracción C10-C28	Fracción C28-C40	Benzo (b) fluoranteno	Benzo (a) antraceno	Fenantreno	Naftaleno	Fluoreno	Benceno
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	No Probable	No Probable	Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Biodisponibilidad del contaminante	No Probable	No Probable	De Esperarse	Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	No Probable	No Probable	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	De Esperarse	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Biodegradabilidad de los contaminantes (especialmente para compuestos orgánicos)	-	-	-	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Contenido de contaminantes en el suelo	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	No Probable	De Esperarse	No Probable	De Esperarse	No Probable

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N.º 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De la evaluación de riesgos para el suelo (recurso natural abiótico) se puede observar que la presencia de la Fracción de Hidrocarburos F2 (C10 - C28) y F3 (C28 - C40) representan un Riesgo Probable, y en menor medida los HAP's con un Riesgo De Esperarse (entendiéndose como una posibilidad de que ocurra un riesgo) a esta matriz ambiental, en base a los riesgos individuales que presentan cada CP y asumiendo el riesgo más conservador en el sitio S0112 (sitio 35). es importante recalcar que este riesgo contempla una evaluación cualitativa en base a la información recopilada en campo, además de tener en cuenta las posibles rutas de exposición “suelo-agua-ser humano” para el caso de posible lixiviación de los CP, así como la ruta “suelo-polvos-aire-ser humano” para el caso de posible dispersión / volatilización de los CP evaluados.

- **Riesgo para el agua subterránea**

Para el agua subterránea se han encontrado concentraciones de Aluminio, Hierro y Manganeso que exceden los estándares canadienses (Alberta Tier 1) por lo cual fueron determinados como CP en esta matriz ambiental (donde el UCL95 también supera el estándar canadiense). Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos elementos se encuentran presentes en el suelo en grandes cantidades (de acuerdo a los resultados de la fase de caracterización), además se considera un aporte de dichos elementos por lixiviación desde el subsuelo hacia las aguas subterráneas.

Teniendo en cuenta que esta movilidad podría estar medianamente influenciada por el pH del sitio (7,35 a 7,50), la textura del suelo (franco-arcillosa) la cual condicione la transmisividad del flujo subterráneo (pueda transportar dichos CP) entre otras características, la presencia de estos metales se deba a las condiciones naturales del sitio S0112 (sitio 35) y no necesariamente impliquen un riesgo como tal, producto de una afectación antrópica. Respecto al Arsénico y Cobre, a pesar de haber sido determinado como CP en esta matriz ambiental, presenta una vía incompleta hacia posibles receptores ecológicos en el sitio; y en caso de los receptores industriales de la Batería Huayurí y la CN José Olaya, se tiene un Riesgo No Probable para estos CP.

- **Riesgos para sedimentos**

Con relación a los sedimentos, se considerará el contenido de contaminantes en sedimentos, el cual se registrará bajo el mismo criterio adoptado en el contenido de contaminantes en el suelo:

Cuadro 4-84 Determinación del riesgo para sedimentos por CP

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
Contenido de contaminantes en sedimentos	No Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia < 30 % y relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia < 10.
	De Esperarse	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia (> 30 % y < 60 %) y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 10 pero < 20.
	Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia > 60 % y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 20.

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 034-2015-MINAM).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En lo que respecta a la presencia de Arsénico en sedimentos, se tiene que el 66,6 % de las muestras (1 sola muestra) exceden los Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG), de la misma manera el Cromo Total con un 25 %; sin embargo, de acuerdo a la evaluación ecológica se determinó una potencial afectación a la comunidad béntica por las concentraciones presentes de este CP en sedimentos; por lo que se deduciría un Riesgo Probable. Por último, el Cobre tiene el 8,3 % de las muestras (solo 1 muestra) que exceden los ISQG, por lo que se considera un Riesgo No Probable para este CP.

Respecto a los HAP's: Benzo(a) antraceno (9 %), benzo(e) pireno (9 %), fenantreno (9 %), fluoreno (9 %), y naftaleno (18 %) presentan diferentes porcentajes de muestras que exceden los Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG); por lo que se consideró un Riesgo No Probable para estos CP.

Por último, la sumatoria total de TPH máxima registrada fue de 1 506 mg/kg como sumatoria de los valores de 878 mg/kg y 628 mg/kg de F2 y F3 respectivamente en la estación S0112-Sed005, sobrepasando el valor máximo establecido por Pettigrove y Hoffman (2005) de 860 mg/kg. Por lo tanto, se considera un Riesgo Probable para estos CP hacia posibles receptores cercanos.

Para el caso de los sedimentos, aun cuando presentan metales, se considera “ambientalmente prudente” dejarlos en donde se encuentran, por los siguientes argumentos:

- Existen otras posibles fuentes de contaminación por metales distintas al sitio impactado, las cuales fueron referidas en el modelo conceptual inicial y en la caracterización. Remover del cauce de la quebrada los sedimentos pudiera no resultar en una eliminación de la contaminación.
- Esta incertidumbre acerca del posible origen de estos contaminantes, donde adicionalmente no se encontró peces en agua superficial, ni por evidencias en cambios en el componente hidrobiológico (en abundancia o diversidad al ser comparado con sistemas prístinos) fortalece la idea de mantener estos en el sitio.
- Los metales presentes en los sedimentos (Cr, As, Hg y Cu) así como los HAPs, en los puntos de muestreos aguas arriba y/o aguas abajo del sitio impactado, se presume que se encuentren retenidos o absorbidos por la matriz arcillosa de los sedimentos para el caso de los metales y por las arcillas y la materia orgánica para el caso de los HAPs.
- Efectuar la remoción de los sedimentos pudiera activar procesos químicos en los que se liberarán estos contaminantes, trasladándose aguas abajo, haciéndose biodisponibles para el componente biótico del sistema o transformarse en formas químicamente más reactivas como por ejemplo los organomercuriales (metil-mercurio).

E) Resumen del análisis de riesgos

• Riesgo cancerígeno para el escenario humano

Se determinó si la exposición a la que se encontraron los receptores identificados para los CP (categorizados como sustancias cancerígenas), se encuentra dentro del rango de riesgo aceptable para los tres (3) escenarios planteados y por rutas de exposición.

Los CP categorizados como sustancias cancerígenas para suelos fueron benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno y benceno; y para sedimentos las sustancias cancerígenas categorizadas fueron el arsénico y benzo (a) antraceno.

Para el escenario humano 1 (poblador local - trabajadores industriales) los cálculos del IR integral por vía de exposición (IR_i), indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por exposición, pues el valor del IR_i es de $1,45E-07$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $1,45E-07$ para la vía de exposición por ingestión; y de $4,11E-10$ para la vía de exposición por inhalación de partículas, valores muy alejados al RVEC ($1,0E-5$), sienten un riesgo aceptable.

Respecto al escenario humano 2 (poblador local - cazador y/o pescador esporádico), el índice de Riesgo Total (IRT) representa un riesgo inaceptable para el receptor adulto con un IRT de $4,17E-4$ y un IRT $1,54E-04$ para el receptor niño, índices superiores al RVEC ($1,0E-5$); es importante resaltar, que la exposición por ingestión de agua superficial que cuenta como CP al arsénico, es el responsable que el índice de riesgo por sustancias cancerígenas represente un riesgo inaceptable, dado que los índices de riesgos individuales de las matrices suelos y sedimentos representan un riesgo aceptable.

Para el escenario humano 3 (poblador local – C.N. José Olaya) no se determinaron índices de riesgo (IR) por exposición a benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno de la matriz suelos; y arsénico y benzo (a) antraceno para la matriz sedimentos de agua superficial, pues los HAPs [benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno] presentan una solubilidad acuosa muy baja o prácticamente insolubles en agua; además, tiene una gran afinidad por la materia orgánica, por lo que tienden a permanecer enlazados a partículas de suelo y se disuelven muy lentamente en agua. Asimismo, el Arsénico (As), no fue considerado para la evaluación del riesgo cancerígeno, pues no existe una ruta de exposición completa entre la fuente secundaria (sedimentos afectados) y el receptor humano 3.

Respecto al Benceno a pesar de su alta solubilidad en agua y la profundidad del nivel freático favorable para la migración de este compuesto al agua subterránea, no se pudo calcular el índice de riesgo (IR) por contacto dérmico e ingestión de agua superficial, debido a que no se determinó el Factor de Atenuación Natural (NAF), el cual representa el efecto de varios factores de dilución y atenuación para reducir las concentraciones del CP durante el transporte por los distintos medios (suelo, subsuelo, agua subterránea, agua superficial). En el Anexo 6.6.5 se observa que el valor del NAF no aplica para el CP Benceno, pues se estima que no excederá el límite de exposición para ese punto de exposición (distancia de 11,7 km).

En líneas generales para los escenarios de caracterización del riesgo cancerígeno, el índice de riesgo total (IR_T) para el escenario 1 (trabajadores industriales) es de $2,90E-7$ (riesgo aceptable); para el escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos), es de $4,17E-04$ (riesgo inaceptable) y $1,54E-4$ (riesgo inaceptable) para el receptor adulto y niño respectivamente; y para los pobladores de la CN José Olaya, no se determinó una ruta de exposición completa por lo descrito en los párrafos anteriores.

- **Riesgo no cancerígeno para el escenario humano**

Se determinó si la exposición a la que se encontraron los receptores identificados para los CP (caracterizados como no cancerígenos), rebasa el umbral o valores límite a los que se espera que no se tengan efectos adversos (coeficiente de peligrosidad = 1).

En suelos los CP categorizados como no cancerígenos fueron TPH C12-C28 (fracción F2), TPH C28-C35 (fracción F3), Selenio, Boro, Cromo Total, Naftaleno, Fenantreno en la matriz de suelos; y Bario, Cobre, Cromo Total, Fenantreno, Fluoreno y Naftaleno en la matriz sedimentos. Adicionalmente se evaluaron las sustancias cancerígenas arsénico y benzo (a) antraceno de la matriz sedimentos.

Para el escenario humano 1 (poblador local – trabajador industrial) los cálculos del IP integral por vía de exposición (IP_j), indican que no existe peligro por exposición, pues el valor del IP_j es de $7,30E-01$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $5,37E-01$ para la vía de exposición por ingestión; y de $2,78E-02$, para la vía de exposición por inhalación de partículas, valores inferiores al cociente de 1, siendo un riesgo aceptable. Sin embargo, el Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, presenta un valor de 1,30, lo cual representa un riesgo preocupante, ya que este índice es superior al cociente de peligrosidad.

Respecto al escenario humano 2 (poblador local - cazadores y pescadores esporádicos), los índices de peligrosidad total (IPT) presenta un riesgo preocupante tanto para el receptor adulto y niño, dado que se estimó un IPT de 1,5 para el receptor adulto y un IPT de 3,4 para el receptor niño, estos índices son superiores al cociente de peligrosidad fijado en la unidad (1).

La vía de exposición de ingestión accidental y contacto dérmico (inmersión) de aguas superficiales, ha sido evaluado únicamente para el escenario humano 3, pues la población de la CN José Olaya se expone al agua superficial del río Corrientes para fines recreativos (nadar, lavar, bañarse y/o consumo de pescado), existiendo una probable ruta de exposición completa entre los contaminantes del foco de contaminación y los receptores, planteando que los CP del suelo (específicamente el Benceno) lixivia hacia las aguas subterráneas, para luego descargar y aflorar en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el río Corrientes; caso contrario para los escenarios humano 1 y 2, ya que no existe una ruta de exposición completa entre estos receptores el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado y la profundidad media del nivel freático es de 1,6 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto con los contaminantes presentes en el sitio. De esta evaluación se determinó que las dosis de exposición de Benceno por ingestión de agua superficial afectada no representan un riesgo de efectos tóxicos para el receptor humano 3 (C.N. José Olaya); además, no se pudo calcular el cociente de peligrosidad por contacto dérmico de agua superficial, debido a que no se determinó el Factor de Atenuación Natural (NAF), el cual representa el efecto de varios factores de dilución y atenuación para reducir las concentraciones del CP durante el transporte por los distintos medios (suelo, subsuelo, agua subterránea, agua superficial). En el Anexo 6.6.5 se observa que el valor del NAF no aplica para el CP Benceno, pues se estima que no excederá el límite de exposición para ese punto de exposición (distancia de 11,7 km). El índice de peligrosidad total (IPT) es inferior al cociente de peligrosidad.

En líneas generales para los tres (3) escenarios de caracterización del riesgo no cancerígeno, el índice de peligrosidad total (IPT) para los trabajadores de la Batería Shiviayacu es de 1,3 (riesgo preocupante); para el pescador y cazador esporádico adulto es de 1,5 (riesgo preocupante); para el pescador y cazador niño es de 3,4 (riesgo preocupante) y para los pobladores de la CN José Olaya, el IPT es de 0 (riesgo aceptable).

Es preciso indicar que para realizar el cálculo de la exposición del escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos), con base en las mediciones de contaminantes en pescado, se usa como valor de referencia el concepto de Ingesta Diaria Admisible o IDA (dosis en el que un receptor humano puede estar expuesto en función de su peso corporal por vía oral a una sustancia determinada sin que eso represente un riesgo no aceptable para su salud); sin embargo, no se calculó un Índice de Riesgo Total, dado los diferentes mecanismos de daño de los CP.

• Cuadro Resumen del riesgo en el ambiente y la salud de las personas

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de resultados de la evaluación de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico:

Cuadro 4-85 Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico

ESCENARIO	CATEGORIAS DE RIESGO POR ESCENARIO					
1. HUMANO	Riesgo Cancerígeno			Riesgo No Cancerígeno		
	Aceptable	Aceptable en caso excepcionales	Inaceptable	Aceptable	Preocupante	Muy elevado
	X				X	
			X		X	
			X		X	
Escenario Humano 1: Poblador Local - Trabajador Industrial	X				X	
Escenario Humano 2A: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico “Adulto”			X		X	
Escenario Humano 2B: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico “Niño”			X		X	
Escenario Humano 3: Poblador Local – Residente de la CN José Olaya	X			X		
2. ECOLÓGICO	Riesgo Ecológico			-		
Receptores ecológicos	Alto	Medio	Bajo			
		X				
3. ABIÓTICO	Riesgo Abiótico			-		
Suelo	No Probable	De esperarse	Probable			
		X	X			
	X					
	X					

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.11 Análisis de incertidumbres incluyendo los aspectos relacionados de los costos estimados.

Tal como lo indica la guía ERSA, la complejidad de muchas variables que intervienen durante el proceso de evaluación de riesgos genera que existan múltiples incertidumbres que de algún modo pueden afectar en la fiabilidad de los resultados obtenidos. La evaluación del riesgo está relacionada a los escenarios de exposición planteados y que probablemente resulten en estimaciones conservadores de los riesgos a los receptores.

A continuación, se citan las principales incertidumbres asociadas al desarrollo del presente ERSA, las cuales se originaron por distintas causas como son la falta de información, las simplificaciones, inferencias, suposiciones hechas para hacer factible el análisis.

- Existe la inferencia de caracterizar las fuentes secundarias a partir de una red de muestreo pequeña, como en las matrices ambientales de agua superficial, sedimentos y agua subterránea.
- Para el análisis de riesgo humano se ha considerado parámetros de exposición estandarizados para los escenarios más vulnerables del receptor de la C. N José Olaya; sin embargo, esto representa una incertidumbre, dado que los efectos a la salud causados varían entre individuos debido a su exposición (dosis de exposición, peso corporal, duración, entre otros), así como su respuesta del individuo (edad, diferencias genéticas, entre otros).
- El análisis de riesgo para humanos por exposición a los contaminantes del S0112 (Sitio 35) cuenta con una incertidumbre de escenario, dado que no se han evaluado todos los patrones de comportamiento de los pobladores de la C.N José Olaya potencialmente expuestos, sino que se priorizó la evaluación de los escenarios más vulnerables, como el escenario de niño cazador y pescador o el trabajador industrial, ambos receptores en el sitio (in situ)
- Asimismo, existe incertidumbre en el uso de modelos por falta de información, debido a que se depende de una analogía de transporte de contaminantes, principalmente en base a los resultados analíticos de las matrices ambientales suelo, sedimento, agua superficial, sedimentos, siendo el muestreo de suelo la única matriz que contó con una red lo suficientemente representativa.
- No existen estudios toxicológicos que reflejen la respuesta a la exposición de sustancias peligrosas, ya sean cancerígenas y no cancerígenas, de la población local, siendo necesario para el presente análisis de riesgos el uso de datos sustitutos de estudios toxicológicos realizados por agencias internacional como la IRIS, IARC, entre otros, incrementado la incertidumbre del estudio de evaluación de riesgos, dado que gran parte de estos estudios fueron desarrollados en animales y no hay certeza sobre si los seres humanos se verán afectados al igual que los animales. El problema de los estudios experimentales con animales o de estudios in vitro es la incertidumbre ligada a la extrapolación de los datos a humanos.
- Se asume que la exposición para todos los individuos de la población del C.N José Olaya es igual para cada escenario evaluado, siendo una incertidumbre moderada, pues no se cuenta con el nivel exacto de la exposición, pero sin con una aproximación.
- Los resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes pudieran no reflejar la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la evaluación solo se restringe específicamente al sitio impactado y no evalúa la exposición a todos los sitios impactados o a pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando un nivel de incertidumbre moderado ya que no permite evaluar el

riesgo acumulativo o sinérgico, pero permite la posibilidad de desarrollar medidas correctivas, con la finalidad de reducir el impacto acumulativo a futuro.

Además de la descripción de los factores de incertidumbres asociados a la evaluación del riesgo, en el Cuadro 4-87 se presenta la valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres para cada uno de los aspectos considerados, cuyos rangos de porcentaje por nivel de incertidumbre se presentan en el Cuadro 4-86, ello a fin de establecer rangos de incertidumbres de manera cuantitativa.

Cuadro 4-86 Rangos de incertidumbres

Rango (%)	Valoración
0 – 33	Baja
34 – 66	Moderada
67 - 100	Alta

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

A) Incertidumbres asociadas al modelo conceptual

- Determinación de los CP**

La selección de los CP se realizó usando la metodología descrita en el ítem 4.2.1, la misma que establece una comparación analítica entre las concentraciones reportadas para las distintas matrices ambientales y normativas de referencia legal nacional (ECA's), en el caso de no contar con un criterio de referencia nacional se optó por una comparación analítica con criterios establecidos en normativas internacionales. Por ejemplo, para el caso del suelo se observó que la normativa de referencia internacional utilizada para la comparación analítica (Canadian SQG), es mucho más restrictiva que los ECA suelos de Perú y contempla otros contaminantes no regulados por la norma peruana; por lo tanto, puede existir una sobreestimación de las concentraciones que superaron dichos criterios, ya que las normativas se han desarrollado en función de las características de las matrices de cada país de origen. A esto debe sumarse que, varios CP fueron excluidos durante la categorización del riesgo al no encontrar criterios de referencia tanto en ECA como en los niveles de referencia internacionales.

Para la determinación de los CP para la matriz sedimentos, para el escenario humano, se utilizaron dos (2) normativas internacionales: la *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* – ISQG y la *Dutch Target and Intervention Values*, esta última para Bario dado que la primera no cuenta con un estándar para dicho parámetro. Esto hace posible la sobreestimación del riesgo ya que se utilizó las concentraciones nacionales de fondo (*National background concentrations*) de Holanda (160 mg/kg), a pesar que la misma normativa establece valores de intervención de remediación de sedimentos fijado en 625 mg/kg.

En lo que respecta al escenario ecológico (abiótico), se pudo haber sobrestimado la definición de los CP; toda vez que ciertos parámetros como el Aluminio, Hierro y Manganeseo en aguas subterráneas que si bien es cierto sobrepasaron el estándar canadiense, podría atribuirse a la predominancia de estos elementos en los suelos arcillosos como el caso del sitio S0112 (Sitio 35) los cuales presentaron elevadas concentraciones de estos elementos. Sin embargo, considerando el bajo pH del suelo y las fuertes lluvias, puede atribuirse un lavado de estos elementos los cuales

puedan estar lixiviando al subsuelo, y por consiguiente a la napa freática; debido a las condiciones normales del sitio.

Para el caso del sitio S0112 (Sitio 35), se tiene que el 83 % de los parámetros establecidos como CP fueron comparados con normas internacionales, tal es así que su nivel de incertidumbre es Alto.

- **Fuentes secundarias**

Se consideraron como fuentes secundarias (foco) a suelos, agua superficial y sedimentos afectadas, excluyéndose a aguas subterráneas, debido a que no se observó una relación en las concentraciones reportadas para cada una de las matrices ambientales. Bajo este concepto, se asumió que las aguas subterráneas aún no entran en contacto con las fuentes secundarias, o simplemente no tienen relación entre sí, sin embargo, la información analítica de estas matrices es insuficiente, pudiendo generar una subestimación del riesgo respecto a las matrices excluidas.

Se desconoce la calidad del agua subterránea en las zonas donde se encuentran las mayores concentraciones de hidrocarburos en suelos.

Para el caso del sitio S0112 (Sitio 35), el 50 % de las matrices evaluadas tienen una relación en las concentraciones reportadas, por lo cual su nivel de incertidumbre es Moderado.

- **Receptores**

Se conoce que el ingreso al foco de contaminación es de difícil acceso, sin embargo, se asumió un posible ingreso de los receptores humanos al sitio, con la finalidad de evaluar el escenario más crítico. Los escenarios humanos de trabajadores industriales y cazadores y/o pescadores esporádicos presentan una incertidumbre baja, dado que en el análisis de riesgos para estos receptores se identificaron y evaluaron una mayor cantidad de rutas de exposición completas entre los receptores y el foco de contaminación, evitando la subestimación del riesgo, pero probablemente sobreestimando el riesgo.

No es posible cuantificar el nivel de riesgo para el escenario residencial (escenario humano 3) por exposición “directa” con los contaminantes del sitio impactado, debido a la distancia de 11,7 km entre el foco de contaminación y el principal asentamiento de la CN Nativa José Olaya, por tal razón se ha evaluado la exposición “indirecta” a través del agua superficial de los ríos cercanos a la CN que actúan como medios de transporte de las aguas superficiales y subterráneas afectadas con los contaminantes del sitio impactado, lo cual representa un nivel de incertidumbre moderada.

En el caso del escenario ecológico, no se tiene indicadores para definir con certeza el grado de contaminación presente en la flora y fauna. Si bien es cierto que en las muestras de peces se han registrado concentraciones de bario total y cadmio, estas sustancias podrían relacionarse más por posibles aportes de aguas de reinyección (eventos recientes) que por el derrame producido hace más de 30 años. Hay que tener en cuenta también que durante las labores de muestreo no se ha recopilado en algunos casos suficiente muestra de tejido muscular, por lo que se ha tenido que formar una muestra compuesta (producto del barrido con la red de pesca) en el cuerpo de agua presente en el sitio S0112 (Sitio 35).

Sin embargo, dado que en el sitio S0112 (Sitio 35) se contó con evaluación hidrobiológica completa (incluidos peces), se considera una incertidumbre baja. Es importante mencionar que los datos ecotoxicológicos usados para la determinación de toxicidad en organismos acuáticos (bentos, fitoplancton, zooplancton y peces), fueron llevados a cabo muchos de ellos en condiciones de laboratorio, y con especies análogas, por lo que el nivel de incertidumbre con respecto a estos

datos es alto. Es necesario realizar ensayos toxicológicos en especies presentes en la zona, para reducir esta incertidumbre.

- **Uso del suelo**

Se supuso que para un futuro el suelo tendrá el mismo uso actual. Ello dado que el sitio se encuentra dentro de un área operativa (Batería Shiviyaçu), de lo cual se infiere que su uso se mantendrá. Por tanto, la incertidumbre es baja.

- **Usos del cuerpo de agua superficial**

Se asumió que existe una descarga de aguas subterráneas a las aguas superficiales (río Corrientes) que son aprovechadas para usos con fines recreativos por la C. N. José Olaya. Esta relación entre las matrices ambientales mencionadas es desconocida, por lo tanto, puede existir una sobreestimación del riesgo.

De acuerdo a la distancia entre el sitio y la C. N. José Olaya se ha establecido el nivel de incertidumbre, para lo cual se han establecido los mismos rangos empleados para el aspecto receptor humano (población CN José Olaya), por lo que le corresponde un nivel de incertidumbre moderado.

B) Incertidumbres asociadas a la caracterización del sitio

- **Muestreo**

Para las matrices aguas subterráneas y aguas superficiales se recolectaron únicamente dos tipos de muestras (aguas arriba y aguas abajo), siendo esta información insuficiente para caracterizar el sitio y por ende no son representativas.

La red de muestreo de las matrices agua superficial, sedimentos y agua subterránea fue insuficiente para determinar el UCL95.

Los resultados de las muestras duplicadas de suelos no se incluyeron durante la determinación de los CP; sin embargo, estas sirvieron de referencia a fin de confirmar ciertas concentraciones de las muestras tomadas que puedan interpretarse como anómalas o que puedan generar incertidumbres en la interpretación de los resultados. Para el caso de las muestras de nivel de fondo, estas representan concentraciones en condiciones normales del sitio la cual refleja su distribución normal de estos contaminantes en el suelo.

Para la estimación del número de sondeos de detalle, se empleó la Tabla N° 6 de la Guía de Muestreo de Suelos, tomando como base el número de muestreos de Identificación respecto al área del sitio; en algunos casos se tuvo que realizar una interpolación para determinar la cantidad de sondeos que no estaban plasmadas específicamente en dicha tabla, determinándose un número de sondeos según lo establecido por la Guía, por lo cual el nivel de incertidumbre es bajo.

- **Atenuación Natural**

Se asume una biodegradación de los CP en las distintas matrices, pudiendo existir una sobrestimación en las concentraciones a futuro. Esto aplicaría para algunos CP de tipo orgánicos presentes en el suelo, los cuales podrían biodegradarse por acción bacteriana, o también por procesos de fitovolatilización de estos compuestos por acción de la flora presente del sitio S0112 (Sitio 35); o también por los procesos de meteorización física (erosión) entre otros. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se cuenta a detalle de determinadas especies propias del clima tropical las cuales puedan presentar dicho potencial de biodegradar estos componentes; tan solo

se cuenta con investigaciones puntuales sobre el potencial que presentan algunas especies vegetales, las cuales han tenido resultados en distintas condiciones a las que se encuentran estas especies edénicas.

Para el caso del sitio S0112 (Sitio 35), del total de CP evaluados, se tiene que el 45 % son de tipo orgánico por lo que se considera una incertidumbre moderada.

- **GAP's de información**

La metodología seleccionada para el análisis de riesgo de los seres humanos es la Risk Based Corrective Action (Acción Correctiva basada en Riesgos – RBCA, por sus siglas en inglés), propuesta por la ASTM, fue desarrollada con la finalidad de tomar decisiones coherentes para la evaluación y respuesta ante una fuga de petróleo, basado en la protección de la salud de los seres humanos y el ambiente. Como se menciona la aplicación de la metodología RBCA es para derrames de petróleo y no específicamente para sitios impactados, dado que difieren con los primeros en cuanto complejidad, en características físicas y químicas y en lo que respecta al riesgo que puedan representar, entendiéndose la aplicación de la metodología como una incertidumbre moderada.

El software RBCA Toolkit para el escenario humano requiere información específica del sitio con la finalidad de establecer el comportamiento del subsuelo en función de sus características fisicoquímicas. A pesar de contar con la mayor parte de información, ciertos parámetros fueron obtenidos de literatura (entiéndanse estos como datos de entrada como el Tiempo promedio para el flujo de vapor, Tasa de ingestión de agua, Tasa de ingestión de suelo, Ingestión de agua durante la inmersión, etc.), por lo que, estos al no corresponder precisamente al sitio de estudio puede generar incertidumbre en la determinación del riesgo; toda vez que hay escenarios puntuales y muy particulares donde las condiciones no necesariamente tienen un comportamiento ya predefinido por el RBCA, lo cual podría generar un sesgo en la definición y caracterización del riesgo para los distintos escenarios evaluados.

Durante el uso del software RBCA, de los 28 datos requeridos, el 79 % de los datos fueron datos reales, por lo que la incertidumbre es baja.

El software RBCA Toolkit no permite evaluar el riesgo por exposición a sedimentos afectados; sin embargo, para la estimación del riesgo por exposición a los CP de esta matriz ambiental se utilizó el software RBCA Toolkit, siendo probable la subestimación o sobreestimación del riesgo, por tratar a los sedimentos como suelo superficial y dado que la disponibilidad de contaminantes es diferente.

C) Incertidumbres sobre los efectos de los contaminantes

- **Toxicidad**

Para la evaluación de riesgos en el escenario humano se utilizó tanto información de la guía ERSA como la información de la literatura preestablecida por el software RBCA; por lo tanto, se desconoce si pueda existir una sobrestimación o subestimación de los resultados de riesgo. Asimismo, hay que tener en cuenta que muchos de los compuestos analizados no podrían verse asociados a los derrames históricos producidos, sino más bien a eventos recientes; dado a su tasa de biodegradabilidad que en algunos casos no exceden a un (1) año.

Dentro de estas incertidumbres es importante tener presente que no son conocidos todos los efectos sobre la salud que producen los CP ya sean de origen natural o de origen antrópico. Esta limitación produce una incertidumbre inherente a cualquier intento de cuantificar el riesgo para la

salud de una población expuesta, por lo que tiene un carácter genérico al desarrollo de cualquier evaluación de riesgos.

Para la estimación del riesgo cancerígeno y no cancerígeno, para el escenario humano, se está optando por una postura conservadora con la finalidad de que no se subestime el riesgo, dado que la información de estudios epidemiológicos y toxicológicos utilizados como base de datos, en su mayoría, son resultados de pruebas realizadas en animales, extrapolando los riesgos a los seres humanos.

Para el caso del sitio S0112 (Sitio 35), solo el arsénico está definido como cancerígeno para el escenario humano, todos los demás CP identificados están dentro del Grupo 2A y 2B, probablemente y posiblemente carcinógenos en humanos, respectivamente; de acuerdo a International Agency for Research on Cancer (IARC). Por ello, el nivel de incertidumbre es de nivel moderado. Se precisa que de estar dentro del Grupo 1, la incertidumbre sería baja.

- **Biodisponibilidad**

No se contó con información de biodisponibilidad para todos los CP identificados, pudiendo generarse una subestimación o sobrestimación del riesgo. Dado que no se contó con dicha data, la incertidumbre para todos los casos es Alta.

- **Efectos por mezclas químicas**

Se asumieron efectos aditivos de los CP para las matrices evaluadas excepto para peces, toda vez que estos compuestos presentan diferentes mecanismos de daño en una misma vía (ingestión de peces). Por otro lado, no se consideraron los efectos sinérgicos o antagonistas, pudiendo generarse una sobrestimación o subestimación del riesgo.

Al emplearse sólo un efecto (efecto aditivo) mas no sinérgico ni antagonista, se considera una incertidumbre alta.

- **Sustituciones en TPH's**

Para la evaluación de riesgo humano se utilizó el software RBCA que no cuenta en su base datos las cadenas de Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) y F3 (C28-C40) identificadas como CP del presente ERSA, por lo que se optó usar cadenas representativas como TPH C12-C28 y C28-C35, así como la suma de estos, pudiendo generarse una sobrestimación o subestimación del riesgo.

De tres (3) cadenas de TPH's, en el sitio S0112 (Sitio 35), se sustituyeron dos (2) cadenas, por lo que el nivel de incertidumbre es moderado.

D) Incertidumbres relativas al análisis de la exposición

- **Exposiciones a futuro**

No se consideraron derrames que puedan generarse a futuro, así como actividades relacionadas a una futura exposición en la que se deba intervenir el suelo a profundidades donde se encuentran las concentraciones más altas de los CP identificados (ejemplo excavaciones).

Considerando que el sitio S0112 (Sitio 35), se ubica en una zona con uso de suelo futuro industrial, la incertidumbre es baja respecto a una posible exposición por potenciales derrames.

• Fuentes secundarias

Debido a que el software RBCA tiene una limitante respecto al ingreso de data relacionada a matrices como sedimentos y aguas superficiales, los sedimentos del presente ERSA fueron considerados como suelos, por lo tanto, el software asumió los mecanismos de transporte de esta última matriz. Se desconoce si existe una subestimación o sobrestimación del riesgo, realizando dicha consideración.

A pesar que los resultados de las pruebas TCLP indican que los contaminantes presenten en el suelo no lixivian, se ha considerado la ruta de exposición completa entre los CP del suelo mediante el mecanismo de transporte por lixiviación desde el suelo y su descarga en cuerpos de agua superficial (Modelo ASTM) donde los pobladores locales desarrollan actividades como la caza y pesca, siendo probable la sobreestimación del riesgo humano.

El agua superficial es el principal medio de transporte de contaminantes de los sitios impactados hasta los pobladores locales de la C.N. José Olaya, por eso con la finalidad de no subestimar el riesgo se ha planteado como fuente secundaria el agua superficial afectada por los CP del suelo que lixivian y descargan a una distancia de 50 m, donde se expone el receptor humano más sensible, el cazador niño.

En este caso, la incertidumbre es moderada, dado que se determinaron CP en la matriz agua superficial y sedimentos; en el caso solo se determinen CP en la matriz suelos la incertidumbre es baja y en el caso no se determine CP en la matriz suelos la incertidumbre es alta.

• Análisis de riesgo

El análisis de riesgo se realizó según el TIER II, basado en parámetros específicos del sitio S0112 (Sitio 35), tanto para la ubicación de receptores en el sitio (*in situ*) como fuera del sitio (*ex situ*), este tipo de análisis permite el uso de modelos de transporte para calcular los riesgos de los receptores fuera del sitio, por lo tanto se establece un nivel de incertidumbre moderada, pues utilizar el análisis del TIER I correspondería una incertidumbre alta, dado que este análisis es a nivel genérico de referencia con criterio de riesgo (RBSL, por sus siglas en inglés) para la exposición en el sitio, asumiendo datos predeterminados para los factores de exposición y características inherentes al sitio; y finalmente, un análisis del TIER III correspondería un nivel de incertidumbre baja, dado que es similar a un cálculo del TIER II, pero en vez de aplicar los modelos de transformación y transporte incluidos en el RBCA Tool Kit, se tiene la posibilidad de efectuar un cálculo según RBCA, ya sea tomando en cuenta “factores de atenuación natural” que se hayan determinado con otro modelo externo al RBCA Tool Kit o bien con mediciones específicas recolectadas en el sitio.

Es probable que los presentes resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes no reflejen la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la presente evaluación solo permite estimar el riesgo por exposición a los CP presentes en el Sitio S0112 (Sitio 35) y no por exposición a todos los sitios impactados o pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando una incertidumbre moderada porque no permite evaluar el riesgo acumulativo y sinérgico, pero si plantear medidas correctivas individuales, con la finalidad de reducir el impacto sinérgico y acumulativo a futuro.

En el Cuadro 4-86 se presentan las valorizaciones para cada aspecto considerado en el análisis de incertidumbres, el mismo que ha sido determinado mediante un análisis técnico.

Cuadro 4-87 Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres

Factor	Aspectos	Descripción	Valoración
Modelo conceptual	Determinación de los CP	Uso de normativa de referencia internacional para la comparación analítica sin referencia en los ECA nacionales.	Alto
	Fuentes secundarias	Se considera a suelos y sedimentos como foco, excluyéndose a aguas superficiales y aguas subterráneas	Moderado
	Receptores humanos (Trabajadores industriales)	Considera la cercanía de los trabajadores de la Batería Shiviayacu al sitio contaminado	Bajo
	Receptores humanos (Pobladores de la CN)	Considera la cercanía de la población de la comunidad nativa José Olaya al sitio contaminado	Moderado
	Receptor ecológico (flora y fauna)	Está en función a la disponibilidad de información de la evaluación hidrobiológica	Baja
	Uso del suelo	Certeza de la información sobre los usos futuros del suelo.	Bajo
Caracterización del sitio	Usos del cuerpo de agua superficial	Se considera la existencia de una descarga de aguas subterráneas a las aguas superficiales (río Macusani) y la distancia entre el sitio y la CN.	Moderado
	Muestreo	El número de los puntos de muestreo en función al área del sitio.	Bajo
	Atenuación natural	Se considera una biodegradación de los CP en las distintas matrices.	Moderado
Efecto de los contaminantes	GAP's de información	Falta de datos requeridos por el software RBCA Toolkit.	Baja
	Toxicidad escenario humano	Se considera valores referenciales en función a su evaluación de carcinogenicidad.	Moderado
	Biodisponibilidad	No se contó con información de biodisponibilidad para los CP.	Alto
	Efectos por mezclas químicas	Se asumen efectos aditivos de los CP, más no, efectos sinérgicos o antagonistas.	Alto
	Sustituciones en TPH's	Se emplearon cadenas de TPH C12-C28 y C28-C35 empleadas en el software RBCA.	Moderado
Análisis de la exposición	Exposiciones a futuro	Considera potenciales derrames futuros respecto a uso futuro	Bajo
	Fuentes secundarias	El software RBCA no acepta datos de sedimentos por lo que éstos fueron considerados como suelos	Moderado
	Análisis de riesgo	Para el escenario humano únicamente se utilizó la información de caracterización del sitio	Moderado

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.12 Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos).

Se estableció como procedimiento de trabajo para determinar la pertinencia de adoptar los niveles de remediación objetivo la distancia a que se pudiera encontrar el sitio impactado de un buffer de 30 metros a partir de la poligonal del área que encierra las facilidades operativas. Este ejercicio de análisis espacial para el sitio impactado S0112 (Sitio 35) se muestra en el Anexo 6.4.3.2 (Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0112 (Sitio 35)).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0112 (Sitio 35).
- Poligonal del sitio S0112 (Sitio 35) que encierra facilidades operativas, más un buffer externo de protección de 30 metros

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro de la poligonal operacional más el buffer de 30 metros, los niveles de remediación objetivo serán los industriales, de lo contrario se asumirán los agrícolas.

Aplicando el criterio para el sitio S0112 (Sitio 35), la poligonal del sitio impactado se encuentra en un 30% dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo agrícola.

A) Niveles de remediación para el escenario humano

Para el escenario humano se determinaron niveles de limpieza (NRE, también conocidos como SSTL en RBCA) basados en los riesgos aceptables cancerígenos y no cancerígenos definidos en las secciones anteriores.

A.1 Sustancias no cancerígenas

Los CP categorizados como no cancerígenos fueron TPH C12-C28 (fracción F2), TPH C28-C35 (fracción F3), Selenio, Boro, Cromo Total, Naftaleno, Fenantreno en la matriz de suelos; Bario, Cobre, Cromo Total, Fenantreno, Fluoreno y Naftaleno en la matriz sedimentos.

El riesgo para la salud humana generado por sustancias no cancerígenas se considera aceptable, cuando al IP es menos o igual a uno (IP).

Del análisis de riesgo en la salud humana de las personas (Ver Ítem 4.10) se tiene que las condiciones actuales del sitio representan un riesgo preocupante para la salud humana para efectos no cancerígenos, para dos (2) escenarios humanos, el poblador local que es trabajador industrial (escenario humano 1) y para el poblador local niño que desarrolla actividades de caza y pesca (escenario humano 2), para los CP identificados, mecanismos de transporte, rutas y vías de exposición.

Por lo expuesto, se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para TPH en la matriz suelos, pues el escenario actual representa un riesgo preocupante para la salud del receptor de escenario humano 1 (trabajador industrial) y receptor del escenario 2 (cazador y pescador niño).

La determinación de los NRE debe considerar que las concentraciones de contaminantes de preocupación aseguren un riesgo aceptable para la salud humana para efectos no cancerígenos, considerando el NRE de menor valor para un mismo CP y todas las rutas y vías de exposición,

receptores y recursos naturales a proteger, que se han identificado relevantes en el estudio de ERSa.

El siguiente cuadro presenta los valores calculados para los NRE en las matrices, los cálculos se presentan en el Anexo 6.6.8 Niveles de Remediación para el escenario humano 1 (trabajador industrial) y cazador y/o pescador niño (escenario humano 2)^{bbbb}. El NRE seleccionado corresponde al valor más exigente, correspondiente a 8600 mg/kg, sin embargo, tomando en consideración que se persigue la restitución de las funciones ecológicas, para el sitio S0112 (Sitio 35), se propone la remediación de suelo cuyos valores superan los niveles del ECA para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N.º 011-2017-MINAM) para las TPH, estimado en 4 400 mg/kg.

Cuadro 4-88 Niveles de remediación específicos calculados para los CP

Escenario Humano	Contaminante	Matriz	Concentración representativa (mg/kg)	NRE (mg/kg)
Trabajador Industrial (escenario humano 1)	Mezcla TPH	Suelo	1,1 E 4	8,7 E 3
Cazador y Pescador Niño (escenario humano 2)			1,1 E 4	8,6 E 3

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico dado que los Hidrocarburos no superaron los límites de referencia y no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera. En el Anexo 6.6.11 se muestra la versión editable de la corrida en el software RBCA.

A.2 Sustancias cancerígenas

Los contaminantes de preocupación (CP) categorizados como cancerígenas en suelos fueron Benzo (a) antraceno y Benzo (b) fluoranteno, mientras que en agua superficial se categorizó como sustancias cancerígenas al Arsénico y para sedimentos las sustancias cancerígenas categorizadas fueron el arsénico y benzo (a) antraceno.

El riesgo para la salud humana generado para sustancias cancerígenas en el sitio se considera aceptable, cuando el índice del riesgo total (IRT) es un (1) caso de cáncer por cada cien mil habitantes ($IRT \leq 1E-5$).

Del análisis de riesgo en la salud humana de las personas (Ver ítem 4.10) se tiene que las condiciones actuales del sitio representan un riesgo aceptable para el escenario humano 1 (poblador local – trabajador industrial) y escenario humano 3 (poblador local – residente de la CN José Olaya); además, representa un riesgo inaceptable para la salud humana para efectos cancerígenos para el escenario humano 2 (poblador local – cazador y/o pescador esporádico), principalmente por el CP Arsénico identificado en la matriz agua superficial, mediante la vía de exposición por ingestión directa de agua no tratada de las quebradas afectadas cercanas al Sitio S0112 (Sitio 35). La exposición a los CP determinados en las matrices suelos y sedimentos representan un riesgo aceptable.

Por lo expuesto, no se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para los CP de la matriz suelos, pues el arsénico no es un CP de dicha matriz ambiental; sin embargo, conforme al análisis de riesgo para sustancias cancerígenas es necesario controlar la exposición de Arsénico por

^{bbbb} Cálculos realizados con el RBCA Tool Kit versión 2.5e de GSI Environmental Inc.

consumo directo de agua en las quebradas que cruzan o colindan con el Sitio S0112 (Sitio 35), por tal motivo el esfuerzo de remediación se realizará en la fuente secundaria afectada (sedimentos) que es probablemente una fuente histórica de acumulación y/o sedimentación de arsénico, de distintas fuentes, considerando la Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG) se plantea el NRE que se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-89 Niveles de remediación para sedimentos – sitio S0112 (Sitio 35) – Escenario Humano

CP	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Arsénico	-	9,50	5,9	Para estos CP's se tendrán como nivel de remediación el ISQG.

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95%.

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico (subterráneo) dado que los Hidrocarburos no superaron los límites de referencia y no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera. Por lo tanto, se requieren estudios adicionales en este aspecto.

B) Nivel de remediación para el escenario ecológico

En lo que respecta al escenario ecológico, no se cuenta con información disponible sobre las concentraciones de estos CP en cada una de las especies recurrentes del sitio y/o representativas de este ecosistema, así como una metodología que permita estimar Niveles de Remediación (NR) sobre este escenario. Sin embargo, se considerará las matrices ambientales evaluadas, el riesgo determinado en el escenario abiótico y NR que correspondan.

C) Nivel de remediación para proteger recursos naturales abióticos

Siguiendo lo expuesto en la Guía para la elaboración del ERSA, las propuestas de remediación deben de considerar medidas idóneas para proteger suelos o sedimentos no contaminados de una alteración negativa en el futuro; ya sea por dispersión de estos contaminantes por transporte eólico hacia estos sitios no impactados, filtración de contaminantes hacia las aguas subterráneas, etc. Sin embargo, dichas propuestas que aseguren la calidad ambiental de un determinado lugar se basarán en los resultados de la evaluación de riesgos, así como en los estándares nacionales e internacionales de los CP evaluados en el presente estudio.

Para el caso del sitio S0112 (Sitio 35), se determinaron NR para los CP en los cuales se haya estimado un Riesgo Probable, tal como se detalló en el ítem 4.10, literal C, siendo el caso de las Fracciones F2 y F3 de Hidrocarburos; seguido de los HAP's evaluados (sin perjuicio de haber tenido un Riesgo De Esperarse). Se reitera que no se determinaron NR para boro, cromo total y selenio por el sustento descrito también en dicho ítem.

Cuadro 4-90 Niveles de remediación para suelo – sitio S0112 (Sitio 35)

CP	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Naftaleno	-	1,654	0,1	Para estos CP se considerará como NR el ECA para Suelo.
Fenantreno	-	2,276	0,1	Para estos CP se considerará como NR el SQG.
Benzo(b) fluoranteno	-	0,103	0,1	
Benzo(a) antraceno	-	0,216	0,1	
Fluoreno	-	1,123	no value	
Benceno	-	0,17 *	no value	

(a) UCL95 para las muestras de la época húmeda / (b) UCL95 para las muestras de la época seca.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health (SQG), Category Agriculture.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el caso de las Fracciones F2 y F3 de Hidrocarburos presentes en el suelo, se ha considerado el NR para el escenario humano, cuyo valor de TPH es de 4 400 mg/kg (ECA suelo – Agrícola).

Cuadro 4-91 Niveles de remediación para sedimentos – sitio S0112 (Sitio 35)

CP	Nivel de fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
TPH Totales	-	1 506 ^(c)	860	Para este CP se tendrán como nivel de remediación el valor propuesto por Pettigrove y Hoffman (2005).
Cromo Total	-	39.61*	37.3	Para estos CP's se tendrán como nivel de remediación el ISQG.
Arsénico	-	7,99 ^{(a)*} 9,50 ^(b)	5,9	

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño de la muestra para realizar el cálculo del UCL 95%.

(a) UCL95 para las muestras de la época húmeda

(b) UCL95 para las muestras de la época seca.

(c) Sumatoria de F2 y F3 en sedimentos, a fin de comparar con el valor propuesto por Pettigrove y Hoffman (2005).

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG).

Pettigrove y Hoffman (2005). Effects of long-chain hydrocarbon-polluted sediment on freshwater macroinvertebrates.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

4.13 Conclusiones y recomendaciones.

A) Conclusiones

- En base al estudio de caracterización, modelo conceptual y análisis estadístico de los resultados obtenidos, se determinaron los CP para el escenario humano, ecológico y abiótico. Asimismo, se identificaron tres (3) escenarios humanos (trabajadores industriales, cazadores y/o pescadores esporádicos y la CN José Olaya), para los cuales se diferenciaron aquellos CP que son cancerígenos [benzo(a) antraceno, benzo(b) fluoranteno, arsénico y benceno] y no cancerígenos (HTP F2, HTP F3, Boro, Bario, Selenio, Cromo Total, Cobre, Naftaleno, Fenantreno, Fluoreno), a fin de poder estimar el nivel de riesgo para cada uno de estos elementos.
- Respecto al cálculo del riesgo en el escenario humano, se determinó un escenario para los compuestos cancerígenos donde las concentraciones se encuentran por debajo del rango

estipulado en la Guía ERSa para considerar un riesgo aceptable (entre $IR_T=10^{-5}$ y $IR_T=10^{-4}$) tanto en la matriz suelo, sedimentos y agua superficial para los dos (2) escenarios humanos (trabajadores industriales, y pescadores esporádicos y CN José Olaya); sin embargo, el escenario humano 2 (cazadores y/o pescadores esporádicos) presentan un riesgo inaceptable, tanto para el receptor adulto y niño. Para las sustancias no cancerígenas se registró un Índice de Peligrosidad Total mayor a 1 para el escenario humano 1 (poblador local – trabajador industrial) y para el escenario humano 2 (cazador y pescador esporádico) adulto y niño, representando un riesgo preocupante para estos escenarios. Asimismo, para el cazador y pescador esporádico (escenario humano 2), los cálculos por consumo de carne de pescado determinaron que el Índice de Peligro fue menor a 1 para cada uno de las sustancias no cancerígenas presentes en dicha ingestión; concluyendo que el riesgo es aceptable para estos CP.

- Respecto a la caracterización del riesgo en los tres (3) escenarios, se concluye lo siguiente:
 - o La caracterización del riesgo en el escenario humano se ha determinado en base a los criterios establecidos en la Guía ERSa. Para determinar la existencia de un riesgo por sustancias cancerígenas, se estimó el Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, tanto para el escenario humano 1 y 2, el receptor humano 3 no fue considerado para esta evaluación, obteniéndose un valor de $2,9 \times 10^{-7}$ para el trabajador industrial (escenario humano 1), de $4,17 \times 10^{-4}$ para los cazadores y pescadores esporádicos adulto y de $1,54 \times 10^{-4}$ para cazadores y pescadores esporádicos niño (escenario humano 2), concluyéndose que el riesgo es aceptable para el escenario humano 1 y el riesgo es inaceptable para el escenario humano 2; ya que para este último los índices estimados sobrepasan límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV), definido como $1,0 \times 10^{-5}$.

Respecto al riesgo por sustancias no cancerígenas, se estimó el Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, para los tres (3) escenarios humanos. Para el trabajador industrial (escenario humano 1), cazador y pescador esporádico adulto (escenario humano 2) y cazador y pescador esporádico niño (escenario humano 2) se obtuvo un IPT de 1,3, 1,5 y 3,4 respectivamente, representando riesgos preocupantes, ya que estos índices son superiores al cociente de peligrosidad. Por otro lado, el escenario humano 3 (CN José Olaya) presentan un IPT de 0, concluyéndose que el riesgo es aceptable; ya que el índice estimado es inferior al Cociente de Peligrosidad definido como 1.

- Es preciso indicar que para realizar el cálculo de la exposición del escenario humano 2 (cazadores y pescadores esporádicos), con base en las mediciones de contaminantes en pescado, se usa como valor de referencia el concepto de Ingesta Diaria Admisible o IDA (dosis en el que un receptor humano puede estar expuesto en función de su peso corporal por vía oral a una sustancia determinada sin que eso represente un riesgo no aceptable para su salud); sin embargo, no se calculó un Índice de Riesgo Total, dado los diferentes mecanismos de daño de los CP.
- Respecto al cálculo del riesgo ecológico, se concluye que existe un Riesgo Medio hacia la comunidad hidrobiológica, especialmente por Arsénico, Cromo Total y TPH Totales presentes en sedimentos que puedan afectar a la comunidad bentónica; asimismo, teniendo en cuenta los valores de las especies análogas en peces del sitio S0112 (sitio 35), las concentraciones de Bario y Cadmio (hallados en tejido muscular) presentes en aguas superficial presentan un Riesgo Bajo para estos receptores ecológicos. Complementariamente, se tuvo en cuenta la *“Metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios*

impactados” establecida por OEFA para realizar la caracterización del riesgo ecológico; se tuvo en cuenta el modelo Sustancia-Transporte-Receptor, contemplándose tres (3) índices: (i) Foco (contaminante); (ii) Transporte (rutas y vías de exposición); y, (iii) Receptor (receptores), además de los contaminantes de preocupación establecidos para el escenario ecológico. Con ello se concluye que existe un Nivel de Riesgo Medio (NRS ambiente = 58,48) de acuerdo al rango establecido por la metodología en mención.

- Para la evaluación de los recursos naturales abióticos, se consideraron los criterios establecidos en el Anexo H de la Guía ERSA. De acuerdo a ello, se determinó un Riesgo Probable a la matriz suelo (por Fracción de Hidrocarburos F2, F3, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (a) antraceno, Fenantreno, Naftaleno, Fluoreno y Benceno); así como en la matriz sedimentos (Arsénico, Cromo y la sumatoria total de TPH); es decir, la probabilidad que se manifieste el riesgo o que estos CP lleguen a afectar esta matriz ambiental.
- Respecto a los niveles de remediación (NRE) para el escenario humano bajo el enfoque RBCA, se determinó que la concentración objetivo, que asegura un riesgo aceptable para la salud humana para efectos no cancerígenos, es de 8600 mg/kg para TPH (hidrocarburos totales de petróleo); sin embargo, tomando en consideración que se persigue la restitución de las funciones ecológicas, para el sitio S0112 (Sitio 35), se propone la remediación de suelo a niveles del ECA para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N.º 011-2017-MINAM) para los TPH, estimado en 4 400 mg/kg. Respecto a los NRE que asegure un riesgo aceptable para efectos cancerígenos, se determinó un riesgo inaceptable por exposición de arsénico en agua superficial, por tal razón se proponen NRE para la fuente secundaria afectada (sedimentos) que es probablemente una fuente histórica de acumulación y/o sedimentación, considerando la Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG) fijado en 5,9 mg/kg.
- En lo que respecta al escenario ecológico, no se cuenta con información disponible sobre las concentraciones de los contaminantes en las especies recurrentes del sitio y/o representativas del ecosistema, así como una metodología que permita estimar Niveles de Remediación sobre este escenario.
- Respecto al escenario abiótico, se determinaron NR para los CP en los cuales se haya estimado un Riesgo Probable, tales como Fracción de Hidrocarburos F2, Fracción de Hidrocarburos F3; seguido de los HAP's [benzo (b) fluoranteno y benzo (a) antraceno] para la matriz suelos, considerando el ECA-Suelo Uso Agrícola para TPH y naftaleno, y para los restantes contaminantes la normativa canadiense (*Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health - Category Agriculture*). Los NRE para el escenario abiótico – matriz sedimentos se determinaron para los parámetros TPH, Cromo Total y Arsénico, considerando la normativa canadiense (*Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life*) para los metales; por otro lado, para TPH se consideró el valor estimado en 860 mg/kg por Pettigrove y Hoffman (2005).

B) Recomendaciones

- Es probable que los presentes resultados de análisis de riesgo por exposición a los contaminantes no reflejen la realidad de la problemática ambiental de los pueblos indígenas locales, dado que la presente evaluación solo permite estimar el riesgo por exposición a los CP presentes específicamente en el sitio en estudio y no por exposición a todos los sitios impactados o pasivos ambientales existentes en el lote petrolero, presentando una incertidumbre moderada porque no permite evaluar el riesgo acumulativo y sinérgico, pero si plantear medidas correctivas individuales, con la finalidad de reducir el impacto sinérgico y

acumulativo a futuro, por ello para poder afinar los estudios de riesgo se recomienda lo siguiente:

- La valoración de riesgo debe hacerse de forma ecosistémica, bajo el principio de cuencas hidrológicas. Los sitios deben ser agrupados de acuerdo a su localización en micro y/o subcuencas.
- Los criterios de valoración de receptores, condiciones de exposición, inputs de información que alimenten la evaluación, deben ser estandarizados desde el inicio. Esto disminuiría notablemente las incertidumbres del análisis
- Es importante incrementar el número de muestras para alimentar el análisis estadístico de los contaminantes de preocupación, especialmente en sedimentos, agua superficial y agua subterránea. Esto disminuiría notablemente las incertidumbres del análisis
- Es importante realizar un estudio de niveles de fondo en el área de estudio, tomando en cuenta mayor número de muestras representativas, de ser posible estas muestras deben realizarse también para agua superficial, sedimentos y agua subterránea.
- Se considera oportuno el levantamiento de información ecotoxicológica base (investigación) que permita contar con un espectro de información en las evaluaciones de riesgo ecológico, este análisis debe hacerse in situ y con especies de la zona. Esto disminuiría notablemente las incertidumbres del análisis
- La metodología para evaluación de riesgo debe ser más focalizada a un instrumento de gestión fundamental en la toma de decisiones. Diferenciar los riesgos en humanos y ecológico no resulta útil. Se requiere una evaluación integral/única de riesgo que permita su valoración al momento de tomar decisiones
- La metodología de evaluación de riesgo debe ser única, con los mismos inputs y premisas de análisis
- Debe contemplarse en el análisis la exposición acumulada por efecto de otros sitios impactados. El ambiente de selva está interconectado por el sistema hidrológico y no puede ser vista la contaminación de forma aislada sino de forma integrada al sistema de micro y subcuencas.
- La metodología de análisis debe permitir diferenciar entre los pasivos ambientales a remediar o zonas a rehabilitar, con data mayor a 5 años (por ejemplo) y los sitios impactados por eventos operacionales más recientes. Las acciones a tomar en uno u otro caso están bien diferenciadas, así como las responsabilidades
- Los estándares de calidad ambiental a ser utilizados deberán ser adecuados para el entorno medioambiental de selva y no el usado hasta ahora que proviene de otras latitudes.
- Los niveles de remediación objetivos a alcanzar por las acciones de remediación deben ser acordes a la actividad que en sitio se desarrolla. Como el alcance de la rehabilitación de sitios impactados intenta, entre otras cosas la recuperación de las funciones del ecosistema, se debe acordar un sistema de áreas o zonas de amortiguamiento entre las facilidades operativas y las áreas naturales sin intervención, generando de este modo diferentes niveles de remediación objetivo que sean coherentes con el uso del espacio, con los objetivos planteados y técnica y económicamente realizables.
- Si bien es cierto que, para la estimación del riesgo del escenario humano se han contemplado todos los criterios y la información recopilada en la fase de caracterización, es necesario enfatizar y/o contemplar información puntual relacionada a los procesos industriales (estado de

las instalaciones industriales, tipo de crudo, tuberías, etc.) los cuales estuvieron fuera del alcance de los objetivos del proyecto; sin perjuicio de que la información obtenida hasta el momento sea representativa. Además, los riesgos estimados tal como se detallaron en acápite anteriores fueron sobredimensionados teniendo en cuenta escenarios conservadores, a fin de poder identificar posibles rutas y puntos de exposición de los CP hacia los posibles receptores, por lo que se debería ajustar a las condiciones más a fines con la realidad del sitio de estudio.

- Deberá contarse con información puntual y/o específica sobre los receptores ecológicos, así como la realización de ensayos en las cuales se pueda determinar niveles de toxicidad representativos a estos receptores; y puedan definir objetivamente los niveles de riesgos que puedan presentar. Además, si bien es cierto que el nivel de riesgo no es alto, debería ser reducido hasta los niveles más bajos que sea factible a fin de asegurar la calidad ambiental y de los receptores involucrados, los cuales están definidos por los niveles de fondo, estándares de calidad ambiental y/o internacionales; según sea el caso.
- Se recomienda desarrollar una metodología a nivel cuantitativo que contemple las variables principales que condicionen el comportamiento de los recursos naturales, a fin de obtener indicadores que permitan medir de manera certera el grado de riesgo que puedan presentar dichos recursos.

5. ACCIONES DE REMEDIACIÓN Y REHABILITACIÓN

5.1 Objetivos generales y específicos de la rehabilitación del sitio considerando los resultados del ERSA y factores socioculturales de las poblaciones locales.

El objetivo general es establecer y estructurar un conjunto de acciones mediante etapas u operaciones articuladas que permitan la recuperación del sitio impactado S0112 (Sitio 35) por actividades de la industria petrolera, disminuyendo los niveles de riesgo a la salud y al ambiente a niveles aceptables, teniendo en cuenta el uso proyectado que se le asignará al mismo y contemplando los factores sociales inherentes a la intervención durante la rehabilitación.

Se establecen como objetivos específicos de la rehabilitación/remediación los siguientes:

- Proponer la metodología o técnica de rehabilitación/remediación más adecuada de acuerdo con una matriz de criterios de evaluación.
- Estimar los costos asociados a la alternativa de rehabilitación/remediación seleccionada.
- Establecer la planificación de la potencial ejecución de la alternativa de rehabilitación/remediación seleccionada con base en los resultados del ERSA.
- Desarrollar, a nivel conceptual, planes de gestión ambiental (residuos, monitoreo durante y post ejecución, de muestreo de verificación, etc.) asociados a la ejecución de la rehabilitación/remediación.
- Identificar los beneficios sociales de la población local asociados a la alternativa de rehabilitación/remediación seleccionada.

5.2 Justificación.

Las actividades petroleras, por más de 40 años, han tenido diversos eventos de contaminación al ambiente; ya sea por accidentes, por operaciones inadecuadas o por mantenimiento de sus instalaciones. Este conjunto de eventos ha ido afectando progresivamente las condiciones naturales del ecosistema presente, caracterizado por su fragilidad y con condiciones sociales particulares de vulnerabilidad.

Debido a lo anterior, se genera la necesidad de implementar acciones concretas que permitan la recuperación a niveles de riesgo aceptables de las áreas impactadas por las actividades de la industria petrolera, en el entorno ambiental y social de la cuenca del río Corrientes, en este caso el sitio S0112 (Sitio 35) el cual forma parte de los sitios previamente establecidos por FONAM.

Este documento compila de manera estructurada la metodología o técnica de rehabilitación/remediación a seguir, así como la estrategia para el abordaje en su implantación.

5.3 Propuesta de uso futuro del sitio impactado, en función de las consideraciones técnicas posibles y la vocación del suelo intrínsecamente, incluyendo el uso actual y el proyectado.

El sitio S0112 (Sitio 35) es uno de los trece (13) sitios impactados por actividades de hidrocarburos de la cuenca del río Corrientes. El uso del suelo se define como una superficie del territorio que se encuentra zonificada de acuerdo con su potencial aptitud, a la utilización que se le esté dando al momento de su categorización, a la posible vocación para soportar una actividad o desarrollo o sus características ecológicas que le infieran una condición particular para su zonificación. En

resumen, a las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal se les conoce como uso del suelo.

Las áreas que corresponden a los sitios impactados se ubican dentro y forman parte del Lote Petrolero No. 192 (antiguo Lote 1AB). Al ubicarse dentro del Lote petrolero pudiera llevar a pensar que su categoría es del tipo industrial/extractivo, la cual se define (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) como “suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes. No obstante, pudiera ampliarse el espectro de usos actual del área de acuerdo con las actividades que en él se ejecuten o se planifiquen ejecutar. Esta área de operaciones actualmente corresponde a los oleoductos que conducen hidrocarburos de la Batería Forestal hacia la Batería Shiviyaçu, además de los Pozos SHIV-01X (en abandono), Pozo SHIV-20D (en abandono) y Pozo SHIV-26 (pozo de reinyección en operación).

Ver Anexo 6.3 Mapa 6.3.1: Mapa de ubicación del sitio S0112 (Sitio 35).

Es importante mencionar, que gran parte del área del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas y áreas de no bosque amazónico, con presencia de purmas (áreas con presencia de cítricos, cacao etc.), por donde transita libremente pobladores locales que realizan la recolección de éstos frutos, así como ejemplares de fauna local (ej. *Mazama americana*: “venado”, *Cuniculus sp.* “majaz”, *Dasyprocta sp.* “añuje”, *Pecari tajacu* “sajino”, *Amazona sp.* “loro verde”, etc.), por lo que se infiere que existe un potencial uso de este ecosistema por los recursos que provee (alimentos, agua, lugares de descanso, etc.). Asimismo, se observan pequeñas áreas con presencia de cítricos, los cuales permiten inferir que la población local que trabaja en las áreas operativas aledañas al sitio S0112 (Sitio 35) le da un uso particular a este. Adicionalmente se identifica una porción de terreno (superpuesta al área del sitio impactado S0112 (Sitio 35)) que fue objeto de remediación por el Programa Ambiental Complementario (PAC).

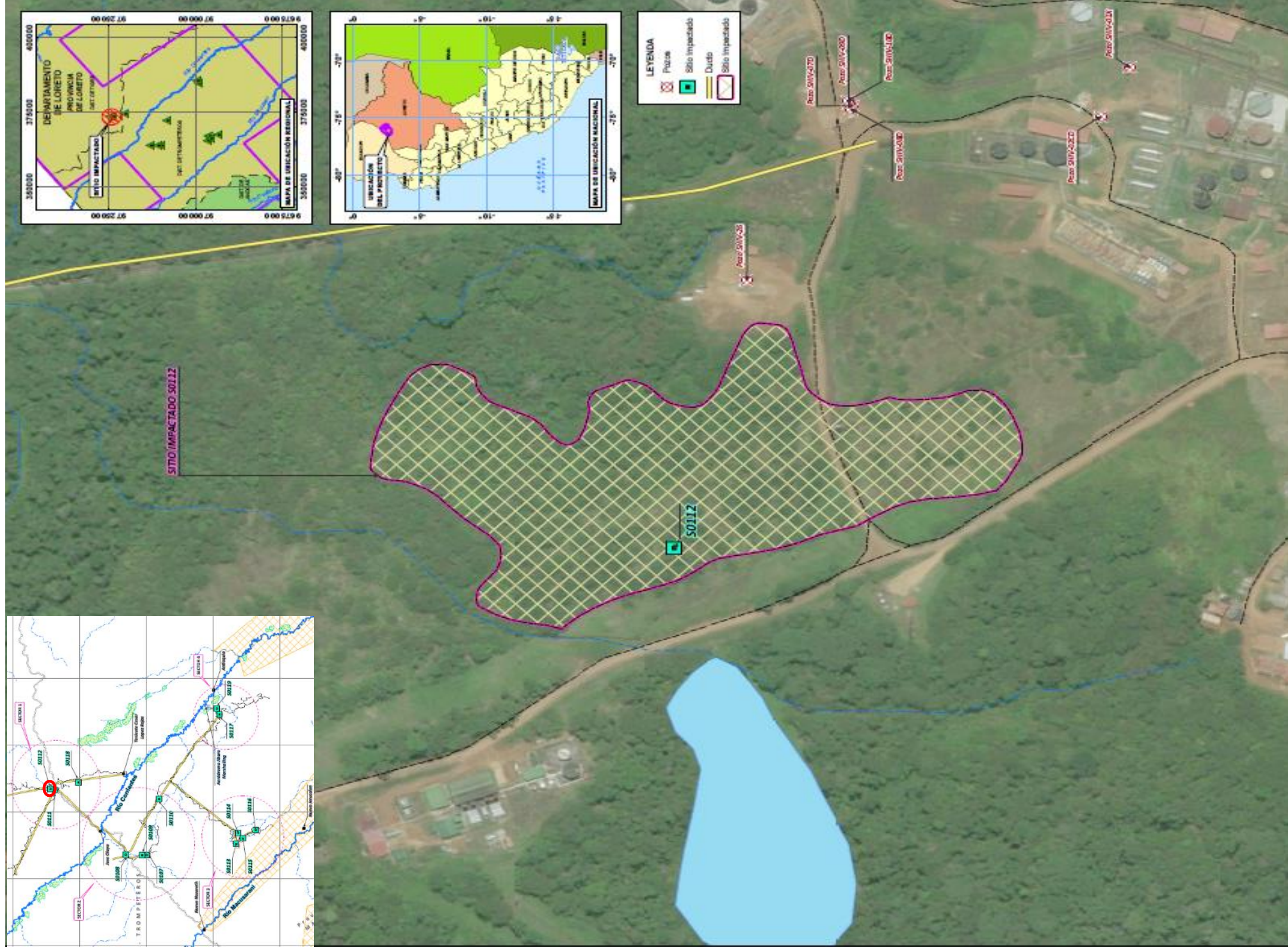
Teniendo en cuenta ello se ha previsto realizar el análisis respectivo del sitio considerando una categoría de uso agrícola para el análisis de afectación del sitio impactado como estrategia ambiental para llevar, a través de la remediación de los sitios impactados, las condiciones del entorno ambiental de este territorio lo más cercanas a sus condiciones naturales originarias y restaurar las funciones ecológicas del entorno natural donde se ubica el sitio impactado.

Se infiere que, posterior a la rehabilitación/remediación del sitio S0112 (Sitio 35), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando se ubica en el entorno de un área operacional, que permita a las comunidades hacer uso de este espacio, aun cuando este sitio impactado observa una escasa superficie (alrededor de 5 ha, aproximadamente).

Importante mencionar que el sitio S0112 (Sitio 35) se ubica en la cuenca media-alta del río Tigre.

Ver Anexo 6.1.1 Figura didáctica del sitio S0112 (Sitio 35) – Comunidad Nativa José Olaya donde se muestra de manera didáctica la ubicación del sitio impactado y su interacción del medio ambiente con las zonas operativas de hidrocarburos además de los contaminantes de preocupación.

Figura 5-1 Ubicación del sitio S0112 (Sitio 35)



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.4 Alcance de la rehabilitación.

Para desarrollar el alcance de las acciones encaminadas a la recuperación de un área impactada, resulta imprescindible establecer la conveniencia o no de usar el término rehabilitación como la práctica a ejecutar para el tratamiento de los sitios impactados.

En la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) se puede conseguir una interpretación del término “rehabilitación” focalizado a la “recuperación” de ecosistemas, con miras al restablecimiento de sus condiciones previas a cualquier perturbación, daño o contaminación. No se define en este instrumento el término Remediación.

En La Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos (DS-002-2013-MINAM), se define la remediación como “...tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas”.

Posteriormente, en el instrumento que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental (DS-039-2016-EM) al igual que en el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (DS-039-2014-EM), se define Plan de Rehabilitación el “Instrumento de Gestión Ambiental Complementario dirigido a recuperar uno o varios elementos o funciones alteradas del ecosistema después de su exposición a los impactos ambientales negativos que no pudieron ser evitados o prevenidos, ni reducidos, mitigados o corregidos”.

En el Decreto Supremo donde se aprueban los criterios para la gestión de sitios contaminados (No. 012-2017-MINAM) se ajusta el término remediación como “la eliminación o reducción, a niveles aceptables, de los riesgos para la salud de las personas o el ambiente asociados a la contaminación del sitio. Además, comprende las acciones que permitan lograr el uso posterior del sitio o el restablecimiento de este a un estado similar al presentado antes de ocurrir los impactos ambientales negativos”. Vemos como combina, de manera un poco laxa los términos rehabilitación y remediación.

Con base en lo anterior y revisando a profundidad el instrumento para la creación del Fondo de Contingencia se observa en este la siguiente mención: “...Plan de Rehabilitación para la remediación ambiental del sitio impactado”, lo que se entiende como una laxitud jurídica sobre el tratamiento indistinto de ambos términos, cuyos alcances técnicos difieren. No obstante, de acuerdo con esa misma reflexión se entenderá la “remediación” como la ejecución técnica de la rehabilitación de los sitios impactados.

A modo conclusivo, para efectos del presente proyecto, de sus alcances y objetivos, se considera que el término **remediación** comprende las operaciones técnicas a seguir para la ejecución del Plan de Rehabilitación y de esta manera deberá ser entendido en este y los siguientes documentos.

El plan de rehabilitación implica una serie de operaciones y acciones sobre el área impactada que permita - en un tiempo horizonte de 3 a 5 años - controlar, reducir o minimizar las condiciones de contaminación, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente (D.S. N° 011-2017-MINAM). Para cumplir con este objetivo se persigue cumplir con los estándares de calidad de acuerdo con las normas nacionales ECA (o internacionales en ausencia de esta) para suelo, agua (superficial y subterránea) y sedimentos, y llevar las condiciones de riesgo de salud a los niveles mínimos aceptables para los componentes ecológicos, abióticos y humanos, de acuerdo con los resultados obtenidos en el ERSA, que de acuerdo a esta metodología se reconocen como niveles de remediación objetivo (NRO). El alcance del del Plan de Rehabilitación persigue

adicionalmente restituir las funciones ecológicas del entorno físico natural en el que se encuentra el sitio impactado.

5.5 Descripción y análisis de las alternativas de remediación.

En el presente acápite, se plantea la metodología de selección, descripción y análisis de la alternativa de remediación aplicable propuesta, como parte del servicio de Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las Actividades de Hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes.

La rehabilitación de un sitio contaminado consiste en la aplicación de un conjunto de acciones con el objetivo de controlar, disminuir o eliminar los contaminantes y sus efectos, todas enmarcadas en función de tres categorías de acción:

- Remediación, que puede ser tratamiento *in situ* o *ex situ*.
- Contención o aislamiento, que consiste en limitar el potencial de migración y difusión del contaminante, logrando que el área afectada no represente peligro ni riesgo a la salud ni al ambiente.
- No remediar, que se considera cuando el área afectada tiene la capacidad de auto regenerarse en el tiempo sin intervención antrópica, o cuando el área afectada no representa peligro ni riesgo a la salud ni al ambiente.

La selección de la mejor acción depende básicamente, de tres aspectos:

- Características propias del sitio, incluye el tipo de medio (suelo, agua, etc.)
- Tipo y características del contaminante (cantidad y tipo de hidrocarburos, metales, aromáticos, etc.)
- Técnica de remediación disponible (viabilidad, eficiencia, tiempo)

5.5.1 Descripción de las alternativas de remediación.

JCI-HGE plantea una metodología que permita considerar cada uno de los aspectos anteriormente nombrados para cada sitio.

En este sentido, el sitio S0112 (Sitio 35) se caracteriza por presentar una superficie del terreno mayormente plana, con una ligera pendiente con dirección sur-norte. Los cuerpos de agua cercano son quebradas del tipo estacional. El área se satura en temporada de mayor precipitación.

El acceso al sitio impactado es posible por carretera de tierra afirmada, cuyo acceso se complica durante la temporada de lluvia. No es un área de uso común para la caza, pesca ni siembra por parte de la población local por parte de la comunidad Nativa José Olaya. El campamento ShiviYacu se encuentra a menos de 2 km.

Según los resultados presentados en el documento de caracterización, en el sitio impactado S0112 (Sitio 35) se identificó presencia de elementos contaminantes que excedieron la normativa, los cuales se presentan a continuación:

Cuadro 5-1 Elemento contaminante por componente evaluado

Componente	Elementos contaminante presentes
Suelo	- TPH: F2 y F3 (profundidad entre 0 – 5 m) - Metales: Ba, Cd y Pb (profundidad de 1 m) - HAPs: Naftaleno, Benceno (profundidad entre 0,9 – 4.5 m)
Sedimentos	- Metales: As, Cr y Hg - HAPs: Fluoreno
Agua subterránea	- Metales: As, Mn, Pb y Zn
Peces	- Metales: Cd y Ba

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos de la evaluación realizada en el ERSA se estimó que el riesgo para la salud de los receptores humanos es aceptable, a excepción de los TPH en suelo superficial, cuyo índice de peligrosidad calculado supera 1 lo cual lo identifica como una fuente de riesgo no aceptable para efectos no cancerígenos.

En este sentido, la determinación de los Niveles de Remediación Específicos (NRE) para el sitio S0112 (Sitio 35) considera que las concentraciones de contaminantes de preocupación aseguren un riesgo aceptable para la salud humana y el ambiente, tanto para efectos cancerígenos y para efectos no cancerígenos.

El Cuadro 5-2 presenta los valores calculados de niveles de remediación (conocido también como SSTL^{cccc} en RBCA) para la matriz suelo.

Cuadro 5-2 Niveles de remediación específicos en suelos para TPH

Contaminante	Matriz	Concentración representativa (mg/kg)	NRE (mg/kg) ERSA
TPH (fracciones F2, F3)	Suelo	11 000	8 700

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el sitio S0112 (Sitio 35), se propone la remediación de suelo cuyos valores superan los niveles del ECA para Suelo, Categoría Uso Industrial (D.S. N.º 011-2017-MINAM) para las Fracciones F2 y F3, estimado en 11 000 mg/kg.

Aun cuando los resultados del ERSA sugieren un nivel de remediación más exigente (8 700 mg/kg), a partir de una interpretación y análisis se consideró más viable, desde el punto de vista técnico y económico, elevar este nivel de remediación a la suma de los valores de ECA de suelos para categoría industrial/extractivo, en las fracciones de hidrocarburos F2 y F3, dado que las actividades del entorno son de producción y transporte de hidrocarburos, así como la inyección de aguas de producción.

El agua subterránea, medida a través de los pozos de agua, así como los peces, serán

^{cccc} Site-specific target levels

considerados como estaciones o variables para el monitoreo de la efectividad de la remediación.

A. Lista de alternativas aplicables

Consiste en la selección de la técnica/metodología de remediación mediante una evaluación rápida de las características generales del área y del elemento contaminante presente. Esta fase tiene como objeto el descarte de aquellas técnicas de remediación no viables y centrar esfuerzo en una segunda fase para aquellas aplicables.

En primer lugar, se cita a profesionales con experiencia en el tema de remediación y caracterización de sitios contaminados, y se efectúa un taller en el cual se explican los contaminantes encontrados por sitio, las características ambientales, y los volúmenes a remediar.

Durante el taller, cada especialista en forma separada llena una matriz de pre-selección de alternativas de remediación por sitio, esta selección se efectúa de una lista larga de alternativas, con la revisión de distintos documentos (EPA, ETI, informe reconocimiento inicial de los sitios impactados, modelo conceptual inicial, informes de caracterización, etc.). La ejecución de esta fase de selección se documenta en el Anexo 6.11.

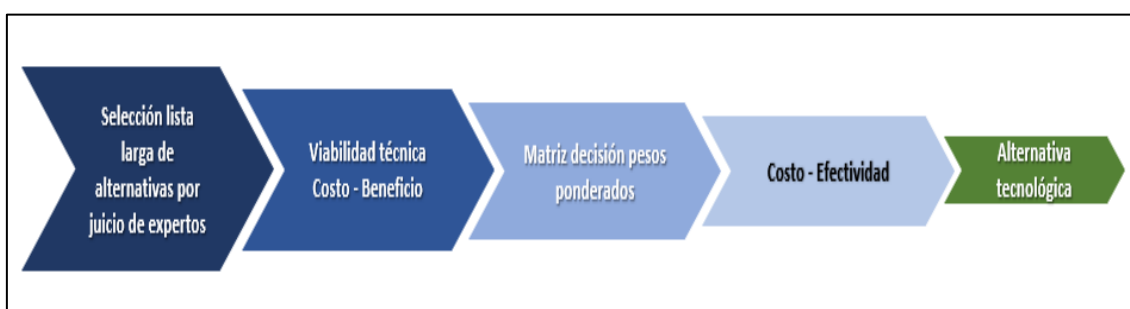
En segundo lugar, las tecnologías seleccionadas son evaluadas a través de una matriz de viabilidad técnica y de costo-beneficio.

En tercer lugar, se evalúan de manera sistemática a través de una matriz de decisión por pesos ponderados (Weighted Decision Matrix), la cual es una herramienta que se utiliza para comparar alternativas con respecto a múltiples criterios con diferentes niveles de importancia. Puede usarse para clasificar todas las alternativas en relación con una referencia "fija" y, por lo tanto, crear un orden parcial para las alternativas.

Finalmente, las alternativas seleccionadas por la matriz de decisión por pesos ponderados son evaluadas desde el punto de vista del costo-efectividad.

El siguiente diagrama ilustra los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación (Figura 5-2).

Figura 5-2 Diagrama de los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

➤ Preselección inicial de las potenciales alternativas tecnológicas

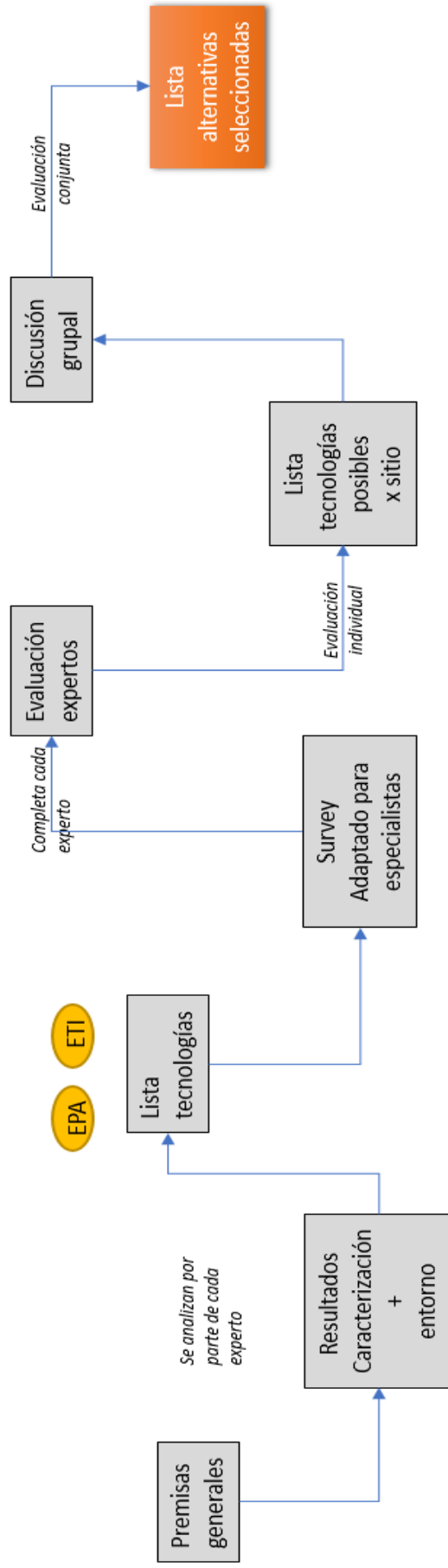
Para efectos de describir el proceso preliminar de selección de alternativas del universo de alternativas existentes tecnológicas para la remediación de la contaminación, se desarrollaron varias sesiones de trabajo que respondían a un esquema de trabajo que se muestra en la siguiente Figura 5-3.

Para llevar este proceso de selección a cabo, se evaluaron las alternativas tecnológicas basados en la información existente en:

- Informe de reconocimiento de sitios impactados
- Modelo conceptual inicial
- Informe de caracterización por sitio
- Estudio técnico independiente (ETI) del PNUD
- *Treatment technology screening matrix* (EPA)
- Visualización en Google Earth de la localización de cada sitio y su entorno

El listado base de tecnologías a evaluar tiene como fuente *Treatment technology screening matrix* (EPA) y en el documento “Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB, del PNUD. Al estar contempladas las tecnologías de este último estudio en la matriz de EPA se toma esta última como universo potencial de tecnologías para los sitios impactados del río Corrientes, la cual se visualiza en la siguiente Figura 5.4.

Figura 5-3 Proceso para la evaluación de la lista larga de alternativa tecnológicas



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-4 Universo de alternativas tecnológicas de remediación

Rating Codes ● Above Average ● Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" I/D - "Insufficient Data" ◇ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application		Fuels	Inorganics
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge			
3.1 In Situ Biological Treatment			
4.1 Bioventing	●	○	○
4.2 Enhanced Bioremediation	●	○	◇
4.3 Phytoremediation	●	○	●
3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment			
4.4 Chemical Oxidation	○	○	◇
4.5 Electrokinetic Separation	○	○	●
4.6 Fracturing	●	○	○
4.7 Soil Flushing	●	○	●
4.8 Soil Vapor Extraction	●	○	○
4.9 Solidification/Stabilization	○	○	●
3.3 In Situ Thermal Treatment			
4.10 Thermal Treatment	●	○	○
3.4 Ex Situ Biological Treatment (assuming excavation)			
4.11 Biopiles	●	○	◇
4.12 Composting	●	○	○
4.13 Landfarming	●	○	○
4.14 Slurry Phase Biological Treatment	●	○	◇
3.5 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming excavation)			
4.15 Chemical Extraction	○	○	●
4.16 Chemical Reduction /Oxidation	○	○	●
4.17 Dehalogenation	○	○	○

Sitio: _____; Comunidad: _____; Sector: _____

Indicar en el primer cuadro con una "x" la(s) selección(es) y en el otro cuadro la(s) razón(es) más relevantes

Fuente: EPA, modificado por Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Como leyenda gráfica que acompaña la lista de tecnologías se anexó la que originalmente acompaña la matriz EPA, la cual se presenta a continuación:

TABLE 3-1: DEFINITION OF SYMBOLS USED IN THE TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX						
Factors		● Above Average	● Average	○ Below Average	Other	
Development Status Scale status of an available technology		Implemented as part of the final remedy at multiple sites, well documented, understood, etc.	Has been implemented at full scale but still needs improvements, testing, etc.	Not been fully implemented but has been tested (pilot, bench, lab scale) and is promising	◇ Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application/design N/A "Not Applicable" I/D "Insufficient Data"	
Treatment Train Is the technology only effective as part of the treatment train?		Stand-alone technology (not complex in terms of number of media/treatment technologies, maybe one "routine" technology in addition)	Relatively simple (two-car train or so), and well understood, widely applied, etc.	Complex (more technologies, media to be treated, generates excessive waste, etc.)		
Relative overall cost and performance	O&M Operation and Maintenance Intensive	Low degree of O&M intensity	Average degree of O&M intensity	High degree of O&M intensity		
	Capital Capital Intensive	Low degree of capital investment	Average degree of capital investment	High degree of capital investment		
	System Reliability /Maintainability The expected range of demonstrated reliability and maintenance relative to other effective technologies	High reliability and low maintenance	Average reliability and average maintenance	Low reliability and high maintenance		
	Relative Costs Design, construction, and operations and maintenance (O&M) costs of the core process that defines each and pre-and post-treatment	Low degree of general costs relative to other options	Average degree of general costs relative to other options	High degree of general costs relative to other options		
	Time Time required to clean up a "standard" site using the technology	in situ soil	Less than 1 year	1-3 years		More than 3 years for in situ soil
		ex situ soil	Less than 0.5 year	0.5-1 year		More than 1 year for ex situ soil
groundwater		Less than 3 years	3-10 years	More than 10 years for water		
Availability Number of vendors that can design, construct, and maintain the technology		More than 4 vendors	2-4 vendors	Fewer than 2 vendors		
Contaminants Treated Contaminants are classified into eight groups: - Nonhalogenated VOCs - Halogenated VOCs - Nonhalogenated SVOCs - Halogenated SVOCs - Fuels - Inorganics - Radionuclides - Explosives		Effectiveness Demonstrated at Pilot or Full Pilot or Full Scale	Limited Effectiveness Demonstrated at Pilot or Full Scale	No Demonstrated Effectiveness at Pilot or Full Scale	Same as above	

Fuente: EPA

Se establecieron unas premisas iniciales de trabajo, las cuales conjuntamente con el material de gabinete disponible, así como con el resumen de la caracterización y ERSA por sitio impactado, permitieron a la consultora con la ayuda de profesionales con experiencia en el tema de remediación, filtrar/seleccionar de la lista larga de alternativas tecnológicas.

Estas premisas de trabajo se resumen a continuación:

- ✓ Para los contaminantes determinados
- ✓ Alto rendimiento para el volumen contaminado (potencial)
- ✓ Experiencia probada (nacional y/o internacional)
- ✓ Costo
- ✓ Insumos
- ✓ Demandas de agua y energía
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Tiempo de ejecución corto (1 año)

Como soporte documental para la ejecución de esta fase de selección de alternativas tecnológicas a partir de un pool de tecnologías potencialmente aplicables, se documenta este ejercicio por parte de la consultora JCI-HGE en el Anexo 6.11.

A continuación, se presenta un resumen del sustento técnico sobre la preselección inicial de la técnica para el sitio S0112 (Sitio 35):

- **Características relevantes:** Suelos predominantemente arcillosos en sus primeras capas y arcillo limosos en sus capas inferiores. El ingreso al sitio es por vía fluvial (2 días de viaje) y luego por carretera afirmada, unas 2 a 3 horas. La comunidad más cercana CCNN José Olaya se encuentra a más de 11,7 km. La topografía del sitio es plana y se encuentra cercano a pozos petroleros.
- **Volumen estimado a remediar:** más de 20 000 m³ suelo
- **Tipo de contaminante presente:** Orgánicos (HTP: F2 y F3, HAP's)
- **Análisis inicial de técnicas:** considerando volúmenes elevados de suelo contaminado, predominantemente con elementos orgánicos (HTP y HAPs) se recomendaría la aplicación de una tecnología de remediación de alto rendimiento y con alta efectividad.

Los tratamientos térmicos suelen presentar este tipo de desempeño, y con muy buenos resultados en corto tiempo. Se sugiere en este caso la aplicación de la desorción térmica como tecnología que ofrece una excelente prestación, pero que además, a diferencia de la incineración, no reduce el 100% de suelo a cenizas, sino que existe una recuperación de suelo (empobrecido) del 80%. Tienen una elevada complejidad los tratamientos térmicos y un consumo importante de combustible, siendo mayor esto en la incineración que en la desorción térmica.

A parte del tratamiento térmico (incineración o desorción térmica), el lavado de suelos también puede ser una tecnología aconsejable para suelos arcillosos que deberán ser tratados en un relativo tiempo corto de un (1) año. Existen varias tecnologías in situ que pudieran utilizarse como: bioventeo, biorremediación, extracción con vapor; sin embargo, las mismas se descartan por el tipo de suelo que le resta efectividad a las mismas. Otras tecnologías ex-situ como biopilas, landfarming también se desestiman por la textura del suelo y por tratarse de contaminantes intemperizados. Sin embargo, existen técnicas que podrían ser evaluadas como la oxidación química, que con la excepción del tipo de suelo podría ser una alternativa efectiva. También se han tenido estudios donde se ha tenido

resultados que indican que el proceso de electro-remediación implementado ofrecen altos porcentajes de remoción de TPH (hasta 90%), del suelo a la fase acuosa (Electro-Remediación De Suelo Contaminado Con Hidrocarburos: Fase I. Joaquín Pinto-Espinoza Instituto Tecnológico de Durango, México.2015).

Por otro lado, cabe señalar que la técnica de biorremediación no siempre es la más adecuada para biodegradar suelos contaminados. La misma depende de muchos factores entre los que se pueden citar: espacio y tiempo disponible para tratamiento, edad del crudo, concentraciones de fracciones pesadas de hidrocarburo, características del suelo: textura, humedad, pH. A continuación, se mencionan mayores detalles de los factores mencionados:

- Un factor importante para obtener un proceso de biorremediación exitoso es la aireación (ventilación) del suelo, durante todo el tiempo que dure el proceso; en ese sentido, la disponibilidad del oxígeno es fundamental para optimizar la remediación del suelo.
- El tipo de suelo es otro factor importante en la medida que determine la capacidad de adsorción y absorción^{dddd} de los contaminantes. Suelos compuestos de materiales húmicos y arcillas dificultan en cierta medida la biodegradación, debido a la poca porosidad de estos que resulta en una disminución del oxígeno disponible.
- El hecho de que en la zona se presente un alto régimen de precipitaciones anuales, juega un importante papel en la toma de decisiones en el uso de la biorremediación. Un primer requisito de las condiciones necesarias para la biorremediación es que esta se debe mantener en un ambiente acuoso mesurado. Aunque el agua es esencial para activar y mantener la descomposición de los hidrocarburos, también mucha agua puede interferir (ser perjudicial) en la disponibilidad de oxígeno, ya que esta puede llegar a ocupar los espacios donde se encontraba el aire necesario para la supervivencia de los microorganismos. El nivel ideal de humedad debería estar alrededor del 35% (se deben evitar valores por debajo del 15% o por encima del 45%).
- El estado de humedad de los suelos es expresado generalmente con un porcentaje de la capacidad del suelo de retener agua. Con menos de un 10% de retención de agua, las fuerzas osmóticas y de adsorción reducen la disponibilidad de agua para los microorganismos y se presenta una reducción en la actividad metabólica de estos. En general la biodegradación aerobia de material orgánico depende de la capacidad de retención de agua del suelo, la cual tiene un rango óptimo entre 50 a 70%.
- Por lo antes expuesto, en zonas donde llueve intensamente es necesario controlar la humedad, para esto se debe acondicionar celdas herméticas que cuenten con un buen sistema de drenaje que no permita posibles inundaciones al tratamiento creando ambientes anaerobios que impidan que las bacterias no puedan desarrollarse y degradar los hidrocarburos.
- El rango óptimo de pH para el crecimiento de los microorganismos se debe mantener entre 6 y 8, preferentemente 7. Las condiciones naturales de los suelos en la cuenca del río Corrientes, tienden a ser ácidos, lo que implicaría que muchas bacterias presenten tolerancia limitada.

^{dddd} En la absorción hay transferencia de masa y volumen en la partícula del suelo, mientras que la adsorción es un fenómeno superficial.

- Para la técnica de biorremediación el suelo debe ser suficientemente permeable para permitir que la solución con los nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio que por lo general se agregan en forma de fertilizantes) y el oxígeno llegue adecuadamente al sistema.
- En la cuenca Corrientes abundan suelos finos (arcillosos). Debido al tamaño de partícula (diámetros menores de 0.002 mm) se dificulta o restringe el flujo o intercambio de agua (fluidos) y microorganismos en la matriz interior del suelo, necesarios para la limpieza.
- Todo esto indica que el sitio de tratamiento debería ser un sitio controlado que tenga una superficie lo suficientemente grande para tratar un volumen interesante de suelo. Sin embargo, este sitio controlado debería ser un sitio techado para controlar la humedad, el suelo debería ser mezclado con material granular para mejorar la ventilación, el pH y la temperatura deberían ser controladas. El uso de maquinarias estaría restringido por el espacio, por lo que el mezclado de suelos se tendría que realizar a mano.
- El tipo de hidrocarburo presente también es importante porque afecta el proceso de biodegradación bacteriano, así como otros procesos laterales que contribuyen a la descontaminación. Entre estos se encuentran la evaporación y la degradación fotoquímica producto de la radiación solar. En ambos casos se encuentra que entre más volátil sea el compuesto mayor será el efecto que estos procesos paralelos tendrán en la recuperación del residuo. Los hidrocarburos de alto peso molecular resultan mucho más complejos de transformar y requieren mayor tiempo para que la acción microbiana descomponga las largas cadenas en sustancias no contaminantes.
- Para la cuenca del río Corrientes los sitios impactados que presentan restos de hidrocarburos, reflejaron en los resultados de análisis de laboratorio que hay presencia de fracciones de hidrocarburos F2 y F3. Estos se comportan de forma recalcitrante a la descomposición y son conocidos como suelos temperizados o intemperizados.
- La biodegradabilidad del crudo juega un papel muy importante en el éxito de la técnica de biorremediación, por lo que se debe considerar el peso molecular y estructura del hidrocarburo.
- La gravedad API del petróleo en la zona de trabajo oscila entre 10 y 30 grados, lo cual corresponde a crudos medianos y livianos respectivamente; sin embargo, la biodegradación es muy lenta para petróleos menores a 20 grados API. Tal como ya se mencionó, una vez el crudo se expone a condiciones atmosféricas, se intemperiza, eliminando las fracciones volátiles y biodegradables, quedando expuestas las fracciones más pesadas, F2 y F3^{eeee}.
- En la selva alta se tiene niveles de fertilidad medios debido a que estos presentan mucha erosión por la alta precipitación anual, en consecuencia, los suelos son bajos en nitrógeno y fósforo.
- Se deberá tener presente que, de realizarse el trabajo de remediación en sitios controlados, disminuirá el apoyo de trabajo que pudiera brindar la comunidad.
- Finalmente, el tiempo que se requeriría para tratar el suelo contaminado utilizando la técnica de biorremediación además de ser muy largo, requeriría aún mayor tiempo para utilizar alguna técnica adicional que permita complementar la limpieza del suelo (alcanzar las concentraciones requeridas).

^{eeee} Lecciones aprendidas en Biotratamiento en Desechos E&P desde 1992 hasta 2002 por Chevron Texaco

Referencias bibliográficas que sustentan el análisis técnico de la consultora para descartar la aplicación, en el sitio impactado S0113 de la técnica de la biorremediación:

- ✚ “Remediación y Revitalización de Sitios Contaminados: Casos Exitosos en México” La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2013
- ✚ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (Comimsa). Ecoticias. Científicos mexicanos remedian suelos contaminados con calor. 2017
- ✚ Biotreating E&P Wastes: Lessons Learned From 1992-2002 por Chevron Texaco. Sara McMillen, Ross Smart y Rene Bernier (ChevronTexaco Energy Research & Technology Company) y Rob Hoffman (ChevronTexaco Overseas Petroleum)
- ✚ Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB. Lineamientos estratégicos para la remediación de los impactos de las operaciones petroleras en el ex Lote 1AB en Loreto, Perú (PNUD Perú)

Las cuales son registro de la aplicación de esta técnica de remediación en países de América del Norte, por otra parte, lo expresado también se nutre de experiencia de los profesionales responsables de realizar el presente estudio.

Por lo anterior se descarta la biorremediación para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos, que para los sitios impactados de la cuenca del río Corrientes comprometen básicamente fracciones de hidrocarburos F2 y F3, que han sido objeto de procesos de meteorización y lavado, lo que hace que sus componentes más volátiles y con mayor potencial de riesgo de contaminación ya no estén presentes en las referidas fracciones.

Por otra parte, la atenuación natural como alternativa de remediación en los sitios impactados ha sido también descartada desde un principio. Siendo la aplicación de esta alternativa totalmente factible en algunos de los sitios impactados de la cuenca del río Corrientes, debido al pronunciado carácter social de este proyecto, se considera necesario establecer propuestas de actuación con intervención para todos los sitios impactados.

Para el sitio S0112 (Sitio 35), las alternativas escogidas del ejercicio de preselección son:

- Tratamiento térmico
- Solidificación/Estabilización
- Aislamiento con geomembrana
- Oxidación química
- Electrocínética
- Inundación de suelos

➤ Evaluación de alternativas por viabilidad técnica y análisis costo-beneficio

Durante la evaluación preliminar se analizarán, de forma cualitativa, dos elementos determinantes en primer filtro para la toma de decisiones:

● **Viabilidad técnica**

La viabilidad técnica viene dada por el nivel de seguridad de llevar a cabo satisfactoriamente y en condiciones óptimas una tecnología disponible, verificando las características del entorno, las condiciones de acceso, el tipo de material contaminante, la operatividad, implicaciones

socioambientales, mecanismos de control, etc. En este sentido, se ha determinado en 5 categorías de carácter empírico:

- No viable (1)
- Poco viable (2)
- Medianamente viable (3)
- Viable con restricciones (4)
- 100 % viable (5)

• **Relación beneficio-costo (B/C)**

Con base en un análisis de carácter empírico se determina cuando llevar satisfactoriamente una propuesta de remediación no implica una inversión económica elevada, es decir donde la inversión requerida no supere el mismo beneficio de la remediación, basado en los objetivos de remediación y en la eficiencia de la técnica de acuerdo a las condiciones, previamente conocidas, de cada sitio impactado.

Para ello, se ha establecido 3 categorías de acuerdo al cociente beneficio-costo:

- $B/C > 1$ – Propuesta de remediación en donde los beneficios son altos y los costos se consideran razonables de acuerdo con los objetivos de remediación
- $B/C = 1$ – Propuesta de remediación en la que los beneficios se encuentran de manera equilibrada a los costos. Requiere un análisis y evaluación técnicos
- $B/C < 1$ – Propuesta en la que los costos son mucho mayores que los beneficios a obtener. Su aplicación está sujeta al análisis y evaluación técnicos

Nota: la razonabilidad de los costos se determinó a partir de comunicación del FONAM en la que se establecieron rangos estimados de costos, que hicieran factible una potencial ejecución de los planes de remediación en sitio en el corto o mediano plazo.

Con base en el análisis de las alternativas presentadas con estos dos criterios (viabilidad técnica y Relación Beneficio-Costo) se seleccionan aquellas que cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- La alternativa posee una viabilidad técnica de 4 o 5 puntos (viable con restricciones y 100 % viable respectivamente) indistintamente del valor de relación B/C.
- La alternativa posee una viabilidad técnica de 3 puntos (medianamente viable) pero su relación B/C es mayor que 1.

De acuerdo con las características del sitio S0112 (Sitio 35) se analiza la aplicación de diferentes alternativas de remediación aplicables considerando la viabilidad técnica y la relación beneficio/costo.

El Cuadro 5-3 presenta la lista de alternativas de remediación que se consideraron aplicables de acuerdo con las características presentadas para el sitio S0112 (Sitio 35) y la presencia de TPH como el elemento a remediar del suelo.

Cuadro 5-3 Lista de remediación aplicables para el sitio S0112 (Sitio 35)

Nº	Alternativa	Viabilidad técnica	Relación Beneficio / costo	Análisis de experto	Elementos contaminantes Orgánicos / Inorgánicos	Efectividad en condiciones parecidas	Equipamiento requerido	Tiempo implementación	Costo operativo (USD/m³)	Incertidumbres
1	Desorción térmica	4	>1	Tecnología que cumple con los objetivos de remediación, pero los costos de instalación y operación de la tecnología son elevados. Por otro lado, la demanda de energía para su funcionamiento es igualmente elevada. Su recomendación de uso está sujeta a la opción modular y portátil, a la disponibilidad presupuestaria y a su planificación de uso en varios sitios impactados. Debe contemplarse el manejo de residuos (escorias, cenizas como en los particulados de gases). Por debajo de 5 000 m3 de suelo contaminado esta técnica no resulta económicamente viable	Orgánicos	Se ha aplicado en la remediación de facilidades petroleras de Pluspetrol en el Lote No. 8	Equipo de desorción, combustible, mano de obra local, retroexcavadoras, camionetas	6 meses	500	Media
2	Oxidación química	4	> 1	Aunque es una técnica usada en el tratamiento de aguas residuales durante décadas, solo recientemente se ha utilizado para tratar aguas subterráneas y suelos contaminados con hidrocarburos. A diferencia de otras tecnologías de remediación, la reducción mediante el proceso de oxidación de contaminantes puede tardar unos cuantos meses o años, en lugar de varios años o décadas; dependiendo del tiempo de limpieza del volumen y tipo de suelo. Con el contacto con los contaminantes orgánicos, los oxidantes pueden ser capaces de convertir la masa de hidrocarburos del petróleo en dióxido de carbono y agua y reducir irreversiblemente las concentraciones de hidrocarburos del petróleo en el suelo y en aguas subterráneas. Cuando se requiere tratar contaminación con metales, se busca cambiar el estado de valencia, ya que de ésta depende la capacidad del metal para reaccionar con otros contaminantes.	Inorgánicos/Orgánicos	No se conoce	Químicos, pozos de captación de aguas, bombas de inyección o aspersión, agua, generadores eléctricos, bombas	8 meses – 2 años	190 - 660	Alta
3	Aislamiento con geomembrana	4	= 1	Esta tecnología permite el cumplimiento de los objetivos de remediación, ya que comprende la remoción total del componente de suelo contaminado del sitio impactado. Sin embargo, el desarrollo total de esta propuesta de remediación requiere de avances en paralelo de acciones que implican costo y labor, lo que pudiera imprimir complicaciones en el desarrollo de esta alternativa.	Inorgánicos/Orgánicos	Muchas experiencias. No se conoce en ambientes selváticos	Retroexcavadoras, motoniveladoras, camión, camión plataforma, volquete, camioneta pick up, geomembranas, mangueras, combustible	6 - 8 meses	230 - 350	Baja
4	Solidificación, estabilización	3	= 1	Técnica de bajos costos en equipos, pero altos costos en operación que inmoviliza hidrocarburos en el suelo mediante reacciones químicas. Para evitar la posibilidad de lixiviación se mezcla con materiales cementantes. Solo se retiene o aprisa el contaminante. Sin embargo, es también necesario dedicar esfuerzos para el	Inorgánicos/Orgánicos	Muchas experiencias. No se conoce en ambientes selváticos	Retroexcavadoras, motoniveladoras, camión, camión plataforma, volquete, camioneta pick up, balanza, equipo soldadura, geomembranas, insumos (cal, cemento, piedra	3 - 4 meses	70 - 250	Baja

Cuadro 5-3 Lista de remediación aplicables para el sitio S0112 (Sitio 35)

Nº	Alternativa	Viabilidad técnica	Relación Beneficio / costo	Análisis de experto	Elementos contaminantes Orgánicos / Inorgánicos	Efectividad en condiciones parecidas	Equipamiento requerido	Tiempo implementación	Costo operativo (USD/m³)	Incertidumbres
				estudio en tiempos largos, a fin de establecer la irreversibilidad de la técnica. Mediante esta técnica se obtiene un sólido apropiado que puede también ser depositado en rellenos de seguridad, eliminándose el riesgo de infiltración del contaminante.			picada, arena, agua), combustible			
5	Electrocinética	3	= 1	Técnica muy eficiente para remediación de sitios contaminados con metales, sin embargo, para TPH no es tan eficiente. Técnica aplicable principalmente a suelos de baja permeabilidad). El contaminante puede separarse con facilidad, incluso en forma pura. Tecnología puede llevar de unas cuantas semanas hasta 6 u 8 meses. El principio de esta técnica se basa en la aplicación de una corriente directa de baja intensidad a través del suelo contaminado, con el uso de electrodos divididos en extremos anódicos y catódicos. El campo eléctrico moviliza las especies cargadas hacia los electrodos, de manera que los iones metálicos, el amonio y los compuestos orgánicos cargados positivamente se moverán hacia el cátodo, mientras que los aniones (cloro, cianuro, fluoruro, nitratos y compuestos orgánicos cargados negativamente) se moverán hacia el ánodo; esta generación de condiciones ácidas puede ayudar a la desorción, disolución y transporte de algunos contaminantes metálicos hacia sistemas de recolección ubicados en el cátodo (Probststein 1994).	Inorgánicos/Orgánicos	Muchas experiencias. No se conoce en ambientes selváticos	Retroexcavadoras, motoniveladoras, camión, camión plataforma, volquete, camioneta pick up, balanza, equipo soldadura, geomembranas, insumos (cal, cemento, piedra picada, arena, agua), combustible	5 - 6 meses	70 - 250	Baja
6	Inundación de suelos (soil flushing)	2	> 1	Técnica in situ que consiste en inundar el suelo contaminado con agua o una solución con surfactante para disolver y/o suspender el contaminante y posteriormente extraer la fase líquida que contienen el contaminante mediante un sistema de extracción. La tecnología requiere la perforación de pozos de inyección y de extracción, es efectiva para suelos arenosos (por esta razón se le asigna un valor de 3 en viabilidad). Entre las ventajas está su bajo costo, no es necesario excavar el suelo, no requiere de infraestructura sofisticada. Entre las desventajas está que el empleo del proceso puede afectar el acuífero si no se dosifica apropiadamente, requiere de grandes cantidades de agua y que los contaminantes sean solubles.	Inorgánicos/Orgánicos	No se conoce	Bombas, pozos de captación, generadores eléctricos, químicos, agua	10 - 12 meses	50 - 330	Alta

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Del cuadro anterior, aquellas alternativas cuya viabilidad técnica se encuentre en el rango de 4 y 5 de viabilidad (viable con restricciones y 100 % viables respectivamente) o que sea medianamente viable con una relación B/C mayor a 1, pasarán a un siguiente análisis de selección, quedando descartadas el resto de las alternativas.

Para el sitio S0112 (Sitio 35), las alternativas pre- seleccionadas son:

- **Desorción térmica**
- **Oxidación química**
- **Aislamiento con geomembrana**

5.5.2 Análisis de alternativas de remediación en base a una matriz de selección de tecnologías con criterios económicos ambientales y sociales incluyendo si al aplicarla requiere transportar equipos y demás aspectos claves para su puesta en marcha.

La selección de determinada tecnología de remediación puede variar ampliamente en función a las condiciones específicas del sitio y el tipo de contaminante. Es importante precisar que el hidrocarburo contiene elementos orgánicos y elementos inorgánicos (metales pesados). Aunque existen técnicas muy económicas y variadas para eliminar los orgánicos; no resulta tan sencillo con los inorgánicos.

Asimismo, existen diferentes tecnologías para remediar suelos las cuales se encuentran en diversas bibliografías; sin embargo, la selección de la tecnología más adecuada dependerá de los criterios Ambientales, Sociales, Técnicos/ingenieriles y Económicos.

En tal sentido, una vez realizada la evaluación preliminar del listado de alternativas aplicables, se propone la siguiente evaluación más detallada:

➤ **Matriz de evaluación ponderada**

Consiste en una evaluación objetiva, a través de una matriz de evaluación considerando aspectos y atributos de aquellas alternativas no descartadas, es decir aquellas que cumplieron con los criterios de viabilidad técnica y relación B/C.

• **Aspectos y atributos considerados en la matriz**

JCI-HGE propone una matriz de doble entrada la cual permite la selección de las técnicas de remediación considerando cinco (5) aspectos: Ambiental, Social, Técnico/Ingeniería, Logístico y Económico, teniendo en cuenta los atributos con un sistema de ponderación que permita obtener un puntaje final de la mejor opción por sitio.

El cuadro siguiente presenta un resumen de lo señalado anteriormente, escribiendo los criterios para cada aspecto de evaluación en una escala de 1 a 3 puntos, siendo 3 la mejor condición.

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios		Justificación selección valor criterio
Aspectos Ambientales			
Eficiencia con respecto a los objetivos de remediación	1=La técnica de remediación alcanza parcialmente con los objetivos de remediación		Tecnología que no ha sido 100% implementada a escala industrial, pero si ha sido probada a escala piloto o a pequeña escala y su potencialidad es promisoria. Efectividad no demostrada
	2=La técnica de remediación alcanza los objetivos de remediación		Ha sido implementada a escala industrial, pero aún pudiera considerarse mejoras, ensayos previos, etc., para su implantación. Efectividad limitada
	3=La técnica de remediación supera los objetivos de remediación		Implementada como tecnología de remediación definitiva ampliamente, se encuentra bien documentado y entendido su funcionamiento. Su aplicación asegura la eliminación, la contención o el control del residuo y su interacción con el ambiente. Efectividad demostrada
Riesgo asociado al componente ambiental*	Agua	1=Si la técnica de remediación representa un Riesgo Alto al componente ambiental	La aplicación de la tecnología implica una elevada probabilidad de ocurrencia de daño ambiental en alguno o todos los componentes indicados, pudiendo ocasionar problemas a largo y mediano plano. Implica el uso de diversos y complejos mecanismos de control que incrementan los costos y la dificultad de implantación
		Aire	
	Suelo	2=Si la técnica de remediación representa un Riesgo Moderado al componente ambiental	La aplicación implica una probabilidad de ocurrencia de deterioro ambiental de carácter medio en alguno o todos los componentes, con implicaciones de daño a mediano y corto plazo. Implica mecanismos de control estándar que pudieran incrementar
	Sedimento		
	Biológico		
	Hidrobiológico	3=Si la técnica de remediación representa un Riesgo Leve o Aceptable al componente ambiental	La aplicación implica una baja probabilidad de ocurrencia de daño o perjuicio ambiental sobre cualesquiera de los componentes ambientales. De haber una perturbación está pudiera ser fácilmente manejada a través de los sistemas estándares de control del equipo. No se requieren grandes inversiones en mecanismos de control.
Grado de Monitoreo ambiental requerido	1=El área a remediar requiere una red intensa de monitoreo y con alta frecuencia		Para el control ambiental durante y post-ejecución se requiere un monitoreo intensivo (> 5 estaciones por componente), con elevada frecuencia (diaria, semanal, mensual y anual) y sobre al menos 5 componentes.
	2=El área a remediar requiere una red de monitoreo y con baja frecuencia.		Monitoreo durante y post-ejecución semi-intensivo (3-5 estaciones por componente), con frecuencia media (semanal, mensual, anual) y sobre al menos 4 componentes.
	3=El área a remediar requiere una red de monitoreo y frecuencia acorde con la técnica seleccionada.		Monitoreo durante y post-ejecución no intensivo (3 estaciones por componente), con frecuencia baja (mensual, anual) y sobre al menos 2-3 componentes.
Requerimiento de autorizaciones en la implementación de las acciones de	1=Necesidad de involucrar a más de 5 autoridades administrativas		Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
	2=Necesidad de involucrar de 3 a 5 autoridades administrativas		

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
remediación	3=Necesidad de involucrar máximo a 2 autoridades administrativas	
Aspectos Técnicos / Ingeniería		
Grado y tipo de contaminación	1=El tratamiento admite solo concentraciones bajas de contaminantes y de un tipo de contaminante	Espectro de desempeño limitado a un único tipo de contaminante y a concentraciones bajas (con base a una referencia a los estándares de calidad peruanos, no debe exceder en un 1000% de su valor límite)
	2=El tratamiento admite sitios con moderadas concentraciones de uno o más tipos de contaminantes	Espectro de desempeño para una gama de contaminante de una misma composición (orgánicos volátiles, por ejemplo) y a concentraciones medias (con base a una referencia a los estándares de calidad peruanos, no debe exceder en un rango de 1000%-2000% de su valor límite)
	3=El tratamiento admite sitios con altas concentraciones de uno o más tipos de contaminantes	Espectro de desempeño amplio, para distintos contaminantes de diferente composición y a cualquier concentración
Acondicionamiento del material	1=El tratamiento requiere un esfuerzo para acondicionar el material previo al tratamiento	El tratamiento involucra el uso de otros equipos, consumo de energía y recursos (agua, por ejemplo) lo cual tiene una incidencia directa sobre el costo y el tiempo de ejecución (mayor al 20% del total) de la remediación
	2=El tratamiento requiere un acondicionamiento moderado del material	El tratamiento involucra el uso de algún procedimiento o uso de equipo que pudiera conllevar a un consumo de energía y recursos (agua, por ejemplo) lo cual tiene una incidencia media sobre el costo y el tiempo de ejecución (no mayor al 15% del total) de la remediación
	3=El tratamiento no requiere acondicionamiento previo del material o muy poco esfuerzo.	El tratamiento requiere una adecuación del material a ser tratado, el cual, de requerir el uso de otros equipos o procedimientos, no tendría una incidencia en costo y tiempo de ejecución por encima del 10% del total de la remediación.
Generación de residuos	1=La remediación genera gran cantidad de residuos	Se genera un volumen de residuos mayor a 12 m ³ día en total (efluentes, sólidos y gaseosos)
	2=La remediación genera moderada cantidad de residuos	Se genera un volumen de residuos entre 6 y 12 m ³ día en total (efluentes, sólidos y gaseosos)
	3=La remediación genera una mínima o nula cantidad de residuos	Se genera un volumen de residuos inferior a 6 m ³ día en total (efluentes, sólidos y gaseosos)
Área requerida de la instalación	1=Se requiere un área extensa para la técnica de remediación (más del 30% del área total a remediar)	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
	2=No se requiere un área extensa para la técnica de (entre el 10 al del 30% del área total a remediar)	
	3=No se requiere o es muy poca el área requerida para la instalación de la técnica de remediación (no supera el 10% del área total a remediar)	

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
Nivel de experiencia en la técnica	1=No se tiene experiencia alguna en la técnica	Sólo se ha probado a escala piloto o experimental. Eficiencia no comprobada a escala industrial
	2=Existe experiencia exitosa en la aplicación, aunque difieren en las condiciones actuales.	Probado a escala piloto y experimental. Ha sido escalado a nivel industrial, pero requiere mejoras, pruebas, ensayos previos a una potencial aplicación en ambientes de selva. Efectividad demostrada a escala piloto e industrial
	3=Existe experiencia exitosa de la técnica, incluso con características similares.	Tecnología que ha pasado por las pruebas piloto, experimental e industrial y su efectividad está ampliamente demostrada. Su aplicación en ambientes de selva, aún sin contar con experiencias previas en estos ecosistemas, es totalmente factible
Requerimiento acciones complementarias post remediación en el sitio	1=Se requiere la aplicación de varias acciones post remediación	Necesidad de aplicar de 5 o más acciones post remediación, como por ejemplo enmiendas de suelo, revegetación, recuperación del área de operaciones de tratamiento, uso de material de préstamo, etc.
	2=Se requiere la aplicación de algunas acciones post remediación	Se requiere la aplicación de 3 a 5 acciones post remediación
	3=No se requiere acciones complementarias o muy específicas.	Necesidad de aplicar menos de 3 o ninguna acción de remediación
Consumo / afectación de recursos naturales (agua, suelo, vegetación, etc.)	1=El tratamiento requiere un alto consumo y afectación de recursos naturales	Requiere un consumo de agua superior a 500 litros/día y un desbosque u ocupación de suelo mayor de 0,01 ha
	2=El tratamiento requiere una afectación y uso bajo o moderado de recursos naturales	Requiere un consumo de agua entre 200 y 500 litros/día y un desbosque u ocupación de suelo entre 0,005 y 0,01 ha
	3=El tratamiento no requiere el uso de recursos naturales o es muy escaso su requerimiento	Requiere un consumo de agua menor a 200 litros/día y un desbosque u ocupación de suelo inferior a 0,005 ha
Riesgos Operacionales relacionados con la técnica	1=Los riesgos inherentes a las operaciones de la técnica de remediación son altos	Requiere de procedimientos de trabajo con la debida identificación y calificación de riesgos y peligros, por áreas de proceso. Manual de evaluación de riesgo para el uso de los equipos. Capacitación requerida al personal para labores específicas. Estrictas medidas de seguridad industrial. Uso de EPP especiales para determinados procesos. Implica incremento en los costos operativos de la tecnología (> 8 % del costo operativo)
	2=Se identifican riesgos inherentes a las operaciones de remediación	Requiere de procedimientos de trabajo con la debida identificación e interpretación de riesgos y peligros. Capacitación en seguridad. Estrictas medidas de seguridad industrial. Uso requerido de EPP. Implica un incremento medio en los costos operativos de la tecnología (5 – 8 % inversión)
	3=No se identifican riesgos o son identificados como muy bajos	Requiere de procedimientos de trabajo con la identificación de riesgos y peligros. Charla en seguridad requerida. Aplican medidas y normas básicas de seguridad industrial. Uso requerido de EPP. Implica un incremento bajo en los costos operativos de la tecnología (< 5 % inversión)
3. Aspectos logísticos		

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
Acceso al sitio	1=Alta dificultad de acceso al sitio	Implica la necesidad de construcción de accesos, mejoras de carreteras y existe una dependencia notable entre la accesibilidad y los eventos frecuentes de lluvia. Localización del sitio a más de 10 km de una CN o de una facilidad petrolera
	2=Dificultad de acceso al sitio	Deben mejorarse los accesos y las vías. El tránsito se complica con las lluvias. Localización entre 5 – 10 km de una CN o de una facilidad petrolera
	3=Ninguna o muy baja dificultad de acceso al sitio	Accesibilidad directa al sitio impactado desde la carretera. Transitabilidad pudiera ser afectada por las lluvias. Distancia a CN o facilidad petrolera menor a 5 km
Requerimiento de transporte (fluvial, marítimo)	1=Se requiere una compleja movilización y con alta frecuencia	Se requiere embarcaciones de gran tamaño (que soporten más de 20 ton de carga) y camiones con capacidad similar para para el traslado de equipos vía fluvial y terrestre. Se requiere el traslado de combustible, agua o insumos para la obra diariamente
	2=No requiere una compleja movilización, y poco frecuente	Se requiere embarcaciones de tamaño medio (que soporten entre 10 y 20 ton de carga) y camiones con capacidad similar para para el traslado de equipos vía fluvial y terrestre. Se requiere el traslado de combustible, agua o insumos para la obra al menos cada 2 días
	3=Se requiere baja o ninguna movilización	Se requiere embarcaciones que soporten hasta 10 ton de carga y camiones con capacidad similar para para el traslado de equipos vía fluvial y terrestre. Se requiere el traslado de combustible, agua o insumos para la obra al menos una vez a la semana
Requerimiento y tipo de equipo	1=Se requiere un gran número de equipo, incluyendo maquinarias pesada	Se requiere en la operación el uso de más de 2 equipos pesados (por ejemplo, retroexcavadoras), más de 3 equipos medios (bocat, cisternas, trompo de mezcla) y más de 5 pick up
	2=Se requiere un bajo número de equipo y muy poca o ninguna maquinaria pesada	Se requiere en la operación el uso de 1 a 2 equipos pesados (por ejemplo, retroexcavadoras), de 2 a 3 equipos medios (bocat, cisternas, trompo de mezcla) y de 3 a 5 pick up
	3=Se requiere poco o ningún equipo	Se requiere en la operación el uso de 1 equipo pesado (por ejemplo, retroexcavadoras), menos de 2 equipos medios (bocat, cisternas, trompo de mezcla) y de 2 a 3 pick up
Servicios de apoyo	1=Se requiere un alto requerimiento de servicios de apoyo (contratistas, proveedores, etc.)	Más de 15 contrataciones de proveedores, servicios de apoyo o contratistas
	2=Se requiere servicios de apoyo (contratistas, proveedores, etc.)	Más de 10 a 15 contrataciones de proveedores, servicios de apoyo o contratistas
	3=Se requiere poco o ningún equipo servicio de apoyo	Menos de 10 contrataciones de proveedores, servicios de apoyo o contratistas
Tipo y fuentes de energía	1=Se requiere un alto volumen y de fuentes de energía (combustible, eléctrica o gas)	Consumo de combustible mayor a 1000 litros/día y de energía eléctrica mayor 10 kw/día
	2=Se requiere un volumen manejable de energía	Consumo de combustible entre 500 y 1000 litros/día y de energía eléctrica entre 5 y 10 kw/día

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	3=Se requiere poco o ninguna fuente de energía	Consumo de combustible inferior a 500 litros/día y de energía eléctrica menor a 5 kw/día
4. Aspectos Sociales		
Riesgo a los receptores (comunidad, centros poblados, etc.)	1=Si la técnica de remediación presenta un Riesgo Alto a los receptores	Si existiese una alta probabilidad de que los receptores, humanos o ecológicos, pudieran verse afectados por las operaciones de la remediación, y que dicha afectación pudiera requerir la consideración de posibles acciones correctivas, previo a su aplicación, lo cual conlleva a un incremento en los costos operativos (> 5%)
	2=Si la técnica de remediación presenta un Riesgo Leve o Aceptable a los receptores	Si existiese probabilidad media de que los receptores, humanos o ecológicos, pudieran verse afectados por las operaciones de la remediación, y que dicha afectación pudiera requerir o no la consideración de posibles acciones correctivas, previo a su aplicación, lo cual conlleva a un incremento en los costos operativos (< 5%)
	3=Si la técnica de remediación presenta un Riesgo Mínimo o nulo a los receptores	Si existiese una baja o nula probabilidad de que los receptores, humanos o ecológicos, pudieran verse afectados por las operaciones de la remediación. No se requiere la consideración de acciones correctivas
Tiempo de respuesta de la técnica remediación	1=El tiempo requerido para la remediación puede variar de 2 a más años 2=El tiempo requerido para la remediación puede variar de meses hasta 2 años 3=El tiempo requerido para la remediación puede variar entre semanas a meses	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
Generación de empleo local	1=No se requiere mano de obra local o muy poca en caso necesitarlo (menos del 15% del total de personal) 2=Se requiere la participación de mano de obra local (entre 15 y 25% del total de personal) 3=Se requiere mano de obra local (mayor del 30% del total de personal)	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
Contratación de servicios locales	1=No se requiere servicios o proveedores locales o servicios muy puntuales	La operación de los equipos está altamente automatizada y no requiere de una baja contratación de apoyos locales (< 5 empleados) o de servicios (< 3)
	2=Se requiere el apoyo de proveedores locales, pero en forma muy temporal	La operación de los equipos requiere de una media contratación de apoyos locales (5-10 empleados) o de servicios (< 4)
	3=Se requiere el apoyo de proveedores y servicios locales en forma continua durante el proceso de remediación	La operación de los equipos requiere de una alta contratación de apoyos locales (> 10 empleados) o de servicios (> 5)
Percepción de la remediación por la comunidad	1=Se presenta una percepción negativa de la remediación por parte de la comunidad.	Se piensa que la comunidad no estaría de acuerdo con la aplicación de la tecnología por desconocimiento o por las posibles implicaciones de la solución o porque no lo ven como una solución a sus problemas de contaminación. No es tangible la acción de remediación

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	2=Se presenta opiniones variadas en cuanto a la técnica de remediación.	La comunidad pudiera no estar de acuerdo con la aplicación de la tecnología por desconocimiento o por las posibles implicaciones de la solución o porque no lo ven como una solución a sus problemas de contaminación, pero con una adecuada y asertiva estrategia de comunicación y socialización pudiera ser aplicada. La acción de remediación es medianamente tangible
	3=Se presenta una percepción positiva de la técnica por parte de la comunidad.	La comunidad seguramente estará de acuerdo con la aplicación de la tecnología ya que lo verían como una solución a sus problemas de contaminación. Es tangible la acción de remediación
5. Aspectos económicos		
Nivel de inversión*	1=Los costos de tratamiento superan los \$1000 /m ³ de elemento a remediar. 2=Los costos de tratamiento ascienden entre \$250 y \$1000 /m ³ de elemento a remediar. 3=Los costos de tratamiento ascienden a un monto menor a \$250/m ³ de elemento a remediar.	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
Costos de movilización de equipos (transporte, etc.)	1=Los costos de movilización son muy elevados (superan el 30% el presupuesto) 2=Los costos de movilización son moderados (varían entre 15 y 30% del presupuesto) 3=No requiere inversión para movilización o son muy bajos menores (menos del 15% del presupuesto)	Criterios de carácter objetivo. No requieren mayor detalle
Costos de mantenimiento o vigilancia durante y post remediación	1=Los costos de mantenimiento o vigilancia son muy elevados	Los costos superan el 0,05 % de la inversión total de la remediación
	2=Los costos de mantenimiento o vigilancia son moderados	Los costos están entre 0,01 y el 0,05 % de la inversión total de la remediación
	3=No requiere inversión para mantenimiento o vigilancia o son muy bajos menores	Los costos son inferiores al 0,01 % de la inversión total de la remediación

*Aplica para cada componente.

Adaptado de la Guía para la elaboración del PDS (MINAM), Practice Guide for Investigation and Remediation of Contaminated Land (2011), Chan-Quijano et al (2015) y Roqueta (2016) (*).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

• Ponderación de aspectos y atributos

Una vez seleccionados los aspectos y atributos a considerar en la matriz de evaluación, es necesario asignar ponderaciones, lo cual permite dar mayor valoración en aquellos aspectos y atributos que tienen mayor influencia en la selección de la técnica de remediación.

Cabe señalar que, debido a las características sociales del proyecto y la relevante participación e influencia que tienen los diferentes actores sociales (comunidades, federaciones, etc.) para el desarrollo presente y futuro de remediación, se ha considerado darle mayor peso al aspecto social (30 %), seguido por el aspecto ambiental (25 %), mientras los aspectos técnicos, logísticos y económicos poseen una valoración más baja (15 %).

Para efectos de la valoración de tecnologías se puntualiza el alcance de las acciones como se describen a continuación:

- *in situ*: toda aplicación de una tecnología o metodología de remediación que se efectúa directamente sobre el sitio impactado.
- *ex situ*: toda aplicación de una tecnología o método de remediación que se efectúa o se ejecuta en otro sitio distinto al impactado.

• Análisis de resultados de la matriz

Definidos los aspectos y atributos, con sus porcentajes de ponderación, se procede al llenado de la matriz para cada alternativa propuesta.

El Cuadro 5-4 presenta la matriz de evaluación con los porcentajes de ponderación respectivos y las técnicas seleccionadas para el sitio S0112 (Sitio 35).

En la columna “Valor” de la matriz, se asigna el número (criterio) a cada alternativa; la cual el menor valor (1) representa la peor condición y el mayor valor (3) la mejor condición.

La columna “Valor Pond” se obtiene de la fórmula:

Para el caso de los atributos:

$$VAtr = (\% Pt \times Val) / 3$$

Donde:

- VAtr: Valor ponderado del Atributo.
- % Pt: Porcentaje de ponderación asignado al atributo (establecido en la matriz previamente, ver Cuadro 5-4).
- Val: Valor que se debe asignar al atributo según técnica a evaluar, el menor valor es 1 (peor condición) y el mayor es 3 (mejor condición) (ver Cuadro 5-4).
- 3: Número pre establecido, corresponde al mayor valor posible de asignar.

Para el caso de los aspectos:

$$VAsp = ((\sum VAtr) \times \% Pa) / 100$$

Donde:

- VAsp: Valor ponderado del Aspecto.
- $\sum VAtr$: Sumatoria de los valores ponderados de los atributos.
- % Pa: Porcentaje de ponderación asignado al aspecto (establecido en la matriz previamente, ver Cuadro 5-4).

El Valor Total corresponde a la sumatoria de los porcentajes ponderados, este valor debe encontrarse en el rango de 100 y 33,33; correspondiente al valor máximo y el valor mínimo posible respectivamente.

El análisis conjunto de los resultados de la matriz, sumado a la interpretación por el grupo de especialista JCI-HGE dará lugar a las mejores alternativas de remediación para el manejo del sitio impactado.

Cabe señalar, que cada alternativa es evaluada en la matriz considerando su aplicación tanto *in situ* como *ex situ*.

Cuadro 5-5 Evaluación de alternativas de remediación sitio S0112 (Sitio 35)

Tipo de técnica de Remediación		PROCEDIMIENTOS FISICO QUÍMICOS											
		Desorción térmica				Oxidación química				Aislamiento con geomembrana ex situ			
		Valor Pond.	Valor	ex situ	Valor Pond.	Valor	in situ	Valor Pond.	Valor	ex situ	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
Aspectos y atributos	%												
1. Aspectos Ambientales	25	14		22,46				15,13			15,13		16,81
Eficacia del Cumplimiento con los objetivos de remediación	40	26,67	3	40			2	26,67	2		26,67	2	26,67
Riesgo asociado al componente ambiental	35	21		31,5				22,17			22,17		23,92
Agua	30	20	2	20			2	20	2		20	2	20
Aire	5	1,67	3	5			3	5	3		5	3	5
Suelo	15	5	3	15			1	5	1		5	2	10
Sedimento	20	13,33	3	20			2	13,33	2		13,33	2	13,33
Hidrobiológico	30	20	3	30			2	20	2		20	2	20
Grado de Monitoreo ambiental requerido post	15	5	3	15			1	5	1		5	2	10
Requerimiento de autorizaciones previas	10	3,33	1	3,33			2	6,67	2		6,67	2	6,67
2. Aspectos Técnicos / Ingeniería	15	10,5		11,5				11,5			11		14
Grado y tipo de contaminación	20	20	3	20			1	6,67	1		6,67	3	20
Acondicionamiento del material	10	10	2	6,67			2	6,67	3		10	3	10
Generación de residuos	15	10	2	10			3	15	3		15	3	15
Area requerida de la instalación	10	10	2	6,67			3	10	3		10	2	6,67
Nivel de experiencia en aplicación	10	3,33	3	10			2	6,67	2		6,67	3	10
Requerimiento de acciones complementarias post remediación	10	3,33	2	6,67			2	6,67	1		3,33	2	6,67
Consumo de recursos naturales (agua, suelo, etc.)	15	10	2	10			3	15	3		15	3	15
Riesgos Operacionales relacionados con la técnica	10	3,33	2	6,67			3	10	2		6,67	3	10
3. Aspectos logísticos	15	8,75		9				10			8,75		6,75
Acceso al sitio	20	13,33	2	13,33			2	13,33	2		13,33	2	13,33
Requerimiento transporte (fluvial, marítimo)	25	8,33	1	8,33			2	16,67	1		8,33	1	8,33

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 5-5 Evaluación de alternativas de remediación sitio S0112 (Sitio 35)

Tipo de técnica de Remediación		PROCEDIMIENTOS FISICO QUÍMICOS											
		Desorción térmica				Oxidación química				Aislamiento con geomembrana ex situ			
		Valor Pond.	Valor	ex situ	Valor Pond.	Valor	in situ	Valor Pond.	Valor	ex situ	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
Aspectos y atributos	%												
Requerimiento y tipo de equipo	20	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	1	6,67	
Requerimientos y servicios de apoyo	20	13,33	3	20	2	13,33	2	13,33	2	13,33	1	6,67	
Tipo y fuentes de energía	15	10	1	5	2	10	2	10	2	10	2	10	
4. Aspectos Sociales	30	20		30		18,5		18,5		18,5		21,5	
Riesgo a los receptores (comunidad, centros poblados, etc.)	30	20	3	30	2	20	2	20	2	20	2	20	
Tiempo de respuesta de la técnica remediación	15	10	3	15	2	10	2	10	2	10	3	15	
Generación de empleo local	25	16,67	3	25	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	
Contratación de servicios locales	15	10	3	15	2	10	2	10	2	10	2	10	
Percepción de la remediación por la comunidad	15	10	3	15	1	5	1	5	1	5	2	10	
5. Aspectos económicos	15	10		6,25		10		8,75		8,75		10	
Nivel de inversión	50	33,33	1	16,67	2	33,33	2	33,33	2	33,33	2	33,33	
Costos de movilización de equipos (transporte, etc.)	25	16,67	1	8,33	2	16,67	1	8,33	1	8,33	2	16,67	
Costos de mantenimiento o vigilancia durante y post remediación	25	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	
Total	100	63,25		79,21		65,13		62,13		62,13		69,06	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El Cuadro 5-6 presenta el resultado obtenidos de la matriz considerando la ponderación de las alternativas en orden de mayor a menor viabilidad.

Cuadro 5-6 Resultados de alternativas de matriz sitio S0112 (Sitio 35)

N.º	Alternativa	Valor ponderado obtenido
1	Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	69,06
3	Oxidación química <i>in situ</i>	65,13
5	Desorción térmica <i>ex situ</i>	79,21
6	Oxidación química <i>ex situ</i>	62,13

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Con base en los resultados obtenidos, se seleccionan las tres primeras alternativas que obtuvieron los más altos valores de ponderación para proseguir su evaluación final.

- **Selección de alternativa**

Con base en las tres (3) primeras alternativas resultantes de la matriz de evaluación, se procede con un análisis costo/efectividad apoyado en la revisión de las experiencias o resultados similares que permitirán determinar finalmente, la mejor alternativa.

- **Oxidación Química *in situ***
- **Aislamiento con geomembrana *ex situ***
- **Desorción térmica *ex situ***

5.5.3 Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto similares.

A continuación, se presenta una breve descripción de las experiencias o ensayos pilotos similares con base en revisión bibliográfica, ya sea internacional, nacional o regional, el uso y efectividad de la técnica de remediación.

A. Aislamiento con geomembrana

Infraestructura y/o instalación de seguridad diseñada para contener residuos potencialmente peligrosos para la salud humana y el ambiente.

Existen múltiples experiencias en diferentes localidades a nivel mundial acerca del desarrollo de metodologías de aislamiento (contención) de materiales peligrosos en rellenos de seguridad. No obstante, son muy pocas las experiencias de desarrollo de estos métodos de aislamiento (contención) en selva, más sí la construcción de rellenos sanitarios para residuos de origen doméstico (no peligrosos). Perú, para el 2018 cuenta con al menos 4 experiencias de rellenos sanitarios en selva (Dirección General de Educación, Ciudadanía e Información Ambiental), pero no cuenta con infraestructura de aislamiento (contención) tipo relleno de seguridad en esta particular región.

La aplicación de esta tecnología no requiere de ensayos de laboratorio o piloto para su aplicación.

Se requiere por otro lado la extracción del material para su colocación en el espacio o terreno y la excavación adecuada para el aislamiento(contención) del material contaminado.

La Refinería Talara se encuentra ubicada en Talara, región Piura – Perú, la cual es una sede de Petróleos del Perú – Petroperú S.A. donde se desarrolla el proceso de refinación de crudo para su posterior comercialización, dentro de sus actividades y operaciones, son frecuentes los incidentes como derrames en el suelo, el cual comúnmente es retirado y trasladado con destino final al relleno de seguridad Milla Seis donde es confinado como residuo peligroso (Efecto del compost de cáscara de Citrus limon sobre la degradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados provenientes de Refinería Talara Lorenz Rodríguez, 2016).

Como otras experiencias nacionales en aislamientos de residuos peligrosos se tiene:

- Are Yaku Pacha SAC, ubicado en Pampas de Congora km 7,5 Carretera Piura-Paita, distrito de Catacaos y Miguel Checa, provincia de Piura y Sullana, región Piura (<http://areyaku.com.pe/>)
- Relleno Taris S.A. (anterior Befesa Perú), ubicado en Panamericana Sur km 59, Quebrada Chutana km 4,5. Distrito de Chilca, provincia de Cañete, Dpto. de Lima (http://www.digesa.minsa.gob.pe/Expedientes/EC_REGISTROS/EC-1505-137.17.pdf)
- Relima Ambiental S.A., ubicado a la altura del km 39 de la Panamericana Sur, distrito de Lurín. Provincia de Lima. Dpto. de Lima (<http://www.relima.com.pe/>)
- Petramás, ubicado en Quebrada de Huaycoloro, km 7, distrito de San Antonio, provincia de Huarochirí, Dpto. de Lima (<http://www.petramas.com/>)

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de aislamiento con geomembrana:

- ✚ (Efecto del compost de cáscara de Citrus limon sobre la degradación de hidrocarburos totales de petróleo en suelos contaminados provenientes de Refinería Talara Lorenz Rodríguez, 2016)
- ✚ Design, Construction and Operation of a Funnel and Gate In-Situ Permeable Reactive Barrier for Remediation of Petroleum Hydrocarbons in Groundwater. 2002. Terry McGovern; Turlough F. Guerin; Stuart Horner & Robert Brent Davey. Water Air and Soil Pollution
- ✚ Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition
- ✚ Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006
- ✚ Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version, October, 1998, EPA 542-B-98-007
- ✚ DOE, 1995. Technology Catalogue, Second Edition, Office of Environmental Management and Office of Technology Development, DOE/EM-0235
- ✚ EPA, 1987. Geosynthetic Design Guidance for Hazardous Waste Landfill Cells and Surface Impoundments, EPA/600/2-87/025
- ✚ EPA, 1988. Technology Screening Guide for Treatment of CERCLA Soil and Sludge, EPA/540/288/004
- ✚ EPA, 1989. Final Covers on Hazardous Waste Landfills and Surface Impoundments, Technical Guidance Document, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, EPA/530/SW-89/047
- ✚ EPA, 1991. Compilation of Information on Alternative Barriers for Liner and Cover Systems, EPA/600/2-91/002
- ✚ EPA, 1991. Inspection Techniques for the Fabrication of Geomembrane Field Seams, Technical Guidance Document, EPA/530/SW-91/051

- ✚ EPA, 1993. Construction Quality Control and Quality Assurance at Waste Containment Facilities, Technical Guidance Document, Office of Research and Development, RREL, Cincinnati, OH, EPA/600/R-93/182
- ✚ EPA, 1993. Engineering Bulletin Landfill Covers, EPA/540/S-93/500
- ✚ EPA, 1995. RCRA Subtitle D (258) Seismic Design Guidance for Municipal Solid Waste Landfills, Office of Research and Development, NRMRL, Cincinnati, OH, EPA/600/R-95/051.
- ✚ EPA, 1995. Report of 1995 Workshop on Geosynthetic Clay Liners, Office of Research and Development, NRMRL, Cincinnati, OH, EPA/600/R-96/149
- ✚ EPA, 1997. Best Management Practices (BMPs) for Soil Treatment Technologies: Suggested Operational Guidelines to Prevent Cross-media Transfer of Contaminants During Clean-UP Activities, EPA OSWER, EPA/530/R-97/007
- ✚ EPA, 1997. Technology Alternatives for the Remediation of Soils Contaminated with As, Cd, Cr, Hg, and Pb, Engineering Bulletin, EPA540/R-97/008
- ✚ EPA, 1998. Evaluation of Subsurface Engineered Barriers at Waste Sites, Technology Report, EPA/542/R-98/005
- ✚ AFCEE/ERT, 1999. Landfill Covers for Use at Air Force Installations

B. Desorción térmica

La tecnología de remediación mediante la desorción térmica es sumamente eficaz para el tratamiento ex situ de suelos contaminados con compuestos orgánicos: disolventes, aceites minerales, bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, plaguicidas y dioxinas.

En el mundo, una de las técnicas más usadas después del relleno de seguridad, es el tratamiento mediante procesamiento térmico. Las potenciales tecnologías más aplicadas son: incineración en horno rotativo y la desorción térmica.

En el área de estudio, se tiene la experiencia del tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos mediante el método de desorción térmica dando excelentes resultados; no obstante, no se continuó con la aplicación de este proceso y posiblemente sea debido al elevado costo que representa, siendo esto la gran desventaja de esta técnica. También se tiene conocimiento de aplicación de incineración de material contaminado con hidrocarburos en las áreas realizadas por operadoras dentro del área para residuos contaminados con hidrocarburos.

La Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (U.S. EPA) reconoce a la Desorción Térmica (DT) como una técnica de remediación desde hace más de 20 años.

La desorción térmica es una tecnología que calienta el suelo para volatilizar el contaminante y atraparlo; mientras que la incineración destruye la materia orgánica por oxidación térmica.

El material tratado, una vez enfriado, es analizado para comprobar la consecución de los objetivos de tratamiento establecidos. El porcentaje de reducción obtenido mediante esta técnica es superior al 95% (Empresa para la Gestión de Residuos Industriales, S.A., S.M.E., M.P. - Emgrisa).

Experiencia en Perú

La tecnología ha sido probada tanto en el Lote 192 (ex Lote 1AB) como en el Lote 8.

En el Lote 8, en enero 25 y 26 del presente año, se realizó una prueba piloto con muestras de suelo contaminadas con TPH colectadas en campo, obtenidas de la Poza de borras de la Batería 2 y de la poza clarificada de la batería 1. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio acreditado (analytical laboratory – ALAB), y como resultado, las concentraciones de TPH después del proceso de desorción estuvieron por debajo de ECA para suelos y en cuanto a las emisiones atmosféricas

estas no superaron los valores establecidos en el DS 014-2010-MINAM -- Límites Máximos Permisibles para las Emisiones Gaseosas y de partículas de las Actividades del sub sector Hidrocarburos (Terra Vert, 2019)

Actualmente (marzo de 2019) se vienen realizando en la ciudad de Lima pruebas piloto con muestras de suelo transportadas desde el Lote 8.

El Grupo Séché - Kanay (Befesa) dispone de sistema de incineración ex situ en Villa El Salvador para tratar 20,000 ton anuales de desechos peligrosos hospitalarios.

Experiencia en Kuwait

Emgrisa en el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y abril de 2014, realizó el tratamiento de 10,000 toneladas de suelos contaminados con hidrocarburos utilizando la técnica de desorción térmica en el campo petrolífero de Burgan (cercano a la ciudad de Kuwait).

Experiencia en México

La Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (Comimsa) cuenta con proyectos para el desarrollo de tecnologías especializadas y autorizadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos para eliminar pasivos ambientales en el norte de México.

Es interesante acotar que un área donde se indicaba un tratamiento mediante el proceso de biorremediación no funcionó. Después de investigar lo que estaba ocurriendo, relacionado a características del suelo: tipo, tamaño de partículas, origen, intemperización y otros; se obtuvo como resultado que el tipo de suelo y fragmentos de roca arcillosa imposibilitaba que el agua y microorganismos pudieran percolar (entrar) y, en consecuencia, hacer la limpieza en la matriz del suelo y rocas. En ese sentido, la porosidad de las rocas arcillosas, aunque era abundante, el tamaño de los poros era tan pequeño que no permitía el flujo e intercambio de agua o fluidos en el interior de la matriz. Por lo que se aptó por cambiar de tecnología y se decidió aplicar la desorción térmica. Se desarrolló un prototipo de equipo de desorción térmica para llevarlo a campo y ver si daba mejores resultados y funcionó, no había otra manera de remediar el suelo más que aplicando calor, una vez comprobado que funcionó el prototipo y haciendo varias pruebas, se pudo escalar a nivel industrial y preparar un equipo móvil para transportarlo.

Precisamente, el equipo se diseñó de acuerdo con la necesidad que había en ese sitio, donde existían ciertas particularidades del suelo y no con cualquier tecnología o proceso se podía limpiar.

Por esta razón, se seleccionó un tratamiento mediante la aplicación de calor, que fue lo que motivó el desarrollo del prototipo de desorción térmica, se hicieron las pruebas necesarias y se confirmó el funcionamiento de la tecnología aplicada. Una de las características importantes de la desorción térmica fue llegar a calentar el suelo sin calcinarlo, el equipo desarrollado puede trabajar con temperaturas entre 100 y 400 grados Celsius y así lograr la separación del carburo por medio de volatilización.

Al hacer pruebas en campo, ajuste de variables y más pruebas con el prototipo, se pudo analizar muestras de suelo en el laboratorio, detectándose que concentraciones de 15 mil partes por millón (ppm) de hidrocarburos en el suelo, al aplicar el tratamiento se lograba bajar dicha concentración a dos mil ppm, comprobando su funcionamiento y efectividad. Posteriormente, se escaló el equipo una vez comprobado el funcionamiento de la tecnología. De un prototipo con un rendimiento de 1.25 m³/hora de suelo tratado, a escala industrial alcanzaba un rendimiento de hasta 17 m³/hora, dependiendo de varios factores, sobre todo de la humedad.

Este equipo se utilizó posteriormente en forma satisfactoria en otros sitios con características similares, así como en áreas geográficas donde el agua es escasa y solo se obtiene para consumo humano, en zonas áridas generales y en áreas naturales protegidas.

Experiencia en Norte América

Experiencia en Norte América (USA y Canadá)

En Estados Unidos en 1980 se promulga la Ley General de Compensación y Responsabilidad de Respuesta Medioambiental, enmendada por la Ley de Enmiendas y Reautorización de Superfondos.

Un lugar de Superfondo (Superfund Site) corresponde a aquellos lugares identificados bajo un programa ambiental establecido por la EPA (Agencia de Protección Ambiental Federal) que están contaminados con desperdicios tóxicos.

Se le conoce como Superfund site porque es el nombre que estableció la ley (CERCLA^{fff}) en el año 1980 para identificar y luego realizar los trabajos limpieza en vertederos tóxicos. Hoy día el programa de Superfondo atiende miles de lugares alrededor de los estados y territorios estadounidenses.

El Cuadro 5-7 presenta un resumen de proyectos del Superfondo donde se ha utilizado satisfactoriamente esta tecnología en Norte América.

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de Desorción Térmica:

- ✚ CERCLA. Sigla en inglés de la "Ley Integral de Respuesta Ambiental, Compensación y Responsabilidad" (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) de 1980.
- ✚ Guía del ciudadano para la Desorción Térmica. EPA 542-F-01-003S
- ✚ Engineering Forum Issue Paper: Thermal Desorption Implementation Issues. John Blanchard and Robert Stamnes. EPA 540/F-95/031
- ✚ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (Comimsa)
- ✚ Empresa para la Gestión de Residuos Industriales, S.A., S.M.E., M.P. – Emgrisa, experiencias en Perú y en Kuwait
- ✚ Empresa para la Gestión de Residuos Terra Vert, 2019
- ✚ Empresa para la Gestión de Residuos Industriales – Séché
- ✚ Thermal Desorption Treatment. Engineering bulletin. EPA/540/2-91/008
- ✚ Guide for conducting treatability. Studies under CERCLA: Thermal Desorption. EPA/540/R-92/074 B
- ✚ A Process Description of Terra Therm's Thermal Desorption Process.
- ✚ Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (ASR), Tenth Edition, EPA 542-R-01-004
- ✚ Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition
- ✚ Remediation Technology Cost Compendium - Year 2000
- ✚ Treatment Experiences at RCRA Corrective Actions, December 2000, EPA 542-F-00-020

^{fff} CERCLA. Sigla en inglés de la "Ley Integral de Respuesta Ambiental, Compensación y Responsabilidad" (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act) de 1980.

- ✚ Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006
- ✚ Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version, October, 1998, EPA 542-B-98-007
- ✚ Anderson, W.C., 1993. Innovative Site Remediation Technology Thermal Desorption, American Academy of Environmental Engineers.
- ✚ California Base Closure Environmental Committee (CBCEC), 1994. Treatment Technologies Applications Matrix for Base Closure Activities, Revision 1, Technology Matching Process Action Team, November, 1994.
- ✚ EPA, 1988. Shirco Infrared Incineration, EPA RREL, series includes Technology Evaluation Peake Oil, EPA/540/5-88/002a; Technology Evaluation Rose Township, EPA/540/5-89/007a; Technology Evaluation Rose Township Vol. II, EPA/540/5-89/007b, PB89-167910; Applications Analysis, EPA/540/S5-89/010; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/007; Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-88/002; and Technology Evaluation Report Peake Oil Vol. II, EPA/540/5-88/002B, PB89-116024.
- ✚ EPA, 1989. American Combustion Oxygen Enhanced Incineration, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, EPA/540/5-89/008; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/008; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/008; and Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/008.
- ✚ EPA, 1992. A Citizen's Guide to Thermal Desorption, EPA, OSWER, Washington, DC, EPA/542/F-92/006.
- ✚ EPA, 1992. Low Temperature Thermal Treatment (LT3) System, Demonstration Bulletin, Washington, DC, EPA/540/MR-92/019.
- ✚ EPA, 1992. Ogden Circulating Bed Combustor McCall Superfund Site, EPA RREL, Technology Evaluation, EPA/540/R-92/001; and Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-92/001.
- ✚ EPA, 1992. Roy F. Weston, Inc. Low Temperature Thermal Treatment (LT3) System, EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-92/019; and Applications Analysis, EPA/540/AR-92/019.
- ✚ EPA, 1993. Low Temperature Thermal Aeration (LTTA) System, Canonie Environmental Services, Inc., EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-93/504.
- ✚ EPA, 1993. X-TRAX Model 100 Thermal Desorption System Chemical Waste Management, EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-93/502.
- ✚ EPA, 1994. Thermal Desorption System, Clean Berkshires, Inc., EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-94/507; and Capsule, EPA/540/R-94/507a.
- ✚ EPA, 1994. Thermal Desorption Treatment, Engineering Bulletin, EPA/540/5-94/501.
- ✚ EPA, 1994. Thermal Desorption Unit, Eco Logic International, Inc., EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-94/504.
- ✚ EPA, 1997. Best Management Practices (BMPs) for Soil Treatment Technologies: Suggested Operational Guidelines to Prevent Cross-media Transfer of Contaminants During Clean-UP Activities, EPA OSWER, EPA/530/R-97/007.
- ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1995. Remediation Case Studies: Thermal Desorption, Soil Washing, and In Situ Vittrification, EPA/542/R-95/005.
- ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1998. Remediation Case Studies: Ex Situ Soil Treatment Technologies (Bioremediation, Solvent Extraction, Thermal Desorption), EPA/542/R-98/011
- ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1998. Remediation Case Studies: In Situ Soil Treatment Technologies (Soil Vapor Extraction, Thermal Processes), EPA/542/R-98/012

- ✚ Johnson, N.P., J.W. Noland, and P.J. Marks, 1987. Bench-Scale Investigation of Low Temperature Thermal Stripping of Volatile Organic Compounds from Various Soil Types: Technical Report, AMXTH-TE-CR-87124, USATHAMA.
- ✚ Lighty, J., et al., 1987. The Cleanup of Contaminated Soil by Thermal Desorption, Presented at Second International Conference on New Frontiers for Hazardous Waste Management, EPA Report EPA/600/9-87/018.
- ✚ Marks, P.J. and J.W. Noland, 1986. Economic Evaluation of Low Temperature Thermal Stripping of Volatile Organic Compounds from Soil, Technical Report, AMXTH-TE-CR-86085, USATHAMA.
- ✚ McDevitt, N.P., J.W. Noland, and P.J. Marks, 1986. Bench-Scale Investigation of Air Stripping of Volatile Organic Compounds from Soil: Technical Report, AMXTH-TE-CR-86092, USATHAMA.
- ✚ U.S. Army, August 1990. The Low Temperature Thermal Stripping Process, USATHAMA, APG, MD, USATHAMA Cir. 200-1-5.
- ✚ Application guide for thermal desorption systems. J. Ramirez Rojas. (1998)
- ✚ Evaluación y propuestas de remediación a suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos de procedencia industrial. Rossi, María G. (20012). Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- ✚ Métodos de descontaminación por desorción térmica. Sergio Hurtado Melo (1996)
- ✚ Contaminant removal from dry and wet sands by thermal desorption. Chawla & Pourhashemi. Int. J. Environment and Waste Management, Vol. 1, No. 1, 2006

Cuadro 5-7 Experiencias en la aplicación del Tratamiento Térmico (Desorción Térmica)

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Proveedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
Demostración de la EPA Hamilton Port, Canadá 1992 Gordon Evans (513) 569-7684	Reducción en fase gas térmico	Suelos, lodos, líquidos y gases	Hidrocarburos, PCB, PAH, clorofenoles, pesticidas	850° C o superior 25 toneladas/día	Reducción de hidrocarburos en presencia de hidrógeno	Corriente de efluente gaseoso	Reactor móvil.
HWAAP Hawthorne, NV Louis Kanaras, USAEC (410) 612-2054	Descontaminación por gas caliente	Suelos	Eliminación del 99,99% de trinitrotolueno (TNT)				Demostración con éxito a escala piloto
Demostración de la EPA Babcock & Wilcox, OH Laurel Stanley (513) 569-7863	Ciclón del horno	Suelos	Orgánicos y metales	438 ° C	La acción de remolino mezcla el aire y el combustible	El producto final se parece a vidrio volcánico (similar al producto de ISV)	US\$ 528/tonelada de suelo.
Demostración de la EPA Instalación de Investigación de Ogden San Diego, CA Douglas Grosse (513) 569-7844	Lecho de combustible circulante (CBC)	Suelo, lodos, líquidos, sólidos	Halogenados y no halogenados orgánicos compuestos, PCB, dioxinas	CBC 16 pulgadas de diámetro, 788-871 ° C, alimentación de residuos <1 pulgada	Zona de combustión altamente turbulenta. Mezcla de residuos con cal para neutralizar gases ácidos	Valor de Eficiencia de destrucción y remoción (DRE) de 99.99% para principales orgánicos. Disposición de ceniza tratada.	Emisiones de óxido de azufre controladas mediante la adición de cal.
Demostración de la EPA SITIO Monaca, PA 1991 Donald Oberacker (513) 569-7510	Reactor de llama HRD	Residuos, suelo, sólidos, líquidos, polvo, escoria, de lodos con alto contenido de metales	Metales (zinc, plomo, arsénico, plata, oro) y compuestos orgánicos	La combustión en O ₂ , cámara aumentada a 2 000 ° C	Requiere desechos secos	Escoria no lixiviable, disposición en vertedero	Procesamiento secundario con escoria de plomo fundida procesada de soda por US\$ 932/ton. 1 a 3 toneladas/CAP horas.
EPA SITIO Población (1) Tampa, FL, agosto/1987 (2) Municipio de Rose/Demodé Camino Sitio Superfondo, MI, noviembre/1987 John F. Martin (513) 569-7696	Incineración: destrucción térmica infrarroja	Suelo, sedimento, desechos orgánicos líquidos mezclados con arena o tierra	Orgánicos	Calor radiante infrarrojo de hasta 1 010 ° C	Puede ser necesario restringir los niveles de cloruro en la alimentación.	PCBs cumplen con la norma TSCA de 2 ppm en cenizas	El valor DRE de los PCBs fue mayor que 99,99% basado en los límites de detección. Los estándares RCRA para las emisiones de partículas fueron cuestionables.
Sitio Petrolero Pike Tampa, FL Howard O. Wall EPA RREL (513) 569-7691	Escala completa: unidad de incineración móvil infrarroja	Suelo	Lodos de petróleo (PCBs y plomo)				US\$ 180 a US\$ 800/tonelada métrica (US\$ 164- US\$ 730/tonelada)
Savanna AD Savanna, IL Michael G. Cosmos (610) 701-7423	Sistema de incineración transportable a escala completa.	75 000 toneladas de suelo	1 000 ppm trinitrotolueno (TNT) Niveles alcanzados: <1 ppm				US\$ 180/tonelada métrica (US\$ 173/ton)
Depósito de chatarra Lauder Beardstown, IL Michael G. Cosmos (610) 701-7423	Sistema de incineración transportable a escala completa.	Suelo	De 12 000 ppm de PCB a <1 ppm				US\$ 200/tonelada métrica (US\$ 180/tonelada)
Demostración DOE Energy Technology Engineering Center, ORNL, LANL Lawnie H. Taylor (301) 903-8119	Pirólisis: proceso de oxidación con sal fundida	Líquidos y sólidos	Radionuclídeos orgánicos, crudo, grafito, agentes de guerra químicos y explosivos	800-1 000 ° C tiempo de residencia típico es de 2 segundos	Residuos pasados a través de un lecho de rociado de sal fundida turbulenta.	Gas liberado filtrado antes de su descarga	US\$ 500/ton.
HT-V TDI Thermal Dynamics	Unidad de desorción térmica móvil por el modo pirolítico	Suelo	dioxinas Remoción 99,99%				
Deutsche Babcock Anlagen AG	Pirólisis - desorber y quemar volátiles	Suelo	compuestos aromáticos policíclicos, remoción 99,77%				
Wide Beach Sitio Superfondo NY SoilTech, Inc.	Pirólisis - procesamiento térmico anaeróbico (ATP), horno rotatorio calentado indirectamente	Suelo	Desde 5 000 ppm de PCB a <2 ppm				US\$ 290/tonelada métrica (US\$ 265/tonelada)
EPA Acción correctiva McKin, ME Julio/1986 a Febrero/1987 Sheila Eckman (617) 573-5784	Desorción térmica Canonie Env. Services Corp., Porter, IN	Suelo (8 800 m³ a una profundidad de 3 metros)	Criterios de COV: 0.1 ppm TCE Entrada: Hasta 1.000 ppm	Operación continua 6 a 8 minutos de tiempo de retención 150 ° C	Excavación	Suelos - solidificados y dispuestos en el sitio Vapores - captura de carbono del aire	Vertedero industrial.

Cuadro 5-7 Experiencias en la aplicación del Tratamiento Térmico (Desorción Térmica)

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Proveedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
			TCE Salida: 0.1 ppm				
EPA Acción correctiva Otteti y Goss, NH Junio/1989 a septiembre/1989 Stephen Calder (617) 573-9626	Desorción térmica Ingeniería Canonie	Suelo (4 587 m³)	TCE, PCE, DCA, benceno Criterios: 1 ppm - Total VOCs y <100 ppm cada voc Salida individual: <compuestos orgánicos volátiles totales 1 ppm	Proceso por lotes (batches)	Excavación	Carbono de la unidad de control de polución del aire regenerada fuera del sitio	Para obtener más información sobre este proyecto, ver el informe de cierre disponible de la EPA Región I.
EPA Acción correctiva Outboard Marina, Waukegan Harbor (OU 3), IL Enero/1992 a julio/1992 Cindy Nolan (312) 886-0400	Desorción térmica Servicios Medioambientales, Canonie Porter, IN	Suelo/sedimentos (12 233) m³	PCB Inicial 20 000 -100 000 ppm. Remoción 99%	Continúa con un tiempo de retención de 15 minutos y el rendimiento de 8 a 10 toneladas/hora Temperatura 595°C Contenido de humedad 20% o menos. Cenizas de soda se añaden a los residuos para satisfacer DRE de 99,9999%	Excavación se airea con el objeto de deshidratar el suelo	Suelo limpio y sedimentos se almacenan en el sitio en celdas de contención. Aguas residuales descargadas de estación de depuración (POTW).	La reducción de los niveles de PCB mucho más de lo esperado.
EPA Acción correctiva Action Cannon Ingeniería/MA Mayo/1990 a Octubre/1990 Richard Goehrlert (617) 573-5742	Térmica. Aireación de suelos. Canonie Environmental Services Corp., Porter, IN	Suelo (11 300 toneladas)	Criterios: 0,1 ppm - TCE, DCE, PCE 0,2 - tolueno, xileno SVOCs - 3 ppm (total) Entrada: 0,5 - cloruro de vinilo 500 a 3 000 ppm (total de COVs) Salida: <0,25 ppm (COV totales)	Operación continua 40 toneladas/hora 230 a 260 ° C El contenido de humedad antes del tratamiento: 5 a 25% de humedad Aditivos Suelo seco (para reducir el contenido de humedad)	Excavación Cribado Mezclado Deshidratación	Residuos del control de polución del aire - dispuestas fuera del sitio (off site) Aguas Residuales - tratada en el sitio (on site)	La limitación del tamaño del residuo en la alimentación de los equipos (5 cm), fue una consideración importante. Más información se encuentra en el informe RA disponibles de la EPA Región I.
Acción de Remediación de la EPA Drexler RAMCOR, WA Julio/1992 a agosto/1992 Chris Field (206) 553-1674	Tratamiento con desorción térmica a baja temperatura. Tratamiento térmico de 3 000 tons.	3 000 toneladas de suelo (aproximadamente 2 294 m³)	Hidrocarburos de petróleo, compuestos aromáticos polinucleares, BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno) 200-ppm de TPH era el objetivo. TPH inicial estaba entre 70 000 ppm (valor alto) a 15 000 – 20 000 ppm (valor promedio)	16 horas/día 12 a 15 toneladas/hora Temperatura de operación de hasta 370 ° C	Producto de la excavación, remoción de materiales mayores de 2 pulgadas de diámetro. Estación de lavado para para partículas mayores de 2 pulgadas de diámetro. Limpieza con vapor de esas partículas.	Suelo tratado se rellenó en las áreas excavadas en el sitio. El suelo que no cumplía con los objetivos se retiró. Aguas residuales se trataron en el sitio a través de filtros de carbono.	Costo total de aproximadamente US\$ 250 000.
Demostración de la EPA ReSolve, Inc., Sitio Superfondo, MA 1992 Paul dePercin (513)569-7797 Carl Palmer (803) 646-2413	Desorción térmica X * TRAX™	Suelo	COV, SVOCs, y PCBs Eficiencia de remoción media de PCB: 99%	Secador rotatorio a la temperatura de, 400-510 ° C	Técnica de separación	Emisión de aire orgánico insignificantes. No se detectó PCBs en gases de ventilación	Las concentraciones de metales y las propiedades físicas del suelo no fueron alteradas por el sistema.
Demostración de la EPA Sitio Superfondo Wide Beach Development, Nueva York y Outboard Marine Corp., IL 1991 y 1992 Paul dePercin (513) 569-7797	Proceso térmico anaeróbico	Suelos y desechos de refinería	PCBs (reducción de 99%), plaguicidas clorados, y COV	zonas térmicas: precalentamiento, retorta, combustión, y refrigeración	El mezclado ocurre en el horno rotativo	Vaporizado de corriente de contaminante a través de ciclón, filtro de mangas, lavador, y carbono.	No se generó dioxinas o furanos.
Demostración de la EPA Empresa de energía Niágara Mohawk Power Co., Nueva York junio 1991 Ronald Lewis (513) 569-7856	Procesamiento térmico a alta temperatura	Sólidos y lodos	COV, SVOCs y PCBs	454 ° C, 65 ° C para una manipulación segura	Tornillos rotatorios mueven el material	Controlado por un sistema de condensación indirecta y lechos de carbón activado	No es adecuado para los metales pesados. Tamizado (cribado) necesario para obtener partículas <1 pulgada.
Demostración de la EPA Pesticidas sitio, AZ 1/09/1992 Paul DePercin (513)569-7797 Chetan Trivedi (219)926-7169	Aireación térmica a baja temperatura (LTTA®)	Suelos, sedimentos y lodos	Eficiencias en la remoción: > 99% -COVs @ 5,400 mg/kg > 92% -pesticides @ 1 500 mg/kg 67-96% SCOVs @ 6,5 mg/kg	427 ° C	Material seco, amasado, separadores ciclónicos, de mangas, lavador Venturi, GAC.	Tratamiento de aire de salida y el líquido con GAC. No genera dioxinas o furanos.	Rendimiento eficiente, sin tiempo de inactividad.

Cuadro 5-7 Experiencias en la aplicación del Tratamiento Térmico (Desorción Térmica)

Nombre del sitio/Contacto	Tecnología/Proveedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	Comentarios
Demostración del ejército Letterkenny Army Depot, PA Ago/85 a Sept/85 Capt. Kevin Keehan (410)671-2054 Mike Cosmos (610)701-7423	Purga térmica de baja temperatura	Suelo	COVs (disolventes clorados y combustibles); destrucción 99,9%	Hasta 340 ° C	Procesamiento térmico mediante agitación con tornillo sin fin	Efluente gaseoso con contaminantes concentrados.	Nitrógeno se puede utilizar si los contaminantes son explosivos.
Demostración EPA y ejército Tinker AFB, OK y Anderson Desarrollo Co Sitio Superfondo, MI 1989 Paul dePercin (513)569-7797 Capt. Kevin Keehan (410)671-2054 Mije Cosmos (610)701-7423	Tratamiento térmico a baja temperatura (LT ³)	Suelo	COV y SCOVs; combustible diésel, gasolina y PAHs	Área requerida: 470 m2. El suelo se calentó a 200-260 ° C. Capacidad de tratamiento fue de 8-9 ton/hora.	Cubierta que alberga transportadores de tornillo inter-engranados.	Fases orgánicas son dispuestas fuera del sitio	Todos los objetivos de limpieza se cumplieron cuando el suelo se calentó por encima de 105 ° C.
Demostración en SITIO EPA Fondo EPA para la Investigación de la combustión, Jefferson, AK Nov/1987 a enero/1988 Laurel Stanley (513)569-7863	Destrucción térmica PYRETRON®	Suelo, lodos, residuos sólidos	Orgánicos	Combustión mejorada de O ₂	40% de suelo contaminado, 60% de lodo de alquitrán del tanque decantador de operaciones de coquización	DRE para todos los POHC> 99.99%	No es adecuado para desechos acuosos, metales pesados RCRA, o residuos inorgánicos.
Alaskan Battery Sitio Superfondo, Fairbanks, AK Hugh Masters EPA RREL	Desorción térmica Enfatizando la separación por gravedad y clasificación de tamaño de partícula	Suelo	De 2 280- 10 374 ppm de plomo a 15-2 541 ppm de plomo				US\$ 182/tonelada métrica (US\$ 165/tonelada)
Escambia Wood Empresa de tratamiento Sitio Superfondo Pensacola, FL Terry Richardson EPA RREL	Desorción térmica con énfasis en el tamaño de partícula y la adición de tensioactivo (surfactante)	Suelo	De 550- 1 700 ppm de hidrocarburos aromáticos policíclicos y 48-210 ppm PCP a 45 ppm PAHs y 3 ppm PCP				US\$ 151/tonelada métrica (US\$ 137/tonelada) (proyectado)
Pristine, Inc., Reading, OH Tom Alamo EPA de los EE. UU. (312)886-7278	Desorción térmica	Los suelos con una amplia gama de condiciones de pH y la humedad. 11 500 toneladas de suelo	COVs hasta 0.14 ppm; SCOVs hasta 130 ppm; 4,4-DDT que van desde 0,11 hasta 8.2 ppm; El plomo que va desde 26 a 1 100 > 99.99% de destrucción y remoción. Eficiente para los HAP y pesticidas.	Tratados a 545 a 557° C.			
TH Agriculture & Nutrition Company Sitio Superfondo, Albany, GA R. Donald Rigger (404)347-3931	Desorción térmica	42 000 toneladas de suelo	Pesticidas organoclorados (OLC) Concentración de pesticidas OLC: > 1 000 mg/kg > 98% eficiencias de remoción promedio	Se trató a 445 a 582 ° C durante 15 minutos.			El costo del tratamiento: US\$ 849 996; antes del tratamiento costo: US\$ 252 582 mil. US\$ 200 por tonelada o US\$ 445 por metro cúbico de suelo tratado.
Anderson Development Company Sitio Superfondo, Adrian, MI Jim Hahnenburg (312)353-4213	Tratamiento a escala completa usando un sistema térmico de tornillo hueco sin fin como transportadores.	5 100 toneladas de suelo	Compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados	Se trató a 260-277 ° C durante 90 minutos.			
McKin Compañía Sitio Superfondo, Gray, ME Sheila Eckman (617)573-5784	Desorción térmica	8 792 metros cúbicos de suelo	3 310 mg/kg de TCE, 130 mg/kg de etilbenceno, 35 mg/kg de tolueno. Tratada a <0,1 mg/kg de TCE, <1 mg/kg de otros compuestos orgánicos volátiles	Se trató a 120-204 ° C durante 6 minutos.			Costo total: US\$ 2 900 000

Fuente: *Técnicas innovadoras de tratamiento: Reporte de Estatus Anual (EPA, octava edición, noviembre de 1996).*
Tecnologías Innovadoras de Remediación en Proyectos en América del Norte (EPA, agosto.1996)

C. Oxidación química

Esta técnica consiste básicamente en un proceso de reacción química de oxido reducción (redox) que convierte los contaminantes peligrosos en compuestos no peligrosos menos tóxicos, que son más estables, menos móviles y/o inertes (U.S. EPA. 2006).

Los agentes oxidantes más usados son peróxido de hidrogeno, hipoclorito, dióxido de cloro, y el peróxido de hidrogeno y hierro, conocido como Fenton (U.S. EPA. 2006). Este último reactivo, es muy usado para reducir los niveles de contaminación por compuestos orgánicos, y permite ser aplicado in situ o ex situ. La aplicación de los reactivos en forma gradual puede acelerar la biodegradación de los compuestos orgánicos.

En cuanto la experiencia se tiene la aplicación de la técnica en un pantano de del sur de Louisiana que por sus condiciones fue inviable el uso de tecnologías de remediación convencionales para mitigar un lanzamiento desde una tubería de productos el transporte de gasolina, Debido a que este sitio remoto está bajo el agua gran parte del año (tal como la selva peruana) y no tiene acceso a electricidad (otra similitud del caso planteado y la selva peruana), sistemas de remediación convencionales tales como la extracción y extracción de vapores de suelo o de bomba, no eran aplicables. La biorremediación también se descartó debido a los gastos del material generador de oxígeno y la dificultad de los métodos convencionales de colocación de los compuestos en el terreno pantanoso.

En cuanto a las conclusiones del caso indicado el uso de la química fue un éxito y no se presentó rebote en los niveles de contaminantes, el sitio no ha recibido ninguna acción de remediación ambiental adicional.⁹⁹⁹⁹

Como experiencia también se considera, la aplicación de la oxidación química en suelo contaminado con hidrocarburos, se trató en reactores de lodos de laboratorio utilizando dos tipos de química, los resultados de este estudio demostraron claramente que la química de Fenton modificada era superior al tratamiento biológico en términos de reducción de hidrocarburos totales de concentraciones de petróleo, y particularmente en la eliminación de las fracciones de alto peso molecular de petróleo (> C17).^{hhhh}

Por último, también se presenta la experiencia lograda a través de la aplicación del método en las aguas subterráneas cercanas a una antigua planta de tratamiento de aguas residuales en la base aeronaval de Pensacola en la Florida, estaban contaminadas con solventes y ácidos provenientes de los trabajos de pintura y galvanoplastia. Durante más de 10 años había funcionado un sistema de bombeo y tratamiento de las aguas subterráneas para controlar la migración de dichas aguas contaminadas. Sin embargo, esto no surtió mayor efecto para reducir las concentraciones de contaminantes.

Se seleccionó la ISCO, que utiliza peróxido de hidrógeno con un catalizador de hierro, para reducir las concentraciones de contaminantes en la zona de origen lo suficiente como para permitir que la atenuación natural controlada complete la limpieza.

⁹⁹⁹⁹ REMEDIATION & CHARACTERIZATION OF BTEX RESIDUAL FROM A PIPELINE RELEASE, Matthew Parker (Millennium Science & Engineering, Inc. - Baton Rouge, LA) / William L. Lundy (DeepEarth Technologies, Inc., Alsip, IL), S/F

^{hhhh} SURFACTANT PRODUCTION ACCOMPANYING THE MODIFIED FENTON OXIDATION OF HYDROCARBONS IN SOIL Anne-Clarisse Ndjou'ou and Daniel Cassidy, Ph. D.* Département de géologie et de génie géologique, l'Université Laval, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, Canada, S/F

Los niveles de contaminantes se redujeron sustancialmente. Se estimó que el uso de la ISCO exitoso en este sitio permitió ahorrar varios millones de dólares en comparación con el sistema de bombeo y tratamiento continuos.ⁱⁱⁱ

Por otra parte, otros estudios realizados en la selva amazónica del Ecuador, demuestran resultados positivos con esta técnica. Autores como Villa, Trovó, & Pupo (2010) describe la utilización del proceso Fenton para degradar suelo contaminado con diésel con remociones de hasta el 87 % variando la dosificación de H₂O₂ y hierro soluble, además del número de adiciones de los reactivos. Xu, Achari, Mahmoud, & Joshi (2002), presenta resultados de una investigación de laboratorio en el cual logra una remoción de hasta el 63 % de orgánicos en el rango del diésel en suelo arcilloso limoso (concentración inicial 5000 mg Kg⁻¹).

Ershadi, Ebadi, Ershadi, & Rabani (2011) verificó la degradación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelo arcilloso con 5000 mg Kg⁻¹ de concentración, usando hierro nano zero valente como fuente de Fe²⁺ obteniendo una remoción de 91 %.

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de Oxidación Química:

- ✚ Remediation & characterization of BTEX residual from a pipeline release. Matthew Parker & William L. Lundy
- ✚ Surfactant production accompanying the modified Fenton oxidation of hydrocarbons in soil. Anne-Clarisse Ndjou'ou and Daniel Cassidy, Ph. D. Département de géologie et de génie géologique, l'Université Laval, Sainte-Foy, Canada
- ✚ Guía del ciudadano sobre Oxidación Química. EPA 542-F-12-011S
- ✚ Diesel Degradation in Soil by Fenton Process Ricardo D. Villa, Alam G. Trovó and Raquel F. Pupo Nogueira. 2010. Journal of Braz. Chem. Soc.
- ✚ Evaluación de oxidación química asistida con detergente para tratamiento de suelos contaminados. Luis Villacreces. (S/F) Coordinación de Laboratorio, EP PETROECUADOR
- ✚ Latest Findings in In-situ Remediation of Hydrocarbon Impacted Soils using Hydrogen Peroxide M. Mahmoud, G. Achari, P. Xu and R.C. Joshi
- ✚ Chemical oxidation of crude oil in oil contaminated soil by Fenton process using nano zero valent Iron. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology. 2011. Ershadi, L., Ebadi, T., Ershadi, V., & Rabani, A.
- ✚ Aplicación de oxidación química tipo Fenton asistida con detergente para tratamiento de suelos contaminados con petróleo. 2013. Luis Alberto Villacreces Carvajal
- ✚ Chemical Oxidation Treatment of Petroleum Contaminated Soil Using Fenton's Reagent. Chen, C.T., Tafuri, A.N., Rahman, M. and Forest, M.B. 1998. Journal of Environ. Sci. Health
- ✚ Draft Remediation Guidelines for Petroleum Storage Tank Sites. Edmonton, Alberta. 1994. Alberta Environmental Protection.
- ✚ Cleanup of Petroleum Contaminated Soils at Underground Storage Tanks, Noyes Data Corporation, New Jersey, U.S.A. 1990. Lyman, W.J., Noonan, D.C., and Reidy, P.J.
- ✚ Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (ASR), Tenth Edition, EPA 542-R-01-004
- ✚ Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition

ⁱⁱⁱ Guía del ciudadano sobre la oxidación química in situ, EPA, 2012

- ✚ Potential Applicability of Assembled Chemical Weapons Assessment Technologies to RCRA Waste Streams and Contaminated Media, August 2000, EPA 542-R-00-004
- ✚ Treatment Experiences at RCRA Corrective Actions, December 2000, EPA 542-F-00-020
- ✚ Abstracts of Remediation Case Studies, Volume 4, June, 2000, EPA 542-R-00-006
- ✚ Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects - Revised Version, October, 1998, EPA 542-B-98-007
- ✚ California Base Closure Environmental Committee (CBCEC), 1994. Treatment Technologies Applications Matrix for Base Closure Activities, Revision 1, Technology Matching Process Action Team, November, 1994.
- ✚ EPA, 1993. Lawrence Livermore National Laboratory Superfund Site, Project Summary, EPA/540/SR-93/516.
- ✚ EPA, 1991. Chemical Oxidation Treatment, Engineering Bulletin, EPA, OERR and ORD, Washington, DC, EPA/530/2-91/025.
- ✚ Mayer, G., W. Bellamy, N. Ziemba, and L.A. Otis, 15-17 May 1990. "Conceptual Cost Evaluation of Volatile Organic Compound Treatment by Advanced Ozone Oxidation," Second Forum on Innovative Hazardous Waste Treatment Technologies: Domestic and International, Philadelphia, PA, EPA, Washington, DC, EPA Report EPA/2-90/010.
- ✚ USAEC, 1997. "Catalyzed Hydrogen Peroxide Treatment of 2, 4, 6-Trinitrotoluene in Soils" in Innovative Technology Demonstration, Evaluation and Transfer Activities, FY 96 Annual Report, Report No. SFIM-AEC-ET-CR-97013, pp. 77-78.
- ✚ USAEC, 1997. "Remediation of Chemical Agent Contaminated Soils Using Peroxysulfate" in Innovative Technology Demonstration, Evaluation and Transfer Activities, FY 96 Annual Report, Report No. SFIM-AEC-ET-CR-97013, pp. 93-94.

5.5.4 Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.

Cabe señalar, que la efectividad se consigue cuando la relación entre los objetivos iniciales y los resultados obtenidos considerando el costo, se hace óptima. La relación costo/efectividad (ACE) permite evaluar y jerarquizar en función de sus costos y efectividad la técnica de remediación ambiental del sitio que cumpla con los objetivos iniciales planteados.

Se aclara que la ACE es diferentes al Análisis Costo/Beneficio (C/B), esta última tiene como objetivo, determinar si un proyecto es eficiente económicamente.

Las características de la metodología ACE son:

- Permite la evaluación de alternativas de técnicas en función de su costo y sus efectos con respecto al grado de remediación esperado
- Se requiere una medida común de efectividad, en este caso el volumen estimado a remediar
- Como resultado, se obtendría como resultado que la Alternativa "A" es más costo-efectiva que alternativa "B" considerando el mismo resultado.

Siguiendo con la metodología, se propone el uso de la siguiente fórmula para cada alternativa seleccionada:

$$ACE = E / C$$

$$E = (\% Efc \times Vtr) / tr$$

Donde:

- ACE: Relación costo/efectividad.

- E: Efectividad, que viene dado por:
 - % Efc: Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación.
 - Vtr: Volumen total a remediar.
 - tr: Tiempo requerido.
- C: Costo de la técnica: el cual es estimado con base a la revisión bibliográfica.

Una vez obtenido el valor para cada alternativa, se selecciona aquella con el mayor valor (ACE) obtenido.

En este sentido, para el sitio S0112 (Sitio 35) se determina cada valor para las potenciales alternativas seleccionadas:

A. Desorción térmica *ex situ*

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Se considera que el proceso de desorción térmica tiene una efectividad que podría estar en el orden del 100 %ⁱⁱⁱⁱ.

- Volumen de suelo a remediar:

El volumen de suelo a remediar se estimó en 26 553,48 m³ (53 000 Tn aprox.) posteriormente en el ítem 5.6.1 Superficie y volumen por remediar y rehabilitar de acuerdo con el objetivo definido, se presenta el detalle de la estimación del mismo.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo requerido para la extracción de suelo según el volumen señalado, estimando un proceso de desorción de 355 Ton/día el tiempo requerido sería de 5 meses aproximadamente.

- Costo de la técnica:

En general, el costo de la técnica de procesamiento térmico se encuentra en un rango variable de 200 a 1000 US\$/Tn. Estimando un costo de 500 US\$/Tn:

B. Aislamiento con geomembrana *ex situ*

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Considerando la extracción suelo superficial que representaría un riesgo a la salud y al ambiente, la efectividad en cuanto a remediación del sitio es del 100 %.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo requerido para la extracción de suelo según el volumen señalado más el tiempo de la construcción de los espacios de aislamiento, se estima sería de 12 meses aprox.

- Costo de la técnica:

En general, el costo incluye la construcción del espacio de aislamiento, la extracción y el

ⁱⁱⁱⁱ Thermal Desorption Treatment. Engineering bulletin. EPA/540/2-91/008
Guide for conducting treatability. Studies under CERCLA: Thermal Desorption. EPA/540/R-92/074 B

traslado del suelo superficial impactado, se estima un costo de 300 US\$/m³

A. Oxidación química *in situ*

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Considerando que el proceso de oxidación se realiza directamente en el sitio impactado, y tomando en cuenta que como desventaja de esta técnica el contenido de arcilla del suelo (poco permeable) la efectividad de la técnica podría estar en el orden del 70 % - 80 %.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo requerido el proceso de oxidación química *in situ* dentro de un área de 44255,80 m² se estima en 12 meses aprox.

- Costo de la técnica:

El costo de la técnica puede variar entre 190 a 660 US\$/m³, para objeto de cálculo se estima en 350 US\$/m³.

Con base en lo datos anterior, se tiene:

$$ACE = (\% Efc \times Vtr) \times tr / C$$

En los siguientes cuadros, se presenta el resumen comparativo y el resultado del análisis – costo efectividad de las alternativas evaluadas.

Cuadro 5-8 Resumen de alternativa sitio S0112 (Sitio 35)

Tecnología remediación	Efectividad %	Volumen (m3)	Tiempo (meses)	Costo (USD/m3)
Desorción térmica <i>ex situ</i>	100%	26 553,50	5	500
Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	100%	26 553,50	12	300
Oxidación Química <i>in situ</i>	80%	26 553,50	12	350

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-9 Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0112 (Sitio 35)

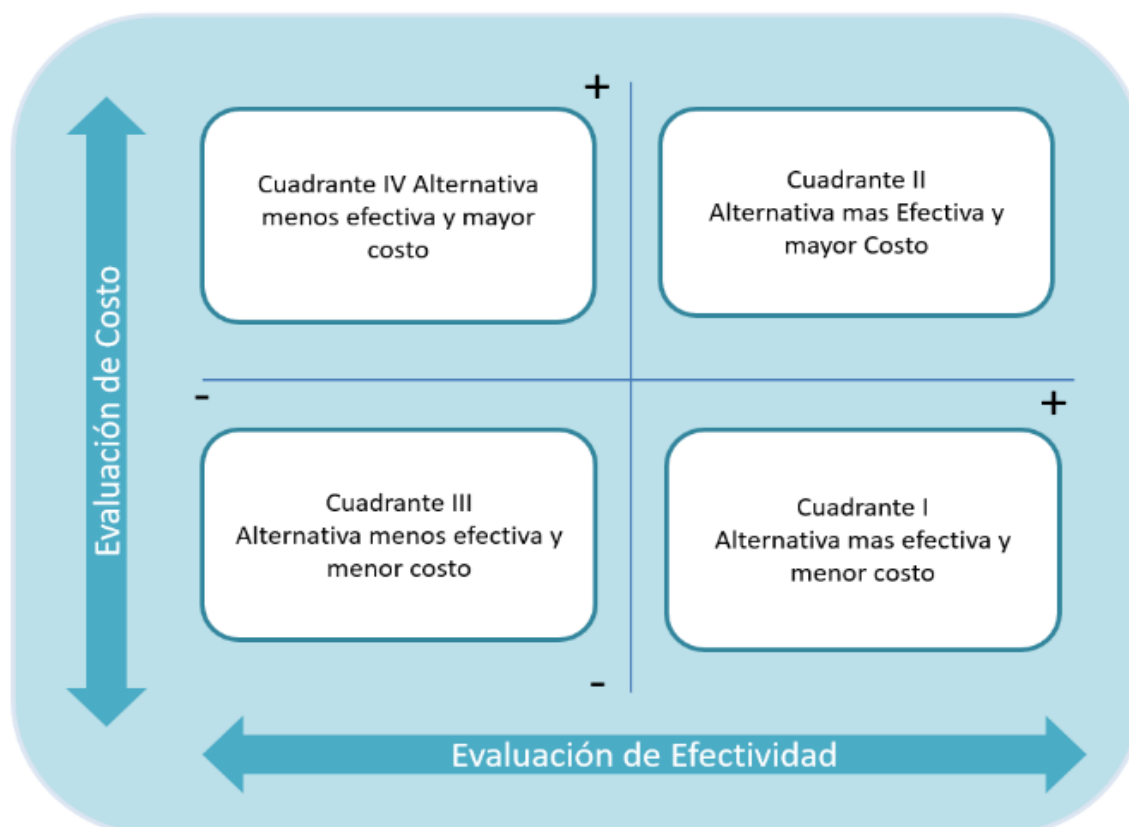
Tecnología	Efectividad	Costo (US\$/ m ³)	ACE
Desorción térmica <i>ex situ</i>	4 425,58	500	8,85
Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	2 212,79	300	7,38
Oxidación Química <i>in situ</i>	1 770,23	350	5,06

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De acuerdo con el análisis costo-efectividad la alternativa seleccionada debería cumplir con ubicarse en el Cuadrante I, según la Figura 5-5.

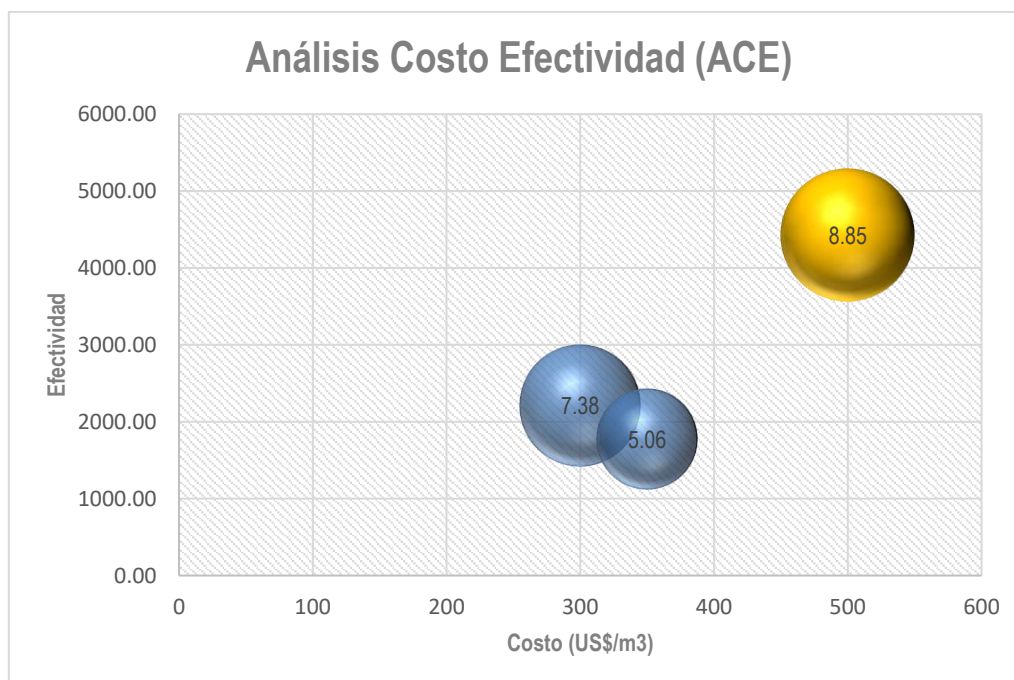
En este sentido, la alternativa con el mayor valor (ACE) resultó el procesamiento térmico *in situ*, este resultado se puede apreciar en la figura 5-6, donde la esfera de mayor tamaño representa la mejor relación Costo/Efectividad.

Figura 5-5 Relación costo-efectividad



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-6 Resultado Gráfico del ACE por técnica evaluada



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.5.5 Propuesta seleccionada de acciones de remediación.

Como producto del desarrollo de las distintas etapas de análisis para la selección de la alternativa tecnológica de remediación, las cuales se desarrollan a lo largo de este documento, se determinó que la tecnología de **Desorción térmica *ex situ*** resulta la más viable, técnica y económicamente para el tratamiento del suelo contaminados con Hidrocarburos (TPH) en el sitio S0112 (Sitio 35). El Anexo 6.4.3 muestra el plano del sitio impactado con las acciones de rehabilitación a ser ejecutadas en este.

Por otra parte, después de haber analizado las experiencias de las dos alternativas que ofrece este procesamiento, la desorción térmica resultó la más viable para el sitio en comparación con el proceso de incineración, considerando principalmente dos elementos.

La desorción térmica está basada en la eliminación de los compuestos orgánicos que afectan al suelo mediante la aplicación de calor, de modo que aquéllos son volatilizados y/o descompuestos. Por lo tanto, se está hablando de un método que en sentido estricto no incinera el suelo, sino que evapora y oxida sus agentes contaminantes sin alterar la estructura del mismo. Es decir, la desorción térmica usa el calor para separar físicamente los contaminantes del suelo, mientras que la incineración usa el calor para destruir los contaminantes. Adicional a lo anterior, la incineración representa un costo considerablemente mayor que un proceso de desorción térmica.

5.5.6 Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.

Para la ejecución de las actividades de remediación, se debe considerar las medidas y estándares para trabajos que implican la carga de materiales pesados, el ingreso en áreas de selva, el trabajo con maquinaria pesada, el almacenamiento de combustibles y químicos.

Por otra parte, una adecuada implantación de áreas de trabajo (incluyendo las instalaciones de

soporte) es crítica para la seguridad y eficacia de las operaciones de excavación, retirada y tratamiento en el procesamiento térmico, eliminando o disminuyendo así los riesgos operaciones para la ejecución de las actividades de campo.

En este sentido, como primera línea se debe establecer zonas de trabajo y su ubicación dependerá del tipo de actividad. Por ejemplo, en un sitio destinado solo al tratamiento, el área donde se realiza la desorción térmica debe ser una zona contaminada o también conocida como “en caliente”; con todas las normas y señalizaciones correspondientes, incluyendo las medidas de descontaminación del personal y equipos a la salida de la misma en una zona denominada la zona de transición, igualmente las labores administrativas y de atención médica de emergencia se llevaría a cabo en la zona distinta conocida como zona limpia.

En importante la ubicación del área de almacenamiento de suelo contaminado con base en la dirección del viento y la información del terreno disponible sobre la localización misma.

Independientemente del tipo de equipo usado para la excavación y el manejo de los materiales a retirar, se deben seguir ciertos procedimientos estándar de operación y prácticas de seguridad.

A) Peligros físicos

- Descripción: Las unidades de tratamiento de desorción pueden exponer a los trabajadores a niveles elevados de ruido en el área de trabajo debido a la operación de sopladores de aire, bombas y el encendido de combustibles dentro de la cámara de combustión.

Control: Las normas y reglamentos de seguridad e higiene industrial deben seguirse para abordar el ruido. El equipo de protección personal (EPP) debe incluir protección auditiva. Deben establecerse áreas libres de ruido durante las operaciones para proporcionar interrupciones del ruido, que pueden causar fatiga y falta de atención.

- Descripción: Las unidades de desorción térmica que no funcionan por debajo de la temperatura de fusión de ceniza pueden hacer que el material de desecho sólido se vitrifique en una gran masa caliente dentro de la unidad. La acumulación de calor y presión resultante puede exceder la presión nominal del equipo de la unidad, posiblemente causando un incendio o explosión y la posible liberación de materiales de desecho.

Control: El funcionamiento de la unidad debe seguir las especificaciones técnicas para la remediación de suelos contaminados por desorción térmica. Este estándar, en parte, requiere:

- *Plan de puesta en marcha.*
- *Prueba del plan de rendimiento que enumera las condiciones operativas propuestas para que los parámetros del proceso sean monitoreados y registrados continuamente.*
- *Plan operativo que especifique procedimientos detallados para el funcionamiento continuo del sistema, basado en la prueba de los resultados de rendimiento.*
- *Plan de desmovilización.*
- Descripción: la desorción térmica generalmente requiere el almacenamiento de combustibles inflamables o combustibles. Los peligros asociados con los combustibles inflamables / combustibles incluyen la posibilidad de derrames en el sitio o la liberación de material. La liberación puede causar la exposición del trabajador a los vapores generados o puede existir un riesgo de incendio si el material se enciende.

Control: Se debe considerar la posibilidad de garantizar que el tipo de tanques utilizados sea adecuado, que esté equipado con dispositivos de alivio de presión y que estén encerrados para ayudar a prevenir la liberación de material al entorno de trabajo. Los equipos eléctricos y los

accesorios deben cumplir con las normas. El área también debe estar adecuadamente ventilada para ayudar a prevenir la acumulación de vapores inflamables. Sólo los trabajadores capacitados y con experiencia deben poder trabajar en el sistema. Todos los sistemas eléctricos se deben bloquear y etiquetar durante la reparación o el mantenimiento.

- Descripción: Durante la excavación de materiales de desecho con bajos puntos de inflamación, los suelos saturados pueden encenderse por las chispas generadas cuando la cuchilla de la hoja de empuje o la oruga hace contacto con rocas u otros objetos. Si se debe triturar el suelo al tamaño adecuado antes de alimentarlo a la unidad de desorción, los materiales de desecho con valores de BTU superiores a los esperados pueden encenderse durante el proceso de trituración / clasificación.

Control: La aplicación periódica de agua a los suelos puede ayudar a controlar que los suelos no se inflamen. La humectación periódica del suelo antes y durante la trituración puede ser necesaria para evitar la ignición. El equipo de manejo de la tierra también puede estar equipado con cubos u hojas que no produzcan chispas.

- Descripción: Si el valor de BTU de la alimentación de desechos no se controla y la alimentación de alto valor de BTU ingresa a la unidad de desorción, la temperatura de la unidad puede exceder las especificaciones de diseño, lo que podría provocar un incendio o una explosión.

Control: Utilizar operadores y supervisores experimentados.

- Descripción: Dado que las unidades de tratamiento de desorción operan sistemas eléctricos en exteriores, los trabajadores pueden estar expuestos a riesgos de electrocución si el equipo eléctrico entra en contacto con el agua.

Control: Verifique que las clasificaciones de áreas peligrosas estén indicadas en los diagramas de zonificación de áreas/procesos. Todos los controles, cableado y equipos, incluida la protección adecuada contra fallas a tierra, deben cumplir con especificaciones técnicas.

- Descripción: Todo el equipo de transferencia (transportadores, tuberías, unidades de proceso e instrumentos) en contacto con materiales contaminados debe fabricarse con materiales que sean químicamente resistentes a ese producto químico dado.

Control: Los materiales de construcción deben ser revisados por resistencia química.

- Descripción: El proceso de desorción térmica puede usar altas temperaturas para calentar los materiales. Los materiales que se procesan saldrán del sistema en caliente, exponiendo a los trabajadores a posibles quemaduras térmicas.

Control: Se deben incluir sistemas de control de seguridad para proteger a las personas y al equipo. Las señales deben ser avisadas de altas temperaturas. Se pueden incluir barreras de seguridad para aislar secciones críticas del equipo

- Descripción: Los sistemas de transferencia, como los transportadores de tornillo o los sinfines, exponen a los trabajadores a lesiones si las extremidades o la ropa quedan atrapadas en el sistema.

Control: Los sistemas de transferencia deben incluirse en la mayor medida posible. Los controles de apagado de emergencia deben instalarse en varias ubicaciones.

- Descripción: Durante las actividades en el sitio, los trabajadores pueden estar expuestos a la luz solar directa e indirecta y la radiación ultravioleta (UV) correspondiente. La exposición a condiciones de calor y humedad también puede resultar en estrés por calor, que puede manifestarse como agotamiento por calor y golpe de calor.

Control: la exposición a la luz solar directa e indirecta se debe minimizar cuando sea posible en los meses de verano. Los trabajadores pueden minimizar la exposición directa al sol usando camisas de manga larga y pantalones largos, y aplicando protector solar con barrera UV. Si es posible, las áreas de trabajo y descanso deben estar sombreadas. La exposición al estrés por calor puede minimizarse tomando descansos frecuentes, tomando líquidos adecuados y realizando trabajos durante las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde.

- Descripción: Los trabajadores pueden estar expuestos a riesgos de radiación infrarroja asociados con el trabajo en las proximidades de las unidades de tratamiento de desorción térmica. La exposición, según la temperatura del equipo, la duración de la exposición y otras variables, puede aumentar el riesgo de cataratas.

Control: Los trabajadores deben minimizar su exposición a las superficies del equipo calentado. Si se requiere un trabajo prolongado, la protección ocular con el vidrio de protección de sombra adecuado puede ayudar a controlar la exposición a los ojos.

- Descripción: Los trabajadores pueden estar expuestos a peligros en espacios confinados durante la entrada al equipo de proceso para actividades de reparación, inspección o mantenimiento. Los peligros en espacios confinados pueden incluir la exposición a través de la ruta de inhalación a materiales tóxicos (por ejemplo, cloruro de vinilo) y / o la exposición a una atmósfera deficiente en oxígeno, o enredos.

Control: antes de la entrada en tanques, embarcaciones u otros espacios confinados, se pueden requerir pruebas de la atmósfera dentro del espacio. Los sistemas de manejo de aire deben estar diseñados para minimizar o eliminar las ubicaciones deficientes de oxígeno. Se pueden necesitar respiradores con suministro de aire para ayudar a controlar las exposiciones por inhalación a sustancias químicas tóxicas.

B) Peligros químicos

- Descripción: La exposición de los trabajadores a materiales de desecho puede ocurrir durante la excavación y el transporte de materiales de desecho. Los suelos secos pueden generar polvos en el aire contaminados con materiales tóxicos.

Control: los controles para prevenir la generación de polvos en el aire incluyen la humectación periódica del polvo y el uso de equipo de protección respiratoria.

- Descripción: Durante el funcionamiento de la unidad de desorción, los trabajadores pueden estar expuestos a subproductos de la combustión incompleta, como el monóxido de carbono, o a materiales tóxicos en el aire, como acetatos metálicos, mercurio y cloro.

Control: los desechos deben clasificarse antes de la desorción, y solo los materiales de desecho compatibles con el proceso deben introducirse en la unidad. Cuando tales materiales son conocidos o sospechosos en los subproductos de desechos, el diseño del proceso y el tratamiento de los gases de escape deben controlar su generación y liberación. Si el control no es posible con el diseño, el personal debe operar con el PPE apropiado.

- Descripción: los trabajadores pueden estar expuestos a través de la ruta de exposición por inhalación durante el proceso de desorción térmica. Debido a que algunos contaminantes químicos, como los aceites combustibles, no se destruyen completamente en el proceso, pueden descargarse a través de la pila de escape en el área de trabajo.

Control: los vapores de escape deben recogerse y procesarse en una unidad de tratamiento de gases de escape. Las emisiones fugitivas son posibles si los sistemas no están diseñados para abordar estos problemas.

- Descripción: si el suelo o los materiales que se tratan son ricos en materiales a base de sílice, como el cuarzo, puede producirse la exposición de los trabajadores al polvo de sílice cristalina. Los suelos compuestos de limo y arcillas pueden crear atmósferas con altas concentraciones de polvo respirable.

Control: El material de alimentación y la ceniza deben mantenerse ligeramente húmedos para eliminar el polvo. Realice un mantenimiento adecuado y selle todas las fugas en el sistema de tratamiento térmico para reducir la generación de sílice emitida u otro polvo.

Adicionalmente, parte de las medidas preventivas y correctivas requeridas para evitar accidentes durante el transporte de suelo contaminado o para controlar las emisiones al medio ambiente durante la excavación y retirada del suelo contaminado pueden ser:

- El suelo extraído producto de la excavación debe ser almacenado en un área temporal para ser transportados posteriormente al centro de tratamiento. La cual debe cumplir con los requerimientos adecuados para tal fin, lo mismo debe aplicar para el almacenamiento en el centro de tratamiento.
- Las áreas de operación para el trasiego y tratamiento de suelos contaminados deben estar niveladas, para prevenir el encharcamiento; recubiertas con polietileno o arcilla, y provistas de diques o bermas, por ejemplo. También considerar el uso de un sistema de recubrimiento sintético.
- Dentro área de descontaminación de equipos debe ser una superficie dura, en la que las aguas de lavado se retendrán mediante un bordillo perimetral y se recogerán por medio de una canaleta y un sumidero.
- Durante la operación se deben mantener bidones, bolsas u otros tipos de contenedores en lugares estratégicos de las áreas de trabajo y en los caminos de acceso, para su uso en la limpieza de en caso de derrames de contingencia de suelo contaminado.
- En el área almacenamiento de suelos contaminados, se debe construir alrededor del emplazamiento un sistema de desvío y recogida de las aguas de escorrentía superficial, así como poza de almacenamiento de las aguas de escorrentía contaminadas.
- Durante del proceso de excavado, se debe realizar un control del aire para determinar los niveles contaminantes peligrosos, para lo que se pueden utilizar instrumentos portátiles de medida directa (PID).
- Se debe contar con un procedimiento de inspección visual. Esta inspección permitirá decidir sobre la forma de manejo más adecuada desde el punto de vista de seguridad, así como corregir o detectar eventos no deseados.
- Se debe contar con equipo extintores (arena, espuma, etc.).

Por otra parte, es fundamental seguir los procedimientos de seguridad e higiene que garanticen la adecuada protección del personal durante las operaciones a realizar en los espacios contaminados. La EPA y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) han publicado varias guías aplicables.

Estas medidas garantizan la seguridad en el lugar de trabajo y establecen condiciones de trabajo/operación segura durante la implementación de la remediación. Igualmente, es importante proporcionar información actualizada sobre los procesos asociados y los riesgos inherentes a estos, tanto para los operadores como para las comunidades.

Adicionalmente, como otras de las medidas preventivas y correctivas requeridas para evitar accidentes durante el transporte de suelo contaminado o para controlar las emisiones al medio ambiente durante la excavación y retirada del suelo contaminado pueden ser:

- Las áreas de operación para el trasiego y tratamiento de suelos contaminados deben estar

niveladas, para prevenir el encharcamiento; recubiertas con polietileno o arcilla, y provistas de diques o bermas, por ejemplo. También considerar el uso de un sistema de recubrimiento sintético.

- Dentro área de descontaminación de equipos debe ser una superficie dura, en la que las aguas de lavado se retendrán mediante un bordillo perimetral y se recogerán por medio de una canaleta y un sumidero.
- Durante la operación se deben mantener bidones, bolsas u otros tipos de contenedores en lugares estratégicos de las áreas de trabajo y en los caminos de acceso, para su uso en la limpieza de en caso de derrames de contingencia de suelo contaminado.
- En el área almacenamiento de suelos contaminados, se debe construir alrededor del emplazamiento un sistema de desvío y recogida de las aguas de escorrentía superficial, así como poza de almacenamiento de las aguas de escorrentía contaminadas.
- Durante del proceso de excavado, se debe realizar un control del aire para determinar los niveles contaminantes peligrosos, para lo que se pueden utilizar instrumentos portátiles de medida directa (PID).
- Se debe contar con un procedimiento de inspección visual. Esta inspección permitirá decidir sobre la forma de manejo más adecuada desde el punto de vista de seguridad, así como corregir o detectar eventos no deseados.
- Se debe contar con equipo extintores (arena, espuma, etc.).

Por otra parte, es fundamental seguir los procedimientos de seguridad e higiene que garanticen la adecuada protección del personal durante las operaciones a realizar en los espacios contaminados. La EPA y la *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) han publicado varias guías aplicables.

Estas medidas garantizan la seguridad en el lugar de trabajo y establecen condiciones de trabajo/operación segura durante la implementación de la remediación. Igualmente, es importante proporcionar información actualizada sobre los procesos asociados y los riesgos inherentes a estos, tanto para los operadores como para las comunidades.

5.5.7 Lista de alternativa de remediación aplicable.

En el ítem 5.5.1: Descripción de las alternativas de remediación, en el Cuadro 5-3 (Lista de tecnologías de remediación aplicables al sitio impactado) se presenta el listado de tecnologías que potencialmente podrían ser aplicadas en sitio S0112 (Sitio 35). Posterior a un segundo análisis de alternativas, quedaron como tecnologías técnicamente viables las que se presentaron en el Cuadro 5-8: Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0112 (Sitio 35).

5.6 Planificación detallada de la alternativa seleccionada.

Se plantea, de forma conceptual, una serie de etapas que permitan la planificación detallada de acciones para la alternativa.

5.6.1 Superficie y volumen a remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.

Es importante señalar que el volumen de suelo para remediar no necesariamente tiene que ser igual al volumen de suelo impactado, generalmente el volumen a remediar es inferior.

Considerando la caracterización y los resultados obtenidos en el ERSA, se persigue llegar a los niveles de remediación (NR) donde las concentraciones de contaminantes de preocupación aseguren un riesgo aceptable para la salud humana y el ambiente.

Tomando en cuenta como primer elemento el escenario humano, tanto para efectos cancerígenos y no cancerígenos, para el sitio S0112 (Sitio 35) se resume exclusivamente en la remediación de TPH (fracciones mediana y pesada de hidrocarburos F2 y F3). Dentro del escenario abiótico se determinaron también los NR para los CP en los cuales se haya estimado un Riesgo Probable, siendo el caso de las Fracciones F2 y F3 de Hidrocarburos, Naftaleno, Fenantreno, Benzo(b) fluoranteno, Benzo(a) antraceno, Fluoreno, Benceno.

De acuerdo con lo indicado anteriormente, fue determinado para el riesgo humano el TPH, con un nivel de remediación de 8600 ppm, sin embargo, tomando en consideración que se persigue la restitución de las funciones ecológicas, para el sitio S0112 (Sitio 35), se propone la remediación de suelo cuyos valores superan los niveles del ECA para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N.º 011-2017-MINAM) para las TPH, estimado en 4 400 mg/kg.

Se estableció como procedimiento de trabajo para determinar la pertinencia de adoptar los niveles de remediación objetivo la distancia a que se pudiera encontrar el sitio impactado de un buffer de 30 metros a partir de la poligonal del área que encierra las facilidades operativas. Este ejercicio de análisis espacial para el sitio impactado S0112 (Sitio 35) se muestra en el Anexo 6.4.3.2 (Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0112 (Sitio 35)).

Aún cuando se observa que parte de la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro del área de buffer, se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo agrícola, dado que este sitio arrojó riesgos para la salud humana.

El cuadro siguiente presenta la superficie y volúmenes de suelo con valores para TPH mayores al nivel de remediación.

Cuadro 5-10 Área y volumen de suelo con valores de TPH (F2 y F3) mayores al NR requerido en el sitio S0112 (Sitio 35)

Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,60	44 255,80	26 553,48
0,60-2,60	38 238,03	76 476,06
2,60-4,80	19 411,85	42 706,07
4,80-5,70	0,00	0,00
5,70-6,30	871,98	523,19
Total		146 258,80

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Tomando como base las acciones de Remediación y Rehabilitación con el objeto de restaurar las funciones ecológicas de los sitios impactados, y considerando como estrategia para lograr este objetivo el uso de estándares rigurosos (ECA suelo agrícola) en la determinación de los niveles de remediación, se establece como criterio de suelo superficial el suelo del tipo agrícola, cuya definición es: "...dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras

clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.”

Visto en forma de perfil de suelo, este se distribuye básicamente en dos horizontes: Horizonte O (Capa superficial del horizonte A) y Horizonte A (zona de lavado vertical. En él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la descomposición de materia orgánica, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles).

La distribución en profundidad de los referidos horizontes, en líneas generales en un suelo de selva, no superan los 40 cm. Sin embargo, para efectos del establecimiento de las condiciones originarias del ecosistema, se profundiza el perfil de suelo hasta los 60 cm (0,6 m)

De acuerdo a lo anterior se ha tomado como profundidad para el suelo superficial en los análisis de ERSa, 0,6 m.

Adicionalmente, se consideran los siguientes criterios para la determinación del volumen señalado:

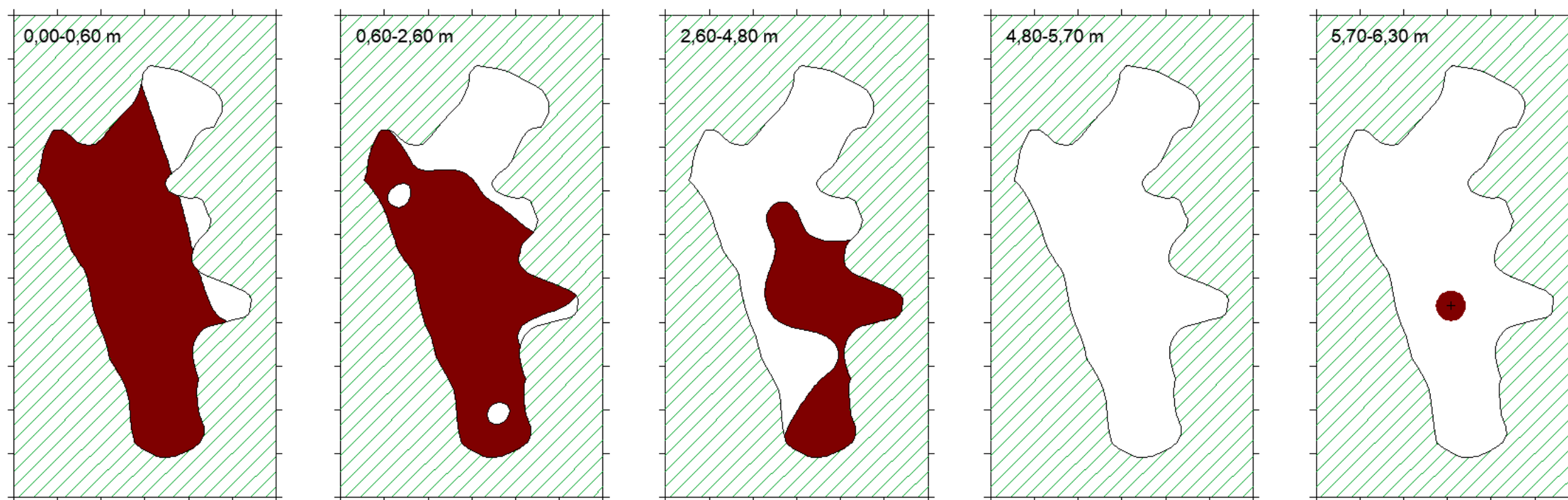
- Con base al ERSa, la presencia de TPH en el suelo superficial representa un riesgo al ser humano y al ambiente debido a los niveles de concentración y a la exposición (inhalación o contacto directo), por tal motivo se propone la extracción de suelo superficial a la profundidad de 0,6 m.
- Por el tipo de contaminante, fracciones mediana y pesada de hidrocarburos F2 (C10-C28) y F3 (C28-C40) la capacidad de migración es muy limitada o casi nula, sumado que las condiciones en campo evidenciaron un proceso de meteorización y presencia recalcitrante del elemento.
- Características estratigráficas: como se puede observar en la Figura 5-8, las fracciones de hidrocarburos se encuentran localizadas en el estrato franco-arcillo-limoso y arcilla-limosa que, debido a su condición física permite una baja o nula movilidad del elemento. El estrato inferior está básicamente representado por una capa de arcillas impermeables y no se identificó impacto alguno sobre el mismo.

Se concluye que, debido que el elemento contaminante (hidrocarburo) no tiene movilidad dada las condiciones descritas y el tipo de estratigrafía presente, se recomienda la extracción del suelo impactado hasta una profundidad de 0,6 m. Esta profundidad obedece a dos criterios: i) eliminar o reducir la potencial fuente de exposición y ii) Considerando algún uso futuro (agrícola) del área, tomando en cuenta que la profundidad radicular generalmente no superaría los 30 cm de profundidad.

El resto del suelo impactado y localizado a profundidades mayores a 0,6 m, contiene los contaminantes físicamente encerrados o confinados dentro del estrato arcilloso descrito anteriormente, el cual no representa riesgo alguno de exposición, por el contrario, tratar de realizar alguna intervención antrópica podría generar un potencial riesgo de exposición a receptores. Cabe señalar que el TPH ubicado a profundidades mayores a los 0,6 m continuaran su proceso de degradación por atenuación natural.

La figura siguiente representa la distribución espacial del área de suelo con TPH > 4 400 mg/kg en el sitio S0112 (Sitio 35).

Figura 5-7 Distribución espacial del área de suelo con TPH ($\sum(F1 F2 F3) > 4400$ mg/kg) en el sitio S0112 (Sitio 35)



Leyenda

 Area con presencia de TPH donde superan los niveles del ECA para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N.º 011-2017-MINAM) (≥ 4400 mg/kg)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)
Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

De acuerdo a lo explicado en parrafoa anteriores, para el sitio S0112 (Sitio 35) se propone remediar la capa del suelo que cubre un área de 44 255,80 m² retirando la capa de suelo superficial, es decir, hasta una profundidad de 0,6 m, que implicaría un volumen de 26 553,50 m³ de suelo, que representaría un peso de 53 107 t de suelo aproximadamente.

5.6.2 Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.

A. Etapa I

Consiste en las primeras acciones necesarias previa al inicio del proceso de desorción térmica.

- **Gabinete**

- Determinación de la ubicación potencial del equipo de desorción y demás facilidades
- Desarrollo de los criterios y parámetros de desempeño
- Sistema de aseguramiento de la calidad (QA/QC)

- **Levantamiento de información en campo**

- Topografía
- Muestras de suelo
- % de humedad

- **Acciones de laboratorio (ensayos en campo-piloto)**

- Prueba térmica (prueba de quemado)
- Estimación de tiempo y temperatura de calentamiento
- Identificación de aditivos y volumetría
- Estimación de volúmenes

B. Etapa II

- **Acceso al sitio**

Es importante considerar la apertura de trochas de acceso al sitio contaminado, debido al volumen requerido para la extracción y la ubicación del mismo, se plantea el uso de equipos mecánicos para tal fin. Entre ellos, se propone el uso de minicargadores, que debido a su versatilidad y características requiere un acceso con la menor intervención posible.

Una vez realizado el acceso del sitio, se realizará el transporte mediante camiones hasta el área de ubicación de los equipos de desorción y demás facilidades para el tratamiento del suelo contaminado.

- **Excavación y retirada de suelo contaminado**

Consiste en el retiro del suelo contaminado, para ello se propone con base en las características geomorfológicas del sitio, un sistema de "mallado" que inicie el excavado en áreas específicas, de tal forma de evitar la propagación de la contaminación. Aunque, una práctica frecuente es excavar y retirar las zonas más contaminadas ("*hot spots*") y usar otras medidas de saneamiento para los suelos menos contaminados.

La excavación se realizará hasta una profundidad aproximada de 60 cm (suelo superficial) hasta completar el área de 44 255,80 m².

- **Relleno de suelo limpio**

Es importante el relleno de las zonas específicas de suelo contaminado extraído, esta labor debe realizarse casi en forma simultánea con la extracción. El objeto del relleno es asegurar la no exposición del Contaminante de preocupación (hidrocarburo) localizado en profundidades mayores, asegurando su aislamiento al rellenar.

En este sentido, es importante contar con un material de préstamo con características no permeables.

- **Ubicación de área de préstamo**

Estudio de opciones de ubicación del préstamo

Se evaluarán al menos 3 alternativas para seleccionar sitios de préstamos, que cumplan con los siguientes criterios:

- Accesibilidad; deben de ser fácilmente accesibles y que se puedan explotar por procedimientos sencillos.
- Distancia; deben de seleccionarse aquellos que produzcan las mínimas distancias de acarreo.
- Calidad; deben ser suelos limpios, libres de vegetación, palos y ramas.
- Facilidad de extracción y colocación; deben ser lo más fácilmente accesibles y tener las propiedades que faciliten los procedimientos más sencillos y económicos durante su extracción.

C. Etapa III

- **Almacenamiento de suelo contaminado**

En la zona destinada para ejecutar el tratamiento de suelo contaminado se debe disponer de un área de almacenamiento de suelo contaminado, considerando las normas y medidas de seguridad respectivas. Este material estará almacenado temporalmente y será el que inicia la desorción.

- **Pre tratamiento**

El suelo contaminado almacenado debe ser sometido a una limpieza de contaminaciones físicas, tales como plástico, madera, partes metálicas, etc., lo cual se efectuará de manera manual.

Las tierras contaminadas son vertidas en una tolva que alimenta la planta. Desde la tolva, los materiales se trasladan hasta el horno rotativo, generalmente mediante cintas transportadoras.

El horno rotativo esta alimentado por un tornillo sin fin (Figura 5-9) o por cinta transportadora, la velocidad se puede regular, en función del volumen de alimentación, el control de las cantidades de entrada es registradas y monitoreadas.

- **Tratamiento**

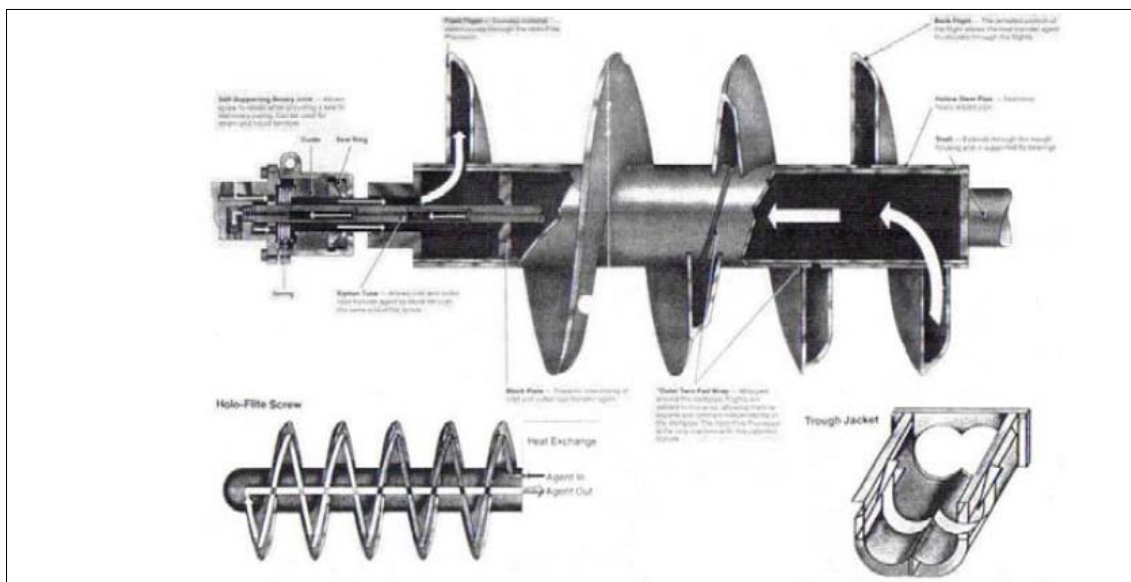
Los suelos contaminados empiezan el sistema de calentamiento por la temperatura en el mismo horno. Durante este proceso se evaporan o descomponen tanto el agua contenida en el material como las sustancias más volátiles.

En la parte final del horno el calentamiento tiene lugar por contacto directo con la llama. Por medio de los movimientos rotativos del horno, el material contaminado es volteado y se consigue un contacto homogéneo con el flujo de gases, lo que permite un calentamiento hasta temperaturas de 300-450 °C, a las que los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y los hidrocarburos pesados pasan a la fase gaseosa.

La instalación está diseñada para lograr una recuperación óptima de calor, y se dimensiona de

modo que para la capacidad de producción se ubique entre 200-440 toneladas/día, con un contenido en humedad inicial del 15 % de peso, todo el agua y los contaminantes orgánicos sean evaporados completamente.

Figura 5-9 Representación de tornillo sinfín



Fuente: Marín San Pedro, Optimización de los tratamientos de desorción térmica de suelos contaminados por hidrocarburos derivados del petróleo. Madrid, 2010.

A la salida del horno rotativo se mide la temperatura del suelo, se registra y se monitorea. El suelo caliente descontaminado sale del horno rotativo, generalmente, a través de una válvula giratoria para impedir que el aire entre al horno. Posteriormente, el suelo es enfriado y humedecido con agua, mediante un sistema de múltiples boquillas (el más usual) para impedir las emisiones de polvo y la dispersión de la tierra durante el almacenaje. El suelo descontaminado posee a una temperatura de aproximadamente 80 °C.

- **Tratamiento de emisiones**

La emisión proviene del gas producido en el horno rotativo, resultante de la combustión en el quemador y del vapor del suelo alimentado al horno. Estos gases de combustión, junto con los que proceden de la volatilización, son pasados por un filtro de mangas con objeto de eliminar las partículas arrastradas. Las mangas son cilindros huecos de superficie variable, recubiertos por telas sintéticas donde quedan retenidas las partículas arrastradas por los gases procedentes del horno rotativo.

- **Tratamiento de efluentes**

El agua, producto del proceso de la condensación y extracción de la humedad del suelo, es utilizada para el sistema de enfriamiento (mediante humedecimiento) del suelo descontaminado, el resto previo análisis, debe ser tratada o almacenada.

El suelo tratado producto de la desorción es sometido a un análisis para determinar su grado de descontaminación. En caso se compruebe que cumple con los niveles normativos para ECA suelo, se vuelve a colocar en su lugar de origen o se lleva a otro sitio para usarla como relleno. En caso contrario, puede ser nuevamente tratada o se puede tratar con otra técnica o transportar a otro lugar para su eliminación.

Este diagrama de flujo describe el proceso de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos, mostrando la interacción entre las fases gaseosa, líquida y sólida.

Legenda:

- Corriente gaseosa (línea roja)
- Corriente sólida (línea gris)
- Corriente líquida (línea azul)

Proceso:

- TIERRA CONTAMINADA** (Sólida) se alimenta al **PRESECAO** y al **DESORCIÓN**.
- Desde **PRESECAO**, la **Fase Gaseosa** (Agua, Volátiles, Gases de combustión) viaja por la corriente gaseosa al **TRATAMIENTO GASES**.
- Desde **DESORCIÓN**, la **Fase Gaseosa** también viaja al **TRATAMIENTO GASES**.
- El **TRATAMIENTO GASES** genera **EMISIONES** y envía la corriente gaseosa al **CONDENSACIÓN**.
- En **CONDENSACIÓN**, la **Fase Líquida** (Agua, Volátiles condensados) viaja por la corriente líquida al **TRATAMIENTO AGUA**.
- El **TRATAMIENTO AGUA** produce **AGUA** y **PRODUCTO** (Recuperación de agua y producto).
- El **AGUA** se envía por la corriente líquida al **ENFRIAMIENTO**.
- El **ENFRIAMIENTO** genera **Combustible** que se alimenta al **COMBUSTIÓN / POSTCOMBUSTIÓN**.
- El **COMBUSTIÓN / POSTCOMBUSTIÓN** genera **Polvo** que se recicla al **PRESECAO** y **DESORCIÓN**, y recupera calor para el **ENFRIAMIENTO**.
- Finalmente, la corriente sólida viaja desde **DESORCIÓN** y **ENFRIAMIENTO** hacia la **TIERRA LIMPIA**.

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Supervisor	Supervisar la ejecución de las actividades según el rol que desempeñe	12
Enfermero	Atender a los trabajadores ante cualquier eventualidad suscitada durante el desarrollo de las actividades y /o trasladar al accidentado hasta el centro de asistencia más cercano	3
Topógrafo	Se encargará de todas las mediciones topográficas, durante movimientos de tierra y compactación del terreno.	4

Cuadro 5-11 Estimación de personal para la remediación del suelo impactado

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Operario	Realizará las labores de operación de equipos y maquinaria pesada para el desarrollo de las actividades	18
Conductor	Será responsable de trasladar a personal o equipo según sea el caso	7
Obrero	Se encargará de las labores manuales de acuerdo al rol propio de cada actividad, los mismos deberán tener una noción básica del trabajo a ejecutar, en caso contrario deberán recibir una inducción inicial para el desarrollo de las mismas	25
Logístico	Se encargará de coordinar todo lo referente a la logística necesaria para llevar a cabo las actividades de remediación.	1
Almacenero	Será el encargado de la entrada y salida de recursos de los almacenes, coordinadas por el logístico, este llevará el control de entradas y salidas, y alertará si es necesaria la adquisición de artículos adicionales.	1
Vigilante	Se encargará de la vigilancia de equipos y recursos dispuestos para la aplicación de la acción de remediación	3

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El número de trabajadores indicado en la tabla anterior, corresponde a la cantidad máxima del personal que trabajará en simultaneo, durante la actividad de remediación, sin embargo, dicha cantidad varía a lo largo de su aplicación, esto se puede observar en el cuadro 5-38, donde se detalla la cantidad global de trabajadores por actividad. Los trabajadores deberán estar habilitados, con exámenes médicos, vacunas y SCTR

5.6.4 Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.

El esquema presentado en la Figura 5-11 contiene las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora considerando las fases planteadas para el desarrollo de la remediación.

Cuadro 5-12 Estimación de mano de obra y costos necesarios para remediación de suelos en el sitio impactado S0112 (Sitio 35)

N°	Actividad	Und*	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo por partida (\$)	Equipo	Cantidad	Costo (\$) / día	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos (\$)	Mano de obra	Cantidad	Costo (\$) / día	Días de trabajo	Costo unitario (\$)	Costo total del personal (\$)	Materiales/ consumibles	Und	Cantidad	Costo (\$) / und	Costo unitario (\$)	Costo total de materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo total de equipos menores (\$)	
Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio																														
1	Puesta en marcha	SG	1,00	3 600,00	3 600,00								Ingeniero	1,00	70,00	20,00	1400,00	1 400,00												
													Proyectista	1,00	60,00	20,00	1200,00	1 200,00												
													Técnico	1,00	50,00	20,00	1000,00	1 000,00												
2	Movilización de equipos y materiales al sitio	SG	1,00	45 290,36	45 290,36	Embarcación	1,00	20 000,00	1,00	2,00	40 000,00	40 000,00	Obreros	5,00	200,00	3,00	600,00	600,00	Combustible Diésel	l	432,00	1,50	648,00	648,00						
						Camión grúa 5 T	2,00	360,00	1,00	3,00	1 080,00	1 080,00	Operario	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00	Combustible Diésel	l	384,00	1,50	576,00	576,00						
						Camionetas	3,00	545,45	1,00	3,00	1 636,36	1 636,36	Conductores	3,00	150,00	3,00	450,00	450,00												
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio	SG	1,00	45 290,36	45 290,36	Embarcación	1,00	20 000,00	1,00	2,00	40 000,00	40 000,00	Obreros	5,00	200,00	3,00	600,00	600,00	Combustible Diésel	l	432,00	1,50	648,00	648,00						
						Camión grúa 5 T	2,00	360,00	1,00	3,00	1 080,00	1 080,00	Operario	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00	Combustible Diésel	l	384,00	1,50	576,00	576,00						
						Camionetas	3,00	545,45	1,00	3,00	1 636,36	1 636,36	Conductores	3,00	150,00	3,00	450,00	450,00												
Fase II: Preparación del área para el almacenamiento de material e instalación de equipos																														
4	Alquiler del sitio para instalar el equipo	mes	3,00	293,94	881,82																									
5	Desbroce, nivelación, conformación, perfilado y compactación de la subrasante con equipo	m²	500,00	2,85	1 423,82	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	1 000,00	0,50	0,27	132,64	Operario	4,00	200,00	0,50	0,20	100,00	Combustible Diésel	l	64,00	1,50	0,19	96,00						
						Camión cisterna para regado	1,00	90,91	1 000,00	0,50	0,09	45,45	Obrero	5,00	200,00	0,50	0,20	100,00	Combustible Diésel	l	200,00	1,50	0,60	300,00						
						Motoniveladora 125 HP	1,00	443,44	1 000,00	0,50	0,44	221,72						Combustible Diésel	l	80,00	1,50	0,24	120,00							
						Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	1 000,00	0,50	0,40	200,00						Combustible Diésel	l	72,00	1,50	0,22	108,00							
6	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	0,50	172,73	86,36	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	1,00	72,73	36,36	Topógrafos	2,00	100,00	0,50	100,00	50,00												
7	Construcción de techo tipo galpón	m²	1 440,00	50,65	72 937,72	Camión grúa 5 T	2,00	360,00	100,00	15,00	3,75	5 400,00	Obrero	6,00	240,00	15,00	2,50	3 600,00	Lona impermeable	m2	1 517,34	8,00	8,43	12 138,72						
													Operario	2,00	100,00	15,00	1,04	1 500,00	Plancha y conexión para fundación	Und	40,00	100,00	2,78	4 000,00						
																		Piezas de fierro para uniones	Und	1 600,00	4,00	4,44	6 400,00							
																			Vigas de Madera	m	2 911,00	5,00	10,11	14 555,00						
																			Pernos	Und	10 240,00	1,50	10,67	15 360,00						
																			Plástico	m²	1 248,00	8,00	6,93	9 984,00						
8	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	1 356,00	3,17	4 298,24	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	0,13	180,00	Obrero	6,00	240,00	1,00	0,18	240,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	1 356,00	2,00	2,00	2 712,00	Pala	3,00	9,59	0,02	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	1 998,00	1,00	0,17	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	0,11	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,00	6,00	Pico	3,00	9,59	0,02	28,77	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	0,07	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	0,05	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	0,16	216,00	Carretilla	3,00	44,93	0,10	134,79	
																			Tubos PVC 4" Ranurados	l	2,40	2,33	0,00	5,59						
																			Piedra Picada	m³	22,00	9,09	0,15	200,00						
Fase III: Preparación del material in situ																														
9	Apertura de trochas	m	1 000,00	0,67	666,00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	1 000,00	1,00	0,40	400,00	Operario	1,00	50,00	1,00	0,05	50,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	0,22	216,00						
10	Excavación del material con maquinaria	m³	26 554,00	6,92	183 763,55	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	155,00	172,00	2,73	72 432,64	Operario	2,00	100,00	172,00	0,65	17 200,00	Combustible Diésel	l	27 520,00	1,50	1,55	41 280,00						
						Cisterna	0,30	27,27	155,00	172,00	0,18	4 690,91	Obreros	1,00	40,00	172,00	0,26	6 880,00	Combustible Diésel	l	27 520,00	1,50	1,55	41 280,00						
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	172,00	136,36	23 454,55	1 trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	172,00	36,36	6 254,55	Topógrafos	2,00	100,00	172,00	100,00	17 200,00												
12	Carguío del material	m³	26 554,00	6,63	176 002,91	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	155,00	172,00	2,59	68 800,00	Operario	2,00	100,00	172,00	0,65	17 200,00	Combustible Diésel	l	24 768,00	1,50	1,40	37 152,00						
						Cisterna	0,30	27,27	155,00	172,00	0,18	4 690,91	Obreros	1,00	40,00	172,00	0,26	6 880,00	Combustible Diésel	l	27 520,00	1,50	1,55	41 280,00						
Fase IV: Aplicación de la desorción Térmica																														
13	Carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta el equipo de desorción térmica	m³	26 554,00	2,79	73 989,08	Cargador sobre orugas 2 YD3	0,50	271,48	220,00	121,00	1,24	32 849,08	Operario	2,00	100,00	121,00	0,46	12 100,00	Combustible Diésel	l	19 360,00	1,50	1,09	29 040,00						
14	Proceso desorción térmica (**)	m³	26 554,00	585,72	15 553 220,00	Equipo de desorción térmica	1,00	88 000,00	220,00	121,00	400,99	10 648 000,00	Operario	6,00	300,00	121,00	1,37	36 300,00	Combustible Diésel	l	3 194 400,00	1,50	180,45	4 791 600,00						
													Obreros	6,00	240,00	121,00	1,09	29 040,00	Agua	Cisterna	531,08	90,91	1,82	48 280,00						
15	Traslado del Material descontaminado hasta las pilas de acopio destinado para tal fin	m³	26 554,00	2,79	73 989,08	Cargador de pala frontal sobre llantas	0,50	271,48	220,00	121,00	1,24	32 849,08	Operario	2,00	100,00	121,00	0,46	12 100,00	Combustible Diésel	l	19 360,00	1,50	1,09	29 040,00						
16	Supervisión Técnica de actividades (2 ingenieros)	Día	121,00	210,00	25 410,00								Ingeniero	3,00	210,00	121,00	210,00	25 410,00												
17	Vigilancia (diurna y nocturna)	Día	121,00	120,00	14 520,00								Vigilante	3,00	120,00	121,00	120,00	14 520,00												
18	Mantenimiento (3 técnicos)	Día	121,00	210,00	25 410,00								Ingeniero	3,00	210,00	121,00	210,00	25 410,00												
Fase V: Reposición de material en el sitio																														
19	Estudio de préstamo	SG	1,00	10000	10 000,00																									
20	Carguío del material de préstamo	m³	26 554,00	4,31	114 552,00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	155,00	172,00	2,59	68 800,00	Operario	1,00	50,00	172,00	0,32	8 600,00	Combustible Diésel	l	24 768,00	1,50	1,40	37 152,00						
21	Traslado del Material hasta el sitio	m³	26 554,00	11,33	300 810,00	Camión volteo de 10 a 12 m3	2,00	1 320,00	144,00	185,00	9,20	244 200,00	Conductor	1,00	50,00	185,00	0,35	9 250,00	Combustible Diésel	l	26 640,00	1,50	1,50	39 960,00						

Cuadro 5-12[illegible]

Costo (\$)/ und: Se expresa el costo de mercado por unidad de material o consumible

Costo unitario (\$): Se expresa el costo de material o consumible por unidad de obra ejecutada siendo la unidad de obra m², m³ o lo descrito en el rubro de Und*, por la cual se mide la cantidad de obra a ejecutar.

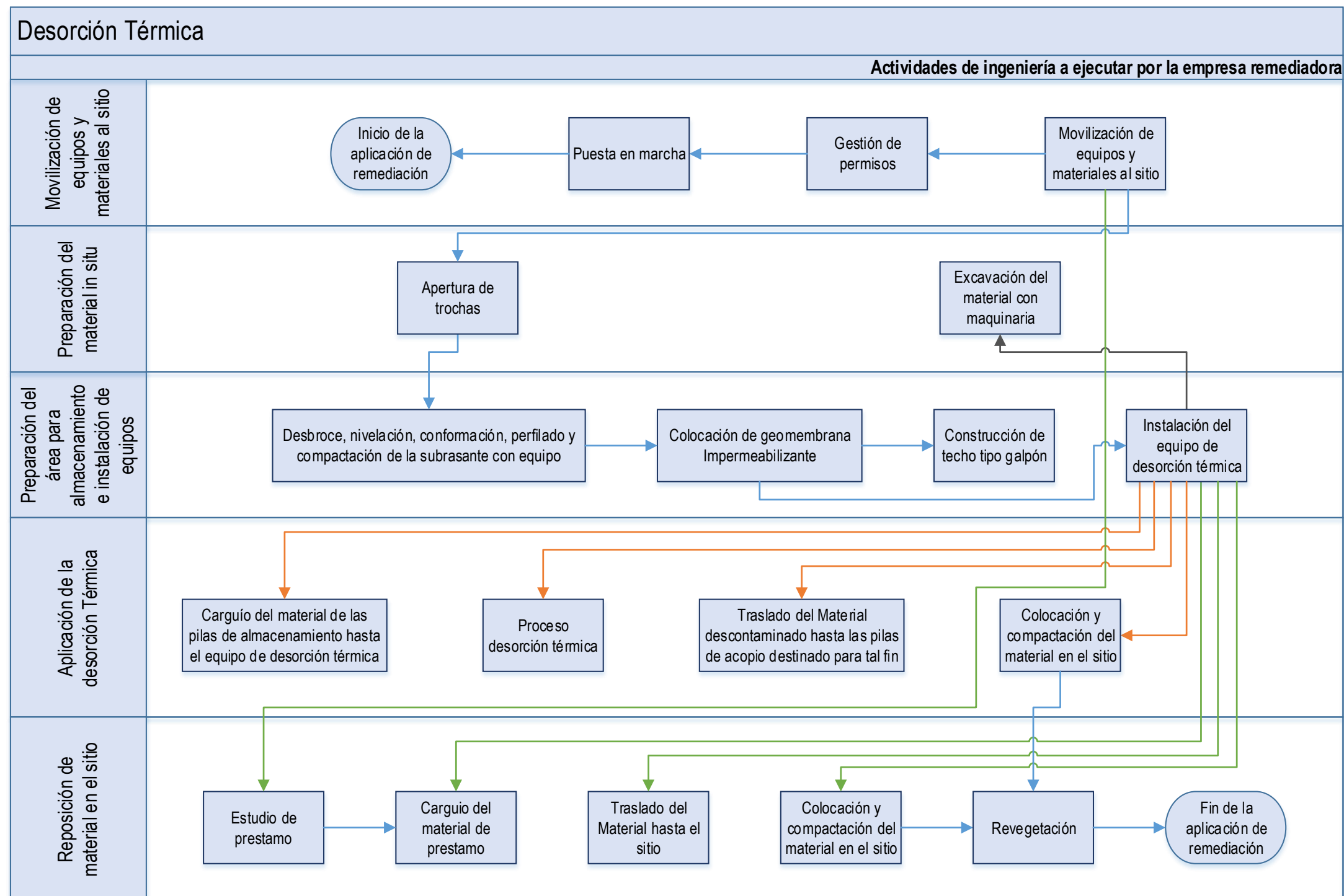
Nota: La estimación de costo para la aplicación de la técnica se ha desarrollado considerando diésel como combustible para la operación del equipo. Al momento del desarrollo de la ingeniería de detalle se especificará el combustible a ser utilizado (diésel, petróleo, gas, gasolina, etc.). Este combustible deberá ser ingresado vía fluvial y terrestre a la zona de trabajo y almacenado en tanques para la alimentación del equipo, se estima desde la población de Yurimaguas. En el caso del sitio S0112 (Sitio 35) se estima un gasto total de 3 460 988,00 l (130,33 l/m3).

Durante el proceso de desorción térmica se produce una pérdida del 20-30% (materia orgánica, contaminantes, humedad, básicamente) del volumen inicial de suelo contaminado. Al culminar el proceso de desorción térmica el suelo tratado es devuelto nuevamente al sitio impactado. Allí se completa/nivela con la rasante natural del terreno el área del sitio impactado utilizando material de préstamo en una cantidad equivalente a la perdida durante la desorción térmica.

(**) = El estimado de costos para el tratamiento se hace sobre una base de estimación Clase III, que corresponde a un nivel de desarrollo conceptual en la ingeniería de un proyecto. Esto implica una base de variación del 30% - 50%

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-11 Esquema de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora



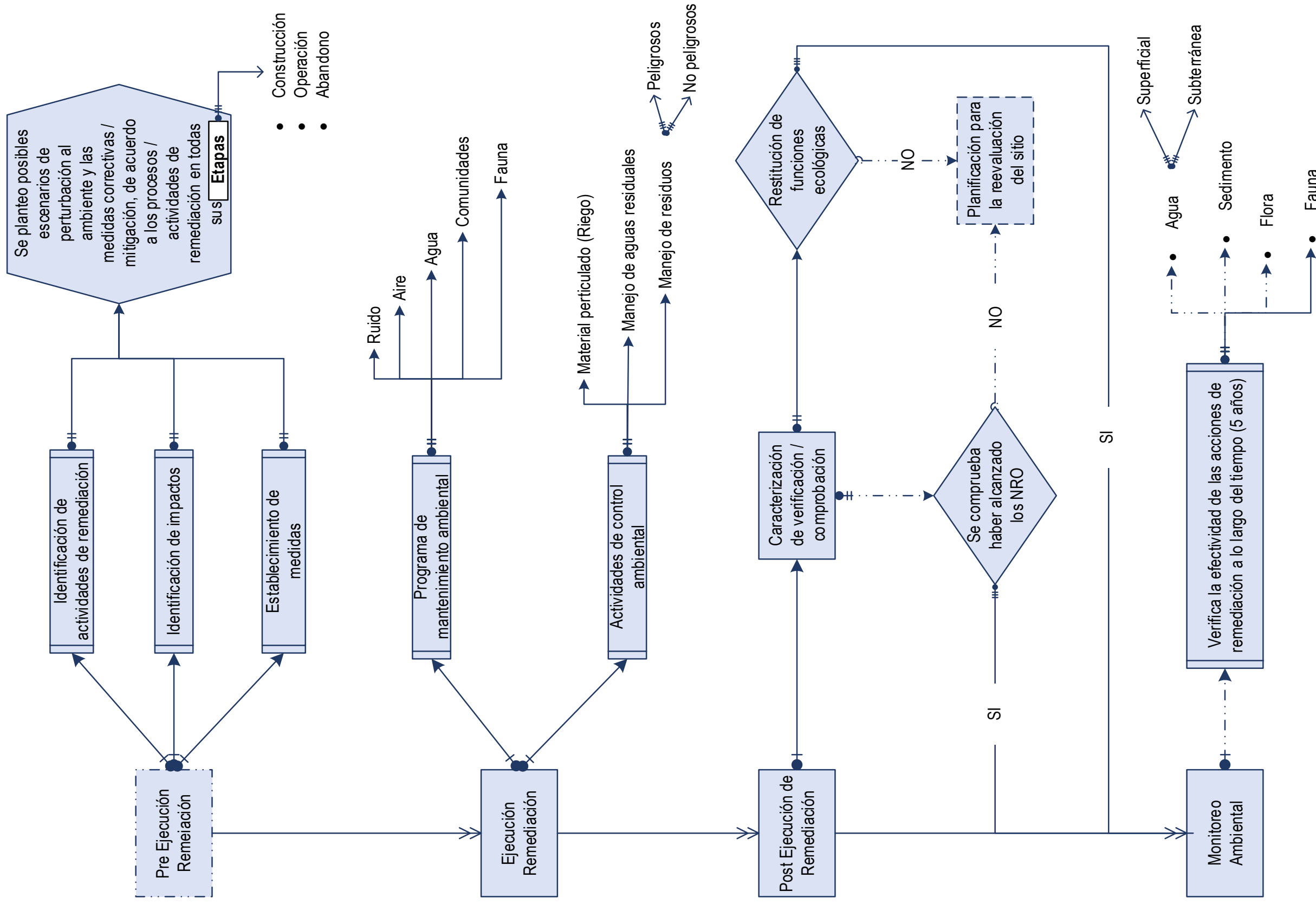
Nota: En este caso la reposición del material se realizará con material de préstamo y material descontaminado, es importante tener en cuenta que las actividades de excavación, carguio de material de préstamo, proceso de desorción térmica, traslado de material, colocación y compactación del material en el sitio; se deben realizar de manera simultanea.

En cuanto a la excavación debe hacerse por paños o secciones, para evitar la sobreexposición del subsuelo a lluvias y por tanto cambios de humedad.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-12 Flujoograma de actividades del PMA

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL



Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.6.5 Descripción de los residuos y/o emisiones.

A) Residuos Sólidos

Durante el proceso de remediación del sitio S0112 (Sitio 35) se generarán residuos sólidos que según sus características se pueden clasificar en peligrosos y no peligrosos.

Los residuos domésticos, se generarán principalmente en el campamento temporal como consecuencia de las actividades habituales de los trabajadores.

En el siguiente cuadro se presenta la estimación de generación residuos sólidos domésticos. Se ha considera una generación por persona de 0,57 kg/hab-día (correspondiente a la generación por persona de la región Loreto) y un promedio de 46 trabajadores durante todo el proceso de remediación.

Cuadro 5-13 Generación de residuos sólidos domésticos

Producción por persona de RR.SS. (kg/hab/día)	N° de trabajadores	Generación diaria (kg)	Generación mensual (kg)	Densidad (kg/m ³)	Volumen mensual (m ³)	Generación Total (kg)**	Volumen total (m ³)
0,57*	46	26,22	786,6	250	3,14	8652,6	34,6

* Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios para la región de Loreto (MINAM).

** Generación total durante los 11 meses de duración de la remediación.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

En el ítem. 5.8 Plan de Manejo de Residuos se presenta las medidas o procedimientos para el manejo integral de los residuos a generarse durante las actividades de remediación.

B) Residuos líquidos

Se contempla la generación de efluentes domésticos, provenientes del personal que realizará las actividades inherentes a la remediación.

• Aguas residuales domésticas

Para la determinación del volumen de aguas residuales domésticas se ha considerado una dotación de agua de 80 litros/hab-día y un promedio de 46 trabajadores y que el 80 % se convertirá en efluente doméstico, conforme a lo especificado en la Norma OS.100**, cabe resaltar que la demanda de agua potable y por consiguiente el volumen de generación de efluentes domésticos es variable y estará en función al número de trabajadores. En el siguiente cuadro se presenta el volumen máximo de generación de efluentes domésticos por día:

Cuadro 5-14 Generación de efluentes domésticos

Dotación de agua (l/hab/día)	N° de trabajadores	Demanda de agua diaria (m ³ /día)	Efluentes domésticos (m ³ /día) **
80 *	46	3,68	2,9

* Dotación de agua para selva (MVCS, 2011).

** Se considera que el 80 % del agua consumida se convertirá en efluente doméstico (NORMA OS.100).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Aguas residuales industriales**

Las tecnologías de remediación que se utilizarán para la remediación del sitio S0112 (Sitio 35) corresponden: i) Desorción Térmica:

Desorción Térmica

Para el tratamiento del suelo por desorción térmica el suelo preliminarmente será acumulado en pilas de acopio temporal, en una base con geomembrana, techo corta aguas y un sistema de derivación de agua de lluvia en su contorno, con la finalidad de evitar la generación de agua de contacto (efluentes). El agua de no contacto será derivado a un cuerpo de agua superficial cercano.

La Unidad de Desorción Térmica contará con una planta de tratamiento de agua (PTAR), cuya función será separar el agua e hidrocarburos de la fase líquida producto del sistema de condensación. La fracción de hidrocarburo que se obtendrá como efluente tendrá características similares a un gasoil y será usado en la unidad; asimismo, el agua será recirculada al sistema.

Por lo descrito, no se generarán efluentes durante el tratamiento de suelos en ninguna de las etapas de remediación por desorción térmica.

C) Emisiones

Las principales fuentes que originarían emisiones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) son las asociadas al movimiento de material y carga y descarga de material (excavación y remoción de suelo contaminado), las asociadas a emisiones de gases de combustión de combustible (CO , NO_2 y SO_2) serían el tránsito de vehículos y el funcionamiento de maquinaria pesada (excavadora, retroexcavadora, trompo mezclador, entre otros) y las emisiones de gases de la chimenea de la Unidad de Desorción Térmica.

Los tipos de fuentes de emisión asociadas a las acciones de remediación son fugitivas y no fugitivas:

- **Emisiones fugitivas**

Fuente de volumen: Tránsito de camión volquete, retroexcavadora, y camiones de suministro.

Fuentes de área: actividades de transferencia (carga y descarga), excavación o movimiento de material, actividades de relleno.

Fuente Fijas: Generador eléctrico.

- **Emisiones no fugitivas**

Fuentes puntuales: chimenea de la Unidad de Desorción Térmica.

Fuente móviles: tubo de escape de volquetes y camiones de suministro.

Fuentes de área: excavadora, retroexcavadora, equipo compactador vibratorio.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen por cada fuente y tipo de emisión:

Cuadro 5-15 Emisiones de material particulado y gases

Fuente de emisión	Material Particulado	CO	NO ₂	SO ₂
Tránsito de volquetes y camiones de suministro	X	X	X	X
Actividades de transferencia, movimiento de material, actividades de relleno	X			
Generador eléctrico		X		
Tubo de escape de volquetes y camiones de suministro	X	X	X	X
Maquinaria pesada (excavadora, retroexcavadora, equipo compactador vibratorio, entre otros)	X	X	X	X
Unidad de desorción térmica	X	X	X	X

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.7 Plan de Manejo Ambiental.

5.7.1 Permisos ambientales

Es importante mencionar que antes de la ejecución efectiva de las actividades de remediación, se debe tramitar los siguientes permisos adicionales ante las autoridades competentes:

- Permiso de desbosque – SERFOR;
- Reconocimiento Arqueológico: MINISTERIO DE CULTURA;
- Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA)- MINISTERIO DE CULTURA y;
- Permiso de extracción de materiales de construcción: MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (DGM). (en caso aplique).

5.7.2 Identificación de impactos ambientales

Durante las actividades de remediación-rehabilitación se generarán efluentes, emisiones atmosféricas y residuos sólidos en cantidades y volúmenes que dependerán mayormente de la tecnología o conjunto de tecnologías seleccionadas, así como del tipo de contaminante a ser tratado.

Preliminarmente, es importante identificar las actividades y en consecuencias los aspectos ambientales del proceso de remediación de “Desorción Térmica” a aplicarse en el Sitio S0112 (Sitio 35), que conlleve a la generación de potenciales residuos, ya sean sólidos, efluentes o emisiones atmosféricas, y otras actividades que posiblemente afecten al componente ambiental físico, biológico o social.

A) Identificación de las acciones de remediación

Las actividades de remediación descritas en el ítem 5.6.2, se desarrollarán en tres (3) etapas: construcción, operación y abandono; en los siguientes cuadros se presenta la lista actividades por cada etapa:

Cuadro 5-16 Actividades durante la etapa de construcción

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Construcción	Preparación del sitio (actividades preliminares) - Movilización de equipos y maquinarias. - Desbroce y desbosque (40% del sitio). - Nivelación del terreno (pilas de almacenamiento y base de la Unidad de Desorción Térmica). - Instalación del campamento temporal. - Colocación de geomembrana (pilas de almacenamiento) para el sistema de desorción.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-17 Actividades durante la etapa de operación

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Operación	Preparación del material - Excavación de suelo contaminado con maquinaria. - Carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta la Unidad de Desorción Térmica. - Proceso Desorción Térmica. - Mantenimiento de la Unidad de Desorción Térmica. Reposición de material en el sitio proveniente de la Desorción - Carguío y traslado de material de préstamo (desde canteras) al sitio para estabilización con producto de desorción. - Compactación del material estabilizado y el material proveniente de la desorción del sitio S0112 (Sitio 35).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Cuadro 5-18 Actividades durante la etapa de abandono

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Abandono	Abandono - Revegetación. - Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria. - Disposición final de RR. SS.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B) Identificación de componentes ambientales

En el Cuadro 5-19 se presentan el listado de los componentes ambientales (físico, biológico y social), a fin de identificar cuáles podrían ser disturbados por las actividades que comprenda el proceso de remediación en el sitio S0112 (Sitio 35).

Cuadro 5-19 Componentes y factores ambientales

Componente	Factor Ambiental	
Físico	Topografía y Paisaje	Topografía
		Calidad Visual
	Calidad de Aire	Material Particulado
		Emisiones Gaseosas
	Ruido	Nivel de Ruido
	Recurso Hídrico Superficial	Cantidad del Agua Superficial
		Calidad del Agua Superficial
	Recurso Hídrico Subterráneo	Cantidad del Agua Subterránea
		Calidad del Agua Subterránea
	Suelo	Calidad del Suelo
		Uso de Suelo
Biológico	Flora Terrestre	Abundancia y diversidad
	Fauna Terrestre	Abundancia y diversidad
	Flora y Fauna Acuática	Abundancia y diversidad
Socioeconómico		Contratación de mano de obra
		Percepciones de Grupo de Interés

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C) Identificación de impactos y riesgos ambientales

En el Cuadro 5-20 se presentan la matriz de identificación de los impactos que pudieran generar cambio en alguno de los componentes ambientales.

En dicha matriz se diferencia el impacto ambiental de naturaleza negativo (-) o positivo (+) y si el efecto es directo (color naranja) o indirecto (color verde). A continuación, una breve descripción:

- Potencial Impacto Positivo/negativo Directo: El impacto ambiental directo será el que ocasione cambios positivos/negativos inmediatos y perceptibles a corto plazo en el ecosistema.
- Potencial Impacto Positivo/negativo Indirecto: El impacto ambiental indirecto negativo será el que afecte colateralmente positiva o negativamente el ecosistema.

Asimismo, se presenta los riesgos ambientales identificados durante el proceso de remediación del sitio S0112 (Sitio 35).

Cuadro 5-20 Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del plan de remediación - Etapa de construcción, operación y abandono

Etapa	Componente ambiental	Físico											Biológico			Socio-económico	
	Factor ambiental	Topografía y Paisaje		Calidad de Aire		Ruido	Recurso Hídrico Superficial		Recurso Hídrico Subterráneo		Suelo		Flora Terrestre	Fauna Terrestre	Flora y Fauna Acuática		
	Sitio S0112 (Sitio 35)	Topografía	Calidad Visual	Material Particulado	Emisiones Gaseosas	Nivel de Ruido	Cantidad del Agua Superficial	Calidad del Agua Superficial	Cantidad del Agua Subterránea	Calidad del Agua Subterránea	Calidad del Suelo	Uso de Suelo	Abundancia y diversidad	Abundancia y diversidad	Abundancia y diversidad	Contratación de mano de obra	Percepciones de Grupo de Interés
	Técnica de remediación: Desorción térmica																
Construcción	Movilización de equipos y maquinarias		-	-	-	-								-		+	+
	Desbroce y desbosque (40% del sitio)		-	-		-		-					-	-		+	+
	Nivelación del terreno (pilas de almacenamiento y base de la Unidad de Desorción Térmica)	-	-	-	-	-		-					-	-		+	+
	Instalación del campamento temporal		-			-								-		+	+
	Colocación de geomembrana (pilas de almacenamiento) y sistema de captación de drenaje					-								-		+	+
Operación	Excavación de suelo contaminado con maquinaria	-	-	-	-	-		-					-	-		+	+
	Carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta la Unidad de Desorción Térmica			-	-	-							-	-		+	+
	Proceso Desorción Térmica			-	-	-							-	-		+	+
	Mantenimiento de la Unidad de Desorción Térmica					-							-	-		+	+
	Traslado del suelo descontaminado del proceso de desorción			-	-	-					+		-	-		+	+
	Carguío y traslado de material de préstamo (desde canteras) al sitio	-	-	-	-	-		-					-	-		+	+
	Compactación del material del Sitio S0112 (Sitio 35)	+		-	-	-							-	-		+	+
Abandono	Revegetación	+	+	-	-			+			+	+	+	+		+	+
	Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria		+	-		-								-		+	+
	Disposición final de RR.SS.		+	-	-	-										+	+

Leyenda:

+	Potencial Impacto Positivo Directo
+	Potencial Impacto Positivo Indirecto
-	Potencial Impacto Negativo Directo
-	Potencial Impacto Negativo Indirecto
	No se genera impacto

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

D) Impactos ambientales a mitigar

A partir del Cuadro 5-20, se detalla los impactos ambientales en las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0112 (Sitio 35) a prevenir o mitigar:

Componente físico

- Alteración de la topografía (+ / -)
- Alteración de la calidad visual (+ / -)
- Alteración de la calidad del aire (material particulado y emisiones) (-)
- Alteración de la calidad del agua (+ / -)
- Incremento de los niveles de ruido (-)
- Modificación de uso de suelo (+)
- Alteración de la calidad del suelo (+)

Componente biológico

- Alteración de la fauna terrestre (+ / -)
- Alteración de la flora terrestre (+ / -)
- Alteración de la fauna acuática (+/-)

Componente social

- Contratación de mano de obra local (+)
- Mejora de la percepción de los grupos de interés (+)

En la etapa de construcción el principal impacto ambiental de carácter negativo y de efecto directo es la alteración de la calidad del aire y el incremento de los niveles de ruido por las actividades de movilización e instalación del equipo de desorción térmica; durante la etapa de operación el principal impacto de carácter negativo y efecto directo será la alteración de la calidad del aire por emisión de gases de combustión de la chimenea de la Unidad de Desorción Térmica y en menor medida las emisiones provenientes del funcionamiento de la maquinaria pesada.

Por otro lado, el principal impacto ambiental de carácter positivo y de efecto directo es la recuperación de la calidad visual y de la calidad del suelo del sitio debido a la revegetación, y recubrimiento con material de préstamo, que conlleva asimismo un impacto positivo en el componente biológico flora.

5.7.3 Medidas de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental incluye medidas y acciones mitigar, minimizar o evitar impactos ambientales al medio ambiente, el mismo se enmarca en los lineamientos establecidos en la Resolución Ministerial N° 118-2017-MEM/DM.

Las medidas de manejo ambiental de los impactos descritos en los párrafos anteriores serán manejadas por los programas individuales que se presentan en los siguientes ítems, estos programas son los siguientes:

- Programa de manejo de instalaciones auxiliares.
- Programa de manejo de paisaje visual.
- Programa de manejo ruido ambiental y calidad del aire.

- Programa de manejo del recurso suelo.
- Programa de manejo del recurso hídrico.
- Programa de manejo de flora y fauna terrestre.
- Programa de manejo de sustancias o materiales peligrosos.
- Programa de relaciones comunitarias.

5.7.4 Programa de manejo de instalaciones auxiliares

Durante la operación de la técnica solidificación/estabilización y desorción térmica se demandará habilitar un campamento temporal, letrinas, puntos de acopio de residuos sólidos, almacén de sustancias peligrosas, entre otros, que serán utilizados durante las actividades de remediación en el sitio S0112 (Sitio 35), para ello se debe tener en cuenta lo listado a continuación:

- Las instalaciones eléctricas provisionales deberán ser ejecutadas y mantenidas por personal calificado.
- La evacuación de excretas será mediante letrinas, los cuales serán deberán ser suficientes para la cantidad de trabajadores.
- El campamento deberá establecerse preferentemente en una zona despejada sin cobertura vegetal para evitar el desbroce innecesario, asimismo deberá establecerse en un lugar seco y lejos de peligros naturales.
- Los residuos generados en el campamento serán manejados de acuerdo con el Plan de Manejo de residuos sólidos.
- El reabastecimiento de combustible y cambio de aceite se debe realizar en lugares impermeabilizados específicamente para este fin (ver ítem 5.7.1.9).
- El manejo de sustancias peligrosas será realizado únicamente por personal calificado.

5.7.5 Programa de manejo de paisaje visual

La instalación de la Unidad de Desorción Térmica podría disturbar la percepción visual de las poblaciones cercanas al sitio S0112 (Sitio 15), sin embargo, la comunidad más cercana se encuentra a una distancia de 8,91 km, correspondiente a la CN José Olaya; asimismo, el área donde se emplazará la Unidad de Desorción Térmica es un área industrial y disturbada, por lo que el impacto es no significativo.

A continuación, se presenta las medidas de manejo del paisaje visual:

- Control de las emisiones de material particulado y gases, que dan mal aspecto durante actividades de movimiento de tierra u otras actividades generadoras de emisiones.
- Se implementará un correcto manejo de residuos sólidos.
- Mimetizar las infraestructuras elevadas de acuerdo al color predominante del paisaje adyacente.
- El área final excavada será cubierta con material de préstamo y será revegetada con especies autóctonas.

5.7.6 Programa de manejo de ruido ambiental y calidad de aire

Durante la fase de construcción, operación y abandono se prevé la generación de material particulado e incremento de los niveles de ruido producto del traslado y funcionamiento de vehículos, equipos y maquinaria pesada, movimiento de tierras (suelo afectado y material de préstamo) y de emisiones de gases de combustión de la Unidad de Desorción Térmica.

A continuación, se presentan las medidas de manejo ambiental que permitirá mitigar los impactos en el componente aire:

- Las trochas carrozables dentro del área de intervención y circundantes serán rociados con agua mediante cisternas, para evitar la suspensión de polvo.
- Se aplicarán límites máximos de velocidad en trochas carrozables que crucen cerca a las comunidades nativas y dentro del lote petrolero, dado que es una zona industrial.
- Se utilizará vehículos y maquinaria pesada que cuente inspección técnica vigente.
- Durante el manejo de vehículos se reducirá el uso de claxon.
- Los grupos electrógenos y compresores serán ubicados lejos de las comunidades nativas o cercanas a áreas de recreación y alimentación.
- Los vehículos y maquinaria pesada utilizada deberán cumplir las normas de emisiones.
- Todos los equipos utilizados contarán con un plan de mantenimiento provisto por el contratista.
- Se deberá realizar un mantenimiento preventivo a todas las unidades móviles.
- El suelo tratado será mezclado y enfriado en un sistema de enfriamiento de la Unidad de Desorción Térmica. No se permitirá la descarga del suelo tratado si previamente no haya pasado por el sistema de enfriamiento, a fin de evitar la dispersión de polvo a zonas circundante.
- El suelo libre de contaminantes (salida de la etapa de desorción) será transportado a una zona de enfriamiento temporal, donde se supervisará la humedad del suelo y si es necesario se rociará agua para evitar la suspensión de polvo.
- La Unidad de Desorción Térmica contará con un Sistema de Tratamiento de Gases, conformado por una torre de enfriamiento y lavado, un filtro de mangas, una chimenea de evacuación de gases y un sistema de monitorización de emisión.
- Se realizará un monitoreo de calidad de aire y emisiones de chimenea de acuerdo con lo estipulado en el ítem 5.9.
- La chimenea debe contar con una plataforma de muestreo para un adecuado monitoreo de emisiones.

5.7.7 Programa de manejo del recurso suelo

El manejo del recurso suelo estará relacionado a las medidas para minimizar el riesgo por derrames de hidrocarburos o sustancias peligrosas, así como la rehabilitación o revegetación del área disturbada temporalmente para el desarrollo de las actividades de remediación; a continuación, las medidas propuestas:

- Se establecerá un área específica para la recarga de combustible de los vehículos y maquinaria pesada, con el fin de reducir el riesgo de derrames de hidrocarburos en el suelo.

- El contratista deberá establecer procedimientos para el manejo, almacenamiento y transporte de materiales peligrosos, el cual deberá ser difundido a los trabajadores mediante capacitaciones.
- Las áreas que serán disturbadas temporalmente para la instalación de la infraestructura necesaria para la remediación del sitio, deberán ser rehabilitadas y revegetadas al finalizar las actividades.
- El topsoil debe ser recuperado y no mezclado con ningún otro tipo de material durante los trabajos de movimiento de tierras.
- El mismo será utilizado para los trabajos de revegetación durante la etapa de abandono.

5.7.8 Programa de manejo del recurso hídrico

La cantidad del recurso hídrico de un cuerpo de agua superficial cercano al sitio S0112 (Sitio 35) será alterado ligeramente, pues la remediación del suelo contaminado demandará un volumen de agua de 5 m³ semanal para el proceso de Desorción Térmica, preparación de mezcla, riego periódico de trochas carrozables, entre otras actividades.

Otro posible impacto en el recurso hídrico es la alteración de la calidad de agua superficial por el arrastre de partículas del suelo del sitio por acción de la escorrentía producto de las fuertes precipitaciones, cabe resaltar que el proceso de remediación no amerita el vertimiento de efluentes.

A continuación, se presenta las medidas para el manejo de los impactos identificados para el recurso hídrico:

- Se deberá gestionar ante la Autoridad Local del Agua los permisos correspondientes para la captación de agua para uso industrial.
- No se iniciará las actividades de remediación sino se cuenta con los permisos de agua correspondientes.
- Queda prohibido la captación de agua de otro cuerpo de agua diferente al autorizado.
- El volumen de captación no podrá ser mayor al volumen autorizado (5 m³/semana).
- El suelo excavado y colocado en una geomembrana temporalmente, tendrá un techo y un sistema de drenaje, permitiendo que toda el agua de lluvia que pueda captarse sea dirigida hacia un colector final.
- El agua de no contacto de los sistemas de derivación de las pilas de acopio temporal, serán derivadas a través de tuberías PVC a un cuerpo de agua superficial cercano.

5.7.9 Programa de manejo de flora y fauna terrestre

Flora

Las actividades de desbroce para la instalación de infraestructura (unidad de desorción térmica, campamento, letrinas, almacenes, entre otros) generará un impacto negativo en la flora del sitio. Por ello se propone las siguientes medidas de manejo:

- El desbroce se limitará en las áreas donde se instalarán la infraestructura de remediación e instalaciones temporales.

- La vegetación desbrozada será almacenada en depósitos de topsoil temporales, para su posterior uso en la revegetación del sitio.

Es importante recalcar el desbroce generará un impacto a la flora de carácter negativo no significativo, dado que la extensión es puntual y la persistencia temporal (6 meses).

Sin embargo, la revegetación será una actividad que generará un impacto positivo y de persistencia permanente en la abundancia de especies de flora e indirectamente en la fauna terrestre.

Se dispondrá de un vivero temporal para la siembra y propagación de especies.

Fauna

- Todas las operaciones de la Unidad de Desorción Térmica deberán ser realizado bajo la supervisión y dirección de un especialista del proceso.
- Se impedirá la caza de fauna del lugar.
- Se colocará carteles informativos sobre la prohibición de no coleccionar, golpear o causar fauna del lugar.
- La tenencia de armas de fuego en el área de trabajo estará prohibida, pues el uso inadecuado causará el retiro de la fauna presente en la zona, solo podrán hacer uso de éstas el personal de seguridad autorizado, solo en casos de que la circunstancia lo amerite.
- La remediación del sitio S0112 (Sitio 35) en sus distintas etapas propiciará el ahuyentamiento temporal de fauna terrestre y avifauna, como consecuencia de los niveles de ruido generados y la presencia de vehículos y maquinarias.

5.7.10 Programa de manejo de sustancias o materiales peligrosos

El Programa de manejo de sustancias peligrosas o materiales peligrosos presenta los lineamientos sobre el transporte, almacenamiento y manejo de combustibles e insumos químicos a ser usados durante las actividades de remediación del sitio S0112 (Sitio 35).

A) Transporte

Todo el personal que participe en la operación de transporte de sustancias peligrosas debe estar debidamente entrenado en el manejo de sustancias peligrosas y la aplicación del Plan de Contingencias para dicho transporte.

B) Almacenamiento

- El almacén debe estar correctamente ventilado, para evitar la concentración de gases peligrosos (tóxicos, irritantes, explosivos).
- El almacenamiento de combustible se realizará en un tanque de 50 L de capacidad, se evitará la afectación del aire, suelo y agua, siguiendo las indicaciones contenidas en las hojas de seguridad (MSDS).
- El área de almacenamiento de combustible deberá cumplir los siguientes aspectos:
 - o Contará con techo, con el suelo impermeabilizado para evitar en lo posible filtraciones al medio y con ventilación adecuada y con poza de contención en caso de derrames.
 - o La poza de contención debe ser diseñada de tal forma que pueda recibir por lo menos el 110 % de la capacidad del mayor volumen a ser almacenado.

- Contará con extintores contra incendios.
- Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
- Contará con señalización que indique la peligrosidad.

C) Señalización

Todos los recipientes de sustancias químicas estarán rotulados con su respectivo contenido y la clase de riesgo que representa.

5.7.11 Programa de relaciones comunitarias

El plan de relaciones comunitarias se enmarcará en tres lineamientos básicos para correcto desempeño de las medidas de remediación del sitio S0112 (Sitio 35):

- Inducción general a la población y/o trabajadores sobre las actividades a desarrollarse.
- Charlas de capacitación a los trabajadores locales.
- Acompañamiento durante el proceso para prevenir conflictos y resolver dudas de la población.

5.7.12 Plan de contingencias y emergencias

Durante las diferentes etapas de las acciones de remediación, se podrían presentar diferentes situaciones para las cuales el contratista (responsable de la remediación) deben afrontar dichas eventualidades y capacitar al personal para actuar antes, durante y después del evento.

Los riesgos que se identificaron se presentan en el Cuadro 5-20 (Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales), los cuales son:

- Fuga o derrame de sustancias peligrosas (hidrocarburos).
- Accidentes de tránsito.
- Lesiones personales.

Asimismo, se debe capacitar al personal y formar brigadas de emergencias para riesgos naturales, tales como:

- Terremotos
- Lluvias torrenciales

5.8 Plan de Manejo de Residuos.

El presente programa de residuos (sólidos y líquidos) será aplicado durante las etapas de construcción, operación y abandono de las acciones de remediación del sitio S0112 (Sitio 35), el cual estará basado en el cumplimiento de lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y en su Reglamento aprobado mediante el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

La empresa prestadora de servicios, operador y cualquier persona que intervenga en el manejo de residuos sólidos, está obligado a adoptar inexcusablemente las medidas para su adecuado manejo.

5.8.1 Residuos sólidos

En el presente ítem se describirá el procedimiento a seguir durante la gestión y manejo de los residuos generados en las distintas etapas del proyecto. Asimismo, dicha gestión y manejo será encargado a una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) debidamente registrada ante DIGESA o MINAM.

En general, la gestión de los residuos sólidos será de responsabilidad del operador de la remediación, quien debe supervisar el adecuado manejo de residuos sólidos generados.

A) Generación de Residuos Sólidos

Durante las acciones de remediación se deberá llevar un registro de los residuos generados, como tipo, descripción, cantidad, lugar temporal de disposición, volumen, entre otro que amerite la normativa ambiental.

A continuación, se presenta las fuentes de generación de residuos sólidos diferenciados por su peligrosidad (peligrosos y no peligrosos):

- **No Peligrosos**

De acuerdo con las actividades de remediación planteadas, se ha preparado un listado de los posibles residuos no peligrosos a generarse durante las etapas de construcción, operación y abandono.

Cuadro 5-21 Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de construcción

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Papel, cartón, plásticos, trapos.	Trabajos preliminares.
Residuos domésticos.	Campamento temporal.

Elaboración: JCI, 2019.

Cuadro 5-22 Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de operación

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Papel, cartón, plásticos, trapos.	Mantenimiento.
Residuos domésticos.	Campamento temporal.

Elaboración: JCI, 2019.

Cuadro 5-23 Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de abandono

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Papel, cartón, plásticos, trapos.	Desinstalación del campamento temporal. Revegetación.
Residuos domésticos.	Trabajadores (campamento).

Elaboración: JCI, 2019.

- **Peligrosos**

Similarmente, se ha preparado un listado de los posibles residuos peligrosos a generarse durante las etapas de construcción, operación y abandono.

Cuadro 5-24 Tipos de residuos peligrosos - Etapa de construcción

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Trapos impregnados con aceites, grasas, y otras sustancias peligrosas.	Trabajos preliminares.
Papel, cartón, plásticos contaminados con aceite, solvente, otros.	

Elaboración: JCI, 2019.

Cuadro 5-25 Tipos de residuos peligrosos - Etapa de operación

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Trapos impregnados con aceites, grasas, y otras sustancias peligrosas.	Zona de preparación de mezcla y manejo de combustible.
Filtros impregnados con material peligrosos de las emisiones generadas.	
Papel, cartón, plásticos contaminados con aceite, solvente, otros.	

Elaboración: JCI, 2019.

Cuadro 5-26 Tipos de residuos peligrosos - Etapa de abandono

Tipo de Residuo	Fuente de generación
Trapos impregnados con aceites, grasas, y otras sustancias peligrosas.	Desinstalación de zonas de acopio de RR.SS. peligrosos y combustible.
Papel, cartón, plásticos contaminados con aceite, solvente, otros.	

Elaboración: JCI, 2019.

B) Segregación

Para realizar una adecuada segregación de los residuos generados en el proceso de remediación del sitio S0112 (Sitio 35), se utilizará contenedores o cilindros asignados según el “Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos de la NTP 900.058.2019”, lo descrito se muestra en el Cuadro 5-27:

Cuadro 5-27 Identificación de recipientes por tipo de residuos

Tipo de Residuo	Color	Ubicación
PELIGROSOS Envases, trapos y paños impregnados con químicos (aceite, solventes, pintura, etc.), pilas.		▪ En los frentes de remediación
METALES Partes o piezas metálicas pequeñas.		▪ En los frentes de remediación
VIDRIOS (vidrios enteros o rotos)		▪ En los frentes de remediación
PLÁSTICOS (Botellas de bebidas gaseosas, aceite, comestibles, etc.)		▪ En los frentes de remediación
PAPEL Y CARTÓN (Periódicos, revistas, folletos, impresiones, fotocopias, papel, sobres, cajas de cartón, etc.)		▪ En los frentes de remediación
RESIDUOS GENERALES NO APROVECHABLES (Residuos que no se degradan)		▪ En los frentes de remediación
ORGÁNICOS (Restos de comida, maleza, restos de barrido, servilletas y similares)		▪ En los frentes de remediación

Fuente: NTP 900.058.2019; "GESTIÓN AMBIENTAL. Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos".

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

C) Almacenamiento

• Almacenamiento intermedio o temporal

Por la magnitud de las actividades y la cantidad de residuos sólidos a generarse se necesitará puntos de almacenamiento temporal, ubicado en los frentes de trabajo, para residuos sólidos.

- Los residuos generados serán adecuadamente acondicionados en recipientes herméticos y rotulados para ser separados según su composición y origen, donde se almacenan hasta acumular cantidades suficientes para traslado al almacenamiento central.
- Se plantea dos (2) puntos de acopio de almacenamiento intermedio o temporal, uno en el frente de remediación y el otro en el campamento temporal.
- Los recipientes para el almacenamiento de los residuos sólidos contarán con tapa. Asimismo, los recipientes contendrán bolsas de polietileno en su interior del mismo color que el cilindro que las contiene.
- Se contará con letreros de identificación para cada tipo de residuo, así como, la identificación correspondiente en cada uno de los contenedores o cilindros de capacidad de 55 galones.
- Todo punto de almacenamiento temporal deberá contar con lo siguiente: gigantografía didáctica de residuos sólidos, base de madera (puntos temporales).
- Desde los puntos de almacenamiento temporal, los residuos sólidos comunes (reaprovechables) deberán ser dispuestos al área de almacenamiento central.
- Los residuos peligrosos generados durante las actividades de remediación, serán retirados y dispuestos en envases herméticos para su posterior traslado a los puntos de almacenamiento central y su posterior manejo adecuado por una EO-RS autorizada por el MINAM o DIGESA.

● Almacenamiento central

- Durante las acciones de remediación del sitio S0112 (Sitio 35) se contará para el almacenamiento de residuos sólidos (peligrosos y no peligrosos) con un área de almacenamiento central debidamente acondicionada, donde se almacenarán los residuos hasta acumular cantidades suficientes para su evacuación y/o disposición final siguiendo las medidas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; asimismo se contará con un registro del volumen de residuos que ingresan y evacúan del área de almacenamiento central.
- El área de almacenamiento central tendrá contenedores especiales, de un mayor volumen (1 100 litros o 290,6 galones) que los puntos de almacenamiento temporal, para el almacenamiento de los residuos sólidos; según el tipo de residuo que se tenga.
- Debe tener áreas separadas para la recepción y manipuleo de residuos peligrosos y no peligrosos.
- Los contenedores estarán en buenas condiciones, contarán con sus respectivas tapas y diseñados de tal forma que facilite su traslado.
- Se colocará señalización preventiva, relacionado a la manipulación por personal entrenado, principalmente para los residuos peligrosos, e indicando el uso obligatorio de equipos de protección personal.
- Con respecto a los residuos peligrosos (trapos con residuos de grasas o combustible) generados durante las actividades de remediación serán retirados y dispuestos en contenedores herméticamente cerrados para su posterior traslado y disposición final por una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) autorizada por DIGESA o MINAM.
- El área de almacenamiento de residuos sólidos peligrosos deberá cumplir con los aspectos recomendados por la normativa nacional vigente:
 - Contará con techo, con el suelo impermeabilizado para evitar en lo posible filtraciones al medio y con ventilación adecuada y con poza de contención en caso de derrames de hidrocarburos.

- La poza de contención debe ser diseñada de tal forma que pueda recibir por lo menos el 110 % de la capacidad del mayor volumen a ser almacenado.
- Contará con extintores contra incendios.
- Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
- Contará con señalización que indique la peligrosidad del residuo.

D) Recolección y transporte de residuos

El recojo y traslado interno de los residuos no peligrosos hasta los puntos de acopio será realizado por personal del operador de la remediación, los cuales deben estar debidamente capacitados, y el recojo y traslado de estos residuos (peligrosos y no peligrosos) hasta su disposición final, será realizada a través de una EO-RS registrada ante el MINAM o DIGESA.

Los residuos peligrosos, como trapos impregnados con grasas e hidrocarburos serán confinados en recipientes rotulados y dispuestos adecuadamente en el medio de transporte.

La Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS), estará obligada a presentar, por cada retiro de residuos sólidos, un manifiesto de manejo de residuos sólidos, indicando la naturaleza de estos (peligrosos o no peligrosos).

E) Disposición final

La disposición final de residuos se refiere a los procesos u operaciones para disponer los residuos en un lugar, como última etapa de su manejo, en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. Para facilitar la disposición final de los residuos de las acciones de remediación del sitio S0112 (Sitio 35), para su transporte se propone el uso de contenedores metálicos diferenciados por colores, de acuerdo al código de colores establecido.

Los residuos generados durante las distintas etapas que no puedan reutilizarse o reciclarse serán dispuestos adecuadamente en un relleno sanitario debidamente autorizado por las autoridades sanitarias y locales.

El uso de botaderos clandestinos para la disposición de los residuos generados no estará permitido. Para ello, se deberá supervisar adecuadamente el transporte y la disposición final. Las empresas encargadas de esta tarea presentarán al contratista los debidos certificados de disposición final emitidos por el relleno sanitario autorizado.

5.8.2 Aguas residuales (residuos líquidos)

En la presente sección se presenta las medidas para el manejo adecuado de los efluentes domésticos e industriales, con la finalidad de mitigar los posibles impactos que puedan generar.

A) Aguas residuales domésticas

Durante las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0112 (Sitio 35), las fuentes de generación de aguas residuales domésticas⁸⁹ se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 5-28 Fuentes y medidas de manejo de efluentes

Fuente de Generación	Medida de manejo	Etapas
Baños	Letrina sanitaria	Construcción / Operación / Abandono
Campamento (cocina)	Letrina sanitaria con trampa de grasa	Construcción / Operación / Abandono

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Debido a que en el sitio no se cuenta con un sistema de eliminación de excretas con arrastre de agua (sistema de alcantarillado) la eliminación de aguas grises se realizará en letrinas sanitarias, cumpliendo con los criterios técnicos correspondientes.

Es obligatorio la instalación de trampa de grasas en el tanque séptico donde se descargará las aguas grises del campamento, dado que en dicho lugar se prepararán alimentos.

La trampa de grasa tendrá una cobertura hermética. La grasa almacenada deberá ser eliminada, cuando el volumen alcance un espesor equivalente al 50 % de la altura del líquido en ella. Estará ubicada en lugar de fácil acceso y en la proximidad de los artefactos que descarguen desechos grasos (Norma Técnica I.S. 020 Tanques sépticos).

5.9 Plan de control y monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación.

El plan de control y monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación tiene como objetivo controlar los potenciales impactos producidos durante las actividades de remediación y rehabilitación. Se tiene previsto los siguientes programas de monitoreo.

5.9.1 Programa de monitoreo de la calidad de aire y ruido

• Estaciones de monitoreo

Se estableció (1) punto de monitoreo de calidad de aire y ruido colindante al campamento temporal. Las coordenadas de la estación de monitoreo se presentan en el Cuadro 5-29.

Cuadro 5-29 Estación de evaluación de calidad de aire y niveles de ruido

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CA-01	Entre el campamento temporal y campamento Shiviayacu	373 846	9 724 288

[a] Datum WGS 84-Zona 18 Sur

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

⁸⁹ Aguas negras domésticas

- **Parámetros a evaluar**

Calidad de aire

Los parámetros indicadores de la calidad del aire que se evaluarán son los determinados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire (MINAM, 2017) establecidos mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

Cuadro 5-30 Parámetros de evaluación - Calidad de aire

Grupo	Parámetro
Material particulado	Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀).
	Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2.5}).
Gases	Dióxido de Azufre (SO ₂).
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂).
	Monóxido de Carbono (CO).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Niveles de ruido ambiental

Se realizarán mediciones de ruido por 15 minutos para el horario diurno (de 07:01 a 22:00 horas), dado que el horario de las actividades de remediación será en horario diurno, específicamente entre las 07:00 a 17:00 horas.

Los resultados serán expresados en el nivel LA_{eqT} (Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con Ponderación "A"), tal como lo señala el Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM).

- **Frecuencia**

Se tiene previsto realizar el monitoreo mensual, durante los 3 meses de duración del proceso de desorción térmica, ya que corresponde la principal fuente de generación de emisiones de gases de combustión y partículas.

5.9.2 Programa de monitoreo de emisiones

Como se describió en el Programa de manejo de ruido ambiental y calidad de aire, la Unidad de Desorción Térmica contará con un sistema de monitorización de emisiones, por tal razón se considera conveniente el monitoreo manual de la chimenea a fin de validar la exactitud de los monitoreos continuos de emisiones.

- **Estaciones de monitoreo**

Se monitoreará las emisiones de la chimenea de la Unidad de Desorción Térmica.

- **Parámetros a evaluar**

El estado peruano no cuenta con Límites Máximo-Permisibles (LMP) para emisiones provenientes del tratamiento de suelos afectados por hidrocarburos, referencialmente los resultados del monitoreo serán comparados con la Norma Técnica para emisiones a la atmósfera de fuentes fijas (NT001) del gobierno de Ecuador, referente a las emisiones al aire para incineradores.

En el siguiente cuadro se presenta los parámetros a monitorearse:

Cuadro 5-31 Parámetros de evaluación - Emisiones

Grupo	Parámetro
Material particulado	PST (Partículas suspendidas totales).
Gases	Dióxidos de Azufre (SO _x).
	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂).
	Monóxido de Carbono (CO).

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Frecuencia**

Se plantea una frecuencia mensual para el monitoreo de emisiones durante toda la etapa del proceso de Desorción Térmica (03 meses).

5.9.3 Plan de monitoreo de calidad de agua superficial y sedimentos

Las actividades de excavación podrían generar potencialmente impactos sobre la calidad de agua superficial, se tiene previsto realizar un monitoreo de agua superficial y sedimentos antes y después de la remediación en un punto aguas arriba y aguas abajo del sitio.

Se usará como base el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Agua Superficial de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) y los resultados se compararán con el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. En el caso de sedimentos, los resultados se compararán referencialmente con la Canadian Environmental Quality Guideliness.

Las estaciones para monitorear se presentan en el Cuadro 5-32.

- Estaciones de monitoreo**

Cuadro 5-32 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM ^[a]	
		Este	Norte
CAS-01	Aguas arriba del sitio	373 392	9 724 424
CAS-02	Aguas abajo del sitio	373 687	9 724 791

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- **Parámetros a evaluar**

Cuadro 5-33 Parámetros a evaluar

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad.
Inorgánicos	Metales totales,
Orgánicos	TPH.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La frecuencia será 1 vez antes y 1 vez después de la rehabilitación.

5.9.4 Programa de monitoreo de la revegetación

Se tiene previsto realizar un monitoreo de la revegetación, los parámetros a ser se presentan en el Cuadro 5-34, el cual ha sido elaborado en base a la Guía de Restauración de Ecosistemas Forestales y Otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre.

Cuadro 5-34 Parámetros de evaluación

Atributo/Indicador	Frecuencia de medición
Cobertura de herbáceas/gramíneas	6 meses
Sobrevivencia	6 meses /anual (hasta un máx. de 3 años)
Densidad y diversidad	6 meses/anual (hasta un máx. de 3 años)
Microclima: temperatura, humedad relativa	6 meses/anual (hasta un máx. de 3 años)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.10 Plan de Muestreo de comprobación o verificación.

Tiene como objetivo demostrar que las acciones de remediación implementadas en un suelo contaminado alcanzaron de forma estadísticamente demostrable, concentraciones menores o iguales a los valores establecidos en el ECA Suelo, o los niveles de remediación específicos establecidos en base al estudio de evaluación de riesgos a la salud y al ambiente (ERSA).

- **Muestreo de suelos**

Desorción térmica

El muestreo de comprobación para esta técnica de remediación se realizará en el suelo tratado producto de la Desorción Térmica (durante la remediación) y en el suelo revegetado (post remediación), para lograr cumplir los objetivos establecidos en el plan de rehabilitación del sitio.

Para la comprobación de la técnica de remediación (proceso térmico), se realizarán continuamente análisis en retorta para conocer la concentración remanente de hidrocarburos. Adicionalmente se seleccionará un pull de muestras para enviarlas al laboratorio (5 muestras semanales).

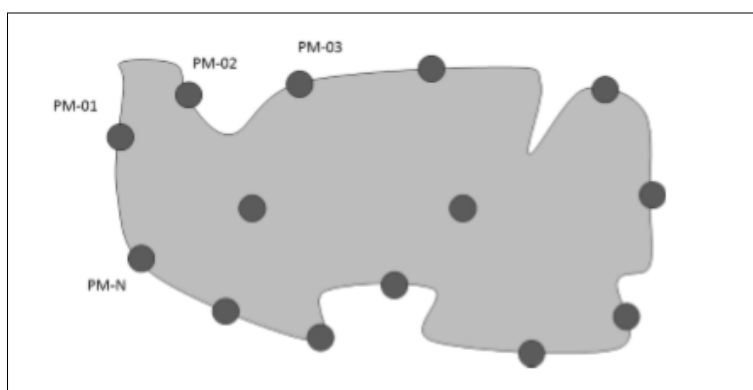
Para la técnica de Desorción Térmica de remediación del sitio impactado S0112 (Sitio 35) se realizará el muestreo de comprobación en dos (2) momentos:

Cuadro 5-35 Muestreo de comprobación - Técnica desorción térmica

Monitoreo	Muestras	Parámetros de Evaluación	Frecuencia
1. Durante la remediación	Suelo tratado por desorción (zona de enfriamiento temporal)	Parámetros de remediación	Muestreo diario y envío semanal, durante el tratamiento del suelo
2. Post remediación	Suelo revegetado (<i>in situ</i>)		Muestreo único, post revegetación del sitio (6 meses después)

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La Guía de Muestreo de Suelos, recomendando un número determinado de muestras para áreas de contaminación de forma irregular: 1 por cada 15-20 metros lineales y 2 a 4 en el fondo.

Figura 5-13 Esquema de localización de puntos de muestreo en un área irregular

Fuente: Guía para el Muestreo de Suelos, MINAM 2014.

Cuadro 5-36 Cálculo del número total de muestras

Ubicación	Volúmenes a remediar	Metros lineales (m²)	Número sondeos según área (Total)	Consideraciones Técnicas
Área de desorción térmica	26 553 m³ de suelo	1 115,06	- 56 sondeos en el perímetro del área remediada. - Cuatro (4) en el fondo del área remediada.	Se tomó en consideración el número de sondeos propuesto en la Guía para el Muestreo de Suelos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Los parámetros a monitorear en suelos son:

Grupo	Parámetro
Inorgánicos	Metales totales.
Orgánicos	TPH

- **Costos asociados a la aplicación de las medidas ambientales**

El siguiente cuadro resume los costos de la aplicación de las medidas ambientales:

Cuadro 5-37 Costo estimado de la aplicación de las medidas ambientales

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
Mantenimiento de Vías					
Cisterna	Und	1	4	110,30	441,20
Disposición de Residuos Sólidos y Efluentes Líquidos					
Tambores residuos sólidos	Und	173	1	50,00	8650,00
Tambores efluentes	Und	50	1	50,00	2500,00
Tubería PVC Efluentes	ml	100	1	2,30	230,00
Contenedores	Und	11	1	1000,00	11000,00
Movilización y desmovilización terrestre	Und	11	1	351,00	3861,00
Movilización y desmovilización fluvial	Und	11	1	4242,42	46666,67
Plan de Monitoreo					
Personal Monitoreo Aire y Emisiones	Und	2	30	60,00	3600,00
Análisis de Laboratorio					
Calidad de Aire					
PM10	Und	11	1	186,67	2053,33
PM2.5	Und	11	1	193,33	2126,67
S02	Und	11	1	46,67	513,33
NO2	Und	11	1	46,67	513,33
CO	Und	11	1	53,33	586,67
Emisiones					
PST	Und	11	1	186,67	2053,33
S0X	Und	11	1	46,67	513,33
N02	Und	11	1	46,67	513,33
CO	Und	11	1	53,33	586,67
Ruido Ambiental	Und	11	1	46,67	513,33
Calidad de Agua Superficial					
Personal	Und	2	20	60,00	2400,00
Análisis de Laboratorio					
Ph	Und	2	1	6,00	12,00
OD	Und	2	1	3,33	6,67
Temperatura	Und	2	1	8,00	16,00
Conductividad	Und	2	1	6,67	13,33
HTP	Und	2	1	172,00	344,00
Metales	Und	2	1	117,33	234,67
Sedimentos					
HTP	Und	2	1	280,00	560,00
Metales	Und	2	1	126,67	253,33

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0112 (Sitio 35)

Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes

Cuadro 5-37 Costo estimado de la aplicación de las medidas ambientales

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
Monitoreo de Suelos					
Equipo retorta	Und	2	1	1800,00	3600,00
Personal	Und	1	10	60,00	600,00
Análisis de Laboratorio	Und	56	1	700,00	39200,00
Monitoreo Post Cierre					
Calidad de Agua Superficial					
Personal	Und	3	20	3,00	180,00
Análisis de Laboratorio					
Ph	Und	3	1	6,00	18,00
OD	Und	3	1	3,33	10,00
Temperatura	Und	3	1	8,00	24,00
Conductividad	Und	3	1	6,67	20,00
HTP	Und	3	1	172,00	516,00
Metales	Und	3	1	117,33	352,00
Sedimentos					
HTP	Und	3	1	280,00	840,00
Metales	Und	3	1	126,67	380,00
Calidad de Agua Subterránea					
HTP	Und	5	1	280,00	1400,00
Metales	Und	5	1	126,67	633,33
Monitoreo de la Revegetación					
Personal	Und	6	7	80,00	3360,00
Total					152161,16

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.11 Cronograma y presupuesto de las actividades de remediación y rehabilitación ambiental, incluyendo las especificaciones técnicas, costos y actividades de ejecución de obra.

A continuación, las especificaciones técnicas consideradas para la técnica de remediación propuesta, por fase de ejecución:

A) Fase I

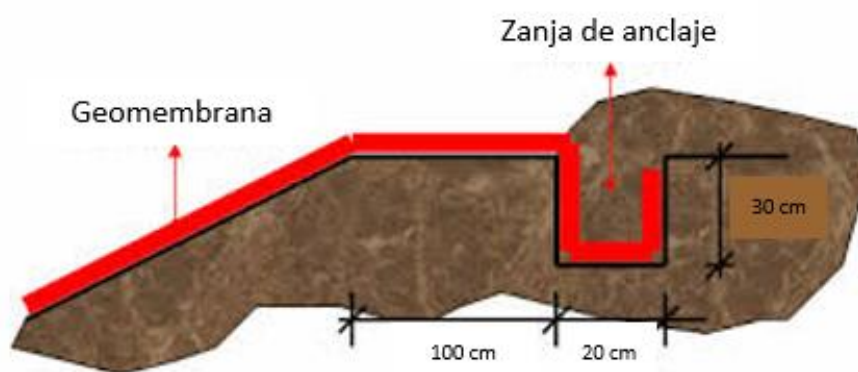
Esta actividad comprende la proyección y la planificación para la puesta en marcha de los trabajos de campo, así como el traslado de los equipos hasta el sitio a remediar, incluyendo la movilización fluvial y terrestre.

B) Fase II

Consiste en la construcción de un área techada e impermeabilizada con una geomembrana HDPE impermeabilizante de 1,0 mm con el fin de aislar el material contaminado del suelo no contaminado y el agua proveniente de las precipitaciones. La geomembrana será anclada a través de zanjas de 0,20 x 0,30 m que serán rellenas con piedra chancada, en las esquinas de dicha zanja se colocarán tuberías ranuradas para la recolección del agua, esto último constituye el sistema de drenaje. El agua debe ser desalojada de acuerdo a la velocidad de drenaje con una motobomba, recolectando dicha agua en tambores plásticos de 220 l para su posterior disposición final.

Esta área será techada por medio de la construcción de un techo tipo galpón debido al volumen de suelo a tratar. En este caso el área a impermeabilizar será de 72 x 20 m para cubrir un área de 1440 m².

Figura 5-14 Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)

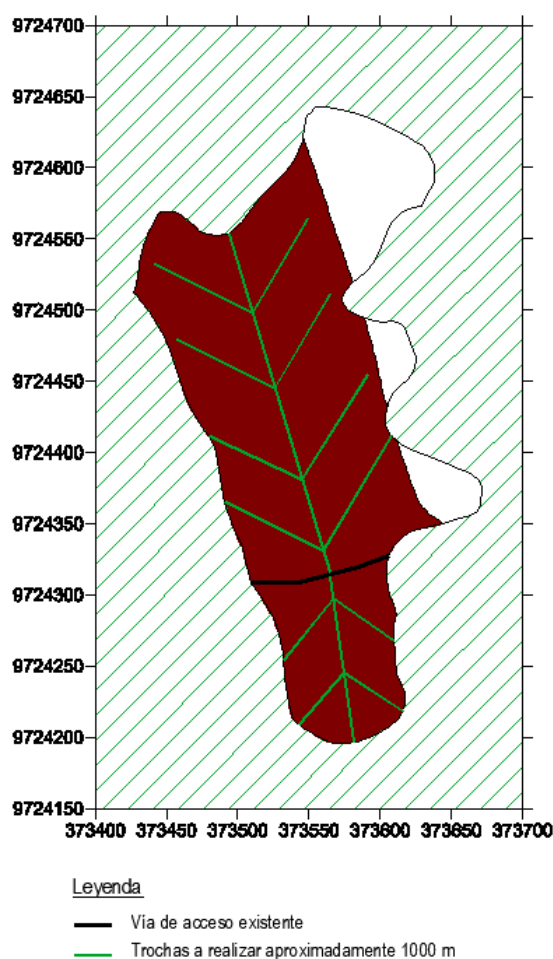


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Esta etapa también incluye la instalación del equipo de desorción térmica.

C) Fase III

En esta fase inicialmente se realizará una apertura de trochas para asegurar el acceso de la maquinaria para la actividad de excavación, estas trochas se abrirán con una retroexcavadora tipo oruga (de las que ya operan en la zona de estudio), con capacidad de cucharón 0,5 m³, distribuidos por toda el área tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5-15 Distribución de trochas de acceso


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La distribución mostrada comprende 1000 metros lineales aproximadamente. Posterior a la apertura de trocha se retirará el material contaminado por medio de maquinaria tipo excavadora, la cual removerá el material gradualmente e irá colocándolos en pilas cercanas a la zona excavada para asegurar un mayor rendimiento en la excavación, dicha excavación se realizará a profundidad máxima de 0,60 m.

Paralelamente se realizará el carguío de dichas pilas hasta el almacenamiento temporal, para esto se utilizará un cargador de pala frontal con una altura de descarga de 3,00 m aproximadamente y una capacidad de carga de 0,5 m³ por pala.

Para esta actividad se requerirán dos operarios de maquinarias pesadas, así como tener a disposición combustible diésel (de manera segura) en la zona para el funcionamiento de las maquinarias.

La actividad de excavación debe realizarse por paños o secciones de menor tamaño previendo que el área excavada se pueda techar eventualmente, por exceso de lluvia mientras se rellena dicha excavación, se debe prever que el área de las secciones pueda ser cubierta por un techo tipo toldo, liviano para ser colocado o retirado de acuerdo a la recurrencia de lluvias durante la ejecución de las actividades de excavación.

Esta actividad debe ser ejecutada en paralelo a actividades de reposición de material explicados en la Fase IV, para evitar la sobreexposición a lluvias del suelo excavado, se debe actuar con sumo cuidado previendo un tiempo máximo de exposición de 3 días, tomando en cuenta, que el suelo está conformado por arcillas mezcladas con suelos menos permeables, que no se saturaran de forma inmediata, dicho mineral deberá hidratarse al máximo lo que provocará la saturación del suelo y posteriormente un posible tránsito de fluido intersticial que podría movilizar metales y aceleraría procesos impredecibles.

D) Fase IV

Comprende la aplicación del método de desorción térmica el cual consiste en el traslado del material desde las pilas de acopio, hasta el equipo previamente instalado, posteriormente se pondrá el equipo en funcionamiento por medio de los operadores destinados para tal fin, dicho equipo se someterá a mantenimiento para el control de filtros, en periodos de tiempo definidos previamente de acuerdo al material a descontaminar.

Por último, se trasladará el material descontaminado desde la descarga del equipo de desorción térmica hasta las pilas de acopio destinadas para tal fin, posteriormente el material será fertilizado y mezclado con suelo de préstamo para su incorporación en el área previamente excavada (sitio impactado).

Es importante mencionar que durante el proceso de desorción térmica se realizará el monitoreo de emisiones, suelo y agua.

E) Fase V

En primer lugar, esta fase comprende un estudio de préstamo el cual debe estar direccionado a la obtención de material con baja permeabilidad, dicho material proveniente del préstamo será el que conforme la primera capa de suelo de relleno compactado, esto para obtener un aislante natural, es decir una capa impermeable o poco permeable entre el suelo limpio y el suelo subyacente.

Posteriormente se deberá seguirá relleno preferiblemente con material tratado y fertilizado.

Esta fase también incluye el traslado desde el sitio de préstamo hasta el sitio S0112 (Sitio 35), a través de camiones volteo y maquinaria (excavadora y cargador frontal), una vez el material en el sitio se colocara el material en el área de material extraído igualmente por medio de maquinaria y se compactará para evitar la erosión superficial del mismo, de acuerdo a la profundidad de excavación el material podrá compactarse en una o dos capas, para esta actividad se utilizará excavadora y un rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP.

En esta fase también se considera el uso del material tratado, enriqueciéndolo por medio de la fertilización con NPK.

F) Consideraciones generales

La ubicación de las áreas de adecuación y las áreas de almacenamiento temporal del material, será en el entorno de los sitios impactados. Esto facilitará la logística y reducirá los costos. La localización exacta de la zona donde se construyan, por sitio impactado, el aislamiento, y cualquier otro espacio requerido para el desarrollo de las acciones de remediación, deberá ser producto de una evaluación in situ, bajo una metodología de selección de alternativas de ubicación a partir de criterios previamente establecidos, algunos de los cuales referimos a continuación:

- % superficie plana

- Distancia a instalaciones petroleras
- Estado de las instalaciones cercanas (activas, inactivas o abandonadas)
- Distancia del sitio contaminado
- Disponibilidad del área para este fin
- Accesos a la ubicación
- Acceso a servicios de aguas, energía, etc.

Es importante destacar que toda selección de una ubicación dentro del área operativa deberá estar autorizada por la operadora a cargo de las operaciones petroleras en el sitio.

En cuanto al combustible a utilizar en la aplicación de las acciones de remediación se ha considerado para efectos de estimación de costos el uso de Diesel, sin embargo, en la etapa de desarrollo de la ingeniería detallada se puede considerar la variación de dicho combustible, de acuerdo al rendimiento y/o costo, como por ejemplo el petróleo.

Cuadro 5-38 **Cronograma de ejecución**

[illegible]

Leyenda:

Trabaja de gabinete

Trabajo de campo

N Número de trabajadores por semana, por actividad

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El tiempo de ejecución será de 44 semanas (11 meses), lo que implica que el tiempo de remediación será menor a un año.

Cuadro 5-39 Presupuesto general (estimado de costos)

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
Movilización y desmovilización de equipos	94 180,73	Consta de la planificación, proyección, movilización y desmovilización de equipos y materiales considerando traslado terrestre y fluvial, en un tiempo de 20 días y 6 días respectivamente
Preparación del área para el almacenamiento de material e instalación de equipos	79 627,96	Se nutre de las actividades de alquiler del área para la instalación del equipo de desorción, el desbroce, nivelación, conformación, perfilado y compactación de la subrasante con equipos (maquinaria pesada), impermeabilización y techado del área para la instalación del equipo,
Preparación del material in situ	383 887,00	Incluye la apertura de trochas, extracción del material contaminado y carguío del material hasta las pilas de almacenamiento provisional con equipos (maquinaria pesada).
Aplicación de la desorción Térmica	15 766 538,16	Consta del carguío del material de las pilas de almacenamiento hasta el equipo de desorción térmica, la aplicación del proceso desorción térmica y finalmente el traslado del Material descontaminado hasta las pilas de acopio destinado para tal fin
Reposición de material en el sitio	1 108 983,42	Consiste en el relleno de la excavación realizada previamente para retirar el material contaminado a tratar, para esto se prevé utilizar tanto material del mismo sitio una vez se encuentre descontaminado como material proveniente de un préstamo, por lo tanto, incluye estudio de préstamo, carguío del material, traslado del material, fertilización, colocación, compactación del material y finalmente revegetación.
Permisología	102 003,43	Incluye autorizaciones y estudios necesarios para la aprobación de los mismos.
Seguridad	38 659,36	Supervisión, señalización y equipos de EPPs.
Logística	1 575 188,23	Traslados, alojamiento comida y costos de contingencias
Plan de manejo ambiental	152 161,16	Comprende labores de monitoreo ambiental durante y una vez completada la obra
Ensayos / pruebas a materiales	3750	Prueba de quemado: 250/muestra (se estima un aproximado de 10 pruebas de quemado) Suelos: 125/muestra (se estima un aproximado de 10 muestras de suelo)

Cuadro 5-39 Presupuesto general (estimado de costos)

Actividades	Costo Estimado (US\$)	Observaciones
SCTR, vacunas y exámenes médicos del personal	10 300	Se toma en cuenta 100 trabajadores por un costo de trámite de 103 por trabajador
Capacitación del personal de la comunidad	41 300	Incluye 80 Horas para la inducción tomando en cuenta un ingeniero y un técnico para la aplicación de la misma, con un costo día de 70 / 60 \$ respectivamente, además del costo pos asistencia del personal comprendido por 100 trabajadores a un costo de 40 \$ por trabajador. Esta inducción tratará los temas de Aplicación de las técnicas de remediación (aplicará a las actividades específicas para las técnicas seleccionadas).y Plan de Manejo Ambiental sobre; el monitoreo ambiental para distintos escenarios de acuerdo a la técnica aplicada para su remediación, toma de muestras, preservación de muestras e Interpretación de los resultados de ensayos.
Sub total 1	19 356 579,45	Incluye el costo de las partidas anteriores
Imprevistos	387 131,59	Se considera un 2% del Sub total 1
Supervisión	1 548 526,36	Se considera un 8% del Sub total 1
Gastos Administrativos	2 903 486,92	Se considera un 15% del Sub total 1
Sub total 2	24 195 724,31	Sub total 1 + Imprevistos + Supervisión + Gastos Administrativos
IGV	4 355 230,38	18% del Sub total 2
Utilidad	2 419 572,43	10% del total sin IGV (Sub total 2)
Total USD\$	30 970 527,12	

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Para el sitio S0112 (Sitio 35) el total a invertir para la implementación de las actividades de remediación es de **30 970 527,12 USD**

5.12 Plan de monitoreo post ejecución de obra.

Se tiene previsto al culminar la remediación realizar un monitoreo post cierre, para comprobar que no existe migración de contaminantes, este monitoreo se realizará por un plazo máximo de 3 años para agua superficial y sedimentos a y un plazo máximo de 5 años para agua subterránea.

- Estaciones de monitoreo Agua Subterránea

Cuadro 5-40 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CASub-01	Arriba del sitio	365 081	9 696 597
CASub-02	Aguas abajo del sitio	365 334	9 696 514

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Parámetros a evaluar

Cuadro 5-41 Parámetros a evaluar

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Inorgánicos	Metales totales

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Estaciones de monitoreo Agua superficial y Sedimentos

Cuadro 5-42 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CAS-01	Aguas arriba del sitio	373 392	9 724 424
CAS-02	Aguas abajo del sitio	373 687	9 724 791

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- Parámetros a evaluar

Cuadro 5-43 Parámetros a evaluar

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad.
Inorgánicos	Metales totales.
Orgánicos	TPH

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.13 Matriz de beneficios de los impactos sociales.

En líneas generales, todas las técnicas de remediación tienen impactos sociales positivos y negativos. A continuación, se proponen tres criterios de impacto desde la lectura de las comunidades, en base al conocimiento que el equipo de JCI – HGE tiene de las mismas en el proceso de indagación y estudio para el presente servicio:

Criterio 1: "Requerimiento de Mano de Obra Local"

Las actividades económicas tradicionales en las comunidades del área de estudio están dirigidas principalmente al autoconsumo, por lo que las oportunidades de trabajo remunerado en base al alquiler de mano de obra local son muy apreciadas por la población, ya que les permite adquirir bienes o insumos que consideren necesarios (material escolar, cartuchos para retrocargas, menaje para preparación de alimentos, entre otros). En virtud a ello, de acuerdo a la percepción de la población, tendrá mejor receptividad aquella técnica que requiera la participación de personal local como mano de obra.

Criterio 2: "Contratación de bienes y servicios locales"

La contratación de bienes y servicios en las comunidades aporta a la economía de las familias de manera directa o indirecta, los dueños de los establecimientos ven incrementadas sus ganancias, además de generar puestos de trabajo para los pobladores. Por lo tanto, aquella técnica que permita mayores beneficios y rédito económico a las poblaciones mediante la contratación de bienes y servicios locales, serán mejor percibidas.

Criterio 3: "Capacitación"

La capacitación como una manera de formar capacidades locales para acceder a un mercado laboral es muy valorada en las comunidades. Por ello, se espera que este criterio es considerado a manera de beneficio o impacto positivo. La capacitación será dirigida al personal local que implemente las técnicas de remediación y consistirá en la transmisión de conocimientos referidos a cada tecnología y técnica a implementar.

En líneas generales, la técnica de desorción térmica podría ser percibida por la comunidad como más compleja debido al uso de equipo que hace uso de combustible y posibilita altas temperaturas con la finalidad de volatilizar y quemar compuestos orgánicos. La técnica necesita mano de obra local para su ejecución y la contratación de bienes y servicios locales. El monitoreo y tratamiento de los gases de combustión requiere también la mano de obra local durante el proceso de ejecución.

A continuación, una matriz de valoración cualitativa contrastando la técnica de remediación propuesta con los criterios sociales expuestos.

Cuadro 5-44 Matriz de impactos sociales

Técnicas de Remediación	Requerimiento de Mano de Obra Local	Contratación de bienes y servicios locales	Capacitación
	Si	Si	Si
	No	No	No
Desorción Térmica	Si	Si	Si

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Finalmente, desde la valoración cualitativa de los especialistas de JCI-HGE, se concluye que la técnica propuesta para el sitio es adecuada a la lectura de la comunidad, en cuanto a las implicancias y en base a los tres criterios planteados. Es importante señalar que un tema de preocupación, en la ejecución de la técnica de remediación, es la actividad de "quemado" lo cual podría generar alguna preocupación en la población, así como el uso de maquinaria pesada o equipos complejos.

5.14 Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en el proceso de elaboración a las poblaciones locales.

El estudio cualitativo del “Servicio de Consultoría para elaborar los Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes” indagó entre las comunidades de estudio ⁹⁰ concluyendo que la población de la CN José Olaya tiene una arraigada percepción respecto a la “contaminación” de su entorno y las relaciona directamente con los derrames de petróleo y la actividad petrolera.

Esta preocupación sobre la contaminación la refleja también el Estudio Técnico Independiente (ETI) del PNUD ejecutado en las tres cuencas del Lote 192 (Pastaza, Tigre y Corrientes). Para la cuenca del Corrientes, el estudio identificó que una de las principales preocupaciones de las tres comunidades de estudio (José Olaya, Nueva Jerusalén y Antioquía) es la afectación a su entorno y medio ambiente y concluye estadísticamente que el 96,7 % de la población encuestada percibe que su ambiente está contaminado, sucio o dañado, mientras que sólo un 2,9 % lo percibe “normal” y un 0,5 % no tiene una percepción definida.

Cuadro 5-45 Percepción acerca del entorno y medio ambiente

Nivel de Percepción	%
Normal	2,86
Afectado	96,67
No sabe	0,48
Total	100

Fuente: Estudio Técnico Independiente. PNUD. 2018.

De la misma forma se indagó entre la población local respecto al conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora en base a una herramienta denominada Ficha de Percepciones, la cual tuvo cuatro principales temas o indicadores:

- Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora
- Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos)
- Detalles del servicio
- Recomendaciones

En líneas generales, la población de la CN José Olaya dice conocer el proyecto y a la empresa consultora JCI-HGE (a la cual denominan como JCI). Relacionan la tarea de JCI-HGE con la identificación sobre el nivel de contaminación, el recojo de muestras de agua y suelos, la limpieza y control del ambiente. Consideran que la labor de monitor permitió observar el trabajo y generar confianza en el mismo. Consideran que la remediación y rehabilitación permiten que los suelos y los cursos de agua vuelvan a sus condiciones originales y se espera que luego de la rehabilitación se pueda consumir el agua y cazar animales del bosque sin temor. También consideran que el desarrollo del servicio logre contribuir a una nueva generación libre de problemas de salud relacionadas a los contaminantes de preocupación.

Finalmente, la población brinda recomendaciones para la ejecución de la rehabilitación, sus recomendaciones van en línea a lo que consideran que la rehabilitación debe traer consigo a favor

⁹⁰ Estudio cualitativo entre los meses de febrero, mayo a julio del 2018

de la comunidad, tales como “agua tratada” y “medicinas”. Sin embargo, también sugieren aspectos técnicos como la incorporación de más sitios a estudiar y prontitud en la respuesta de remediación, así como eficiencia técnica. A continuación, se presenta una matriz que detalla las percepciones enunciadas:

Cuadro 5-46 Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales

Ubicación: Comunidad Nativa José Olaya									
Fecha:		Febrero a mayo							
Tema emergente	Institución, organización, comunidad	Representante	Intervención	Tipo de intervención	Respuesta	Responsable de respuesta (entidad y representante)	Estado del tema o asunto (pendiente, en proceso, cerrado)	Observaciones	Fuente de verificación
Conocimiento acerca del servicio de la empresa ejecutora	CN José Olaya	Poblador / Apoyo local	JCI desarrolla elabora el Plan de Rehabilitación, para ello realiza el muestreo de suelo, agua con la finalidad de definir si existe contaminación. La consultora realiza el estudio de acuerdo a lo indicado por FONAM.	Percepción del servicio ejecutado por JCI.	JCI-HGE explicó sobre la finalidad del servicio y sobre si mismo como consorcio.	Consorcio JCI-HGE	Cerrado	El poblador muestra conocimiento de la finalidad del servicio y la empresa. Sin embargo, se debe reafirmar la independencia de la consultora a pesar que el trabajo se basa en Términos de Referencia.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Conoce a JCI y la finalidad del servicio, según lo expuesto en el Taller de Entrada. Considera el servicio será beneficioso para la Comunidad Nativa.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Existe conocimiento de la empresa que llega por segunda ocasión a los sitios de estudio. Especialistas de la empresa muestran conocimiento de la labor que realizan.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Pobladora	Reconocen que las actividades se desarrollan para identificar el nivel de contaminación.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Docente	Conoce detalles del servicio por medio del Taller de Ingreso, sin embargo, requiere mayor precisión sobre el mismo.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado	Otorgar mayor información del Plan. Seguimiento.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Pobladora	Conocimiento que JCI es la encargada de ejecutar el estudio, dirigido a rehabilitar sitios contaminados.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado	Otorgar mayor información del Plan. Seguimiento.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador/ Monitor	Labor de monitor permitió observar el trabajo, al cual considera bueno, espera con interés resultados. Muestra preocupación porque a su entender, se manifestó no existe contaminación.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado	Énfasis y mayor precisión en la entrega de resultados. Seguimiento	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Tiene referencia del consorcio JCI-HGE. Considera el Plan de Rehabilitación será favorable a la población.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
Percepciones y expectativas sobre la remediación	CN José Olaya	Poblador / Apoyo local	La remediación y rehabilitación permiten que el suelo y el agua vuelva a sus condiciones originales. Se espera que luego de este trabajo se pueda consumir el agua y cazar animales del monte sin temor.	Percepción sobre de remediación y resultados esperados.	JCI explicó sobre la finalidad de la rehabilitación, los procesos de evaluación de los sitios, la toma de muestras, la generación de confianza con la población y sobre la intervención ambiental de la rehabilitación, la cual no incluye "apoyo" social u otra intervención estatal.	Consorcio JCI-HGE	Cerrad	Poblador cuenta con conocimiento generales sobre los temas en consulta.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	La remediación y rehabilitación permitirán sanar y limpiar de los espacios contaminados de la naturaleza. Se espera exista una buena reposición del estado del monte para que sea beneficioso para la comunidad.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Remediación consiste en el recojo de muestras de los sitios impactados, mientras que con la rehabilitación se retoma al estado original de suelo y agua. La labor permitirá mejoras en el medioambiente (saludable).			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Pobladora	Existe la esperanza que el desarrollo del proyecto aporte a que las nuevas generaciones crezcan sin problemas de salud.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Docente	Rehabilitación implica el desarrollo de estrategias para retornar al sitio en condiciones similares al estado original. Es la búsqueda de una solución al impacto.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Pobladora	El estudio permite conocer el estado del medioambiente. Espera exista apoyo con medicinas de parte del Estado.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado	Brindar mayor información respecto a que consiste compensación para el Estado, así como los alcances del mismo.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador/ Monitor	Existe la esperanza del desarrollo de un buen trabajo para la remediación definitiva del Sitio 0112. Anteriores casos se hizo remoción de suelos, pero no hubo resultados positivos.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado	Precisar labores de rehabilitación. Seguimiento.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Rehabilitación consiste en limpiar de contaminación y petróleo los sitios del estudio. Se espera que el agua quede libre de contaminantes y vuelva a estado natural.			Consorcio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones

Cuadro 5-46 Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales

Ubicación: Comunidad Nativa José Olaya									
Fecha:		Febrero a mayo							
Tema emergente	Institución, organización, comunidad	Representante	Intervención	Tipo de intervención	Respuesta	Responsable de respuesta (entidad y representante)	Estado del tema o asunto (pendiente, en proceso, cerrado)	Observaciones	Fuente de verificación
Detalles del servicio	CN José Olaya	Poblador / Apoyo local	Conocimiento de los tiempos establecidos para el trabajo de campo, queda la incógnita del momento de la fecha para entrega de resultados. Existe el temor que la remoción de suelos junto a las lluvias, puedan afectar las aguas del río.	Percepción sobre los riesgos de las tareas de remediación, así como los tiempos de ejecución del servicio.	JCI explicó acerca de los tiempos de la evaluación ambiental y los procesos de ésta.	Consortio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Existe demora en la programación del servicio porque es complicado. No existirá ningún riesgo, porque el servicio es bueno.			Consortio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Conocimiento de las etapas del Plan de Rehabilitación, se piensa que resultados estarán a fines del 2018. La remediación será riesgosa si no existe cuidado en las labores de la empresa.			Consortio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Docente	No menciona tiempos respecto al servicio. Riesgos de la actividad a la salud.			Consortio JCI-HGE	Cerrado	Requiere mayor conocimiento de tiempos del Plan, así como riesgos de la actividad de remediación.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Pobladora	Conocimiento de parte del proceso, considera que el trabajo se dirige a identificar los efectos de la contaminación en peces y suelos.			Consortio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador/ Monitor	Preocupación por las labores de remediación, según lo expuesto en los sitios 107/111 puede afectarse la quebrada. Los derrames provocaron que consuman animales con presencia de hidrocarburo.			Consortio JCI-HGE	Cerrado	Precisar labores de rehabilitación. Seguimiento.	Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Desconocimiento sobre detalles del servicio.			Consortio JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones
Recomendaciones	CN José Olaya	Poblador / Apoyo local	Existe mayor cantidad de sitios contaminados que deben ser tomados en cuenta, sugiere considerarlos.	Recomendaciones a Consortio JCI-HGE, FONAM o la Junta de Administración.	Se tomaron en cuenta sus recomendaciones, se explicó que se ejecutan diversos espacios para seguir informando (talleres, reuniones con la población), que existe un código de conducta que rige el servicio y que se basa en el respeto a la población y cultura locales, así también se mencionó que la transparencia del estudio se basa en la participación de los monitores ambientales locales durante los trabajos de evaluación así como durante el acompañamiento a las muestras hasta el laboratorio en Lima.	Consortio JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Respetar a la comunidad nativa (cultural, medioambiente, etc.), así como los resultados de las muestras de agua y suelo.			Consortio JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador	Se espera exista una buena toma de muestras.			Consortio JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Docente	Ejecutar el trabajo con la finalidad de solucionar el impacto ocasionado por la operadora.			Consortio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Pobladora	El estudio debe ser transparente y compartido con la comunidad. Brindar explicación sobre el nivel de contaminación al que está expuesta la población.			Consortio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya	Poblador/ Monitor	Se esperan entrega de resultados que genere confianza en la población. Conoce de empresas que no brindan las versiones exactas.			Consortio JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones
	CN José Olaya						Consortio JCI-HGE	Cerrado	

Fuente: Trabajo de campo. Mayo, 2018

Elaboración: Consortio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.