

PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0109 (Sitio 3)

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.....	18
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	22
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.....	46
2.2.4 Topografía.....	49
2.2.5 Climáticas	50
2.2.6 Suelos	50
2.2.7 Geomorfología	50
2.2.8 Cobertura vegetal	51
2.3 Grupos de interés (actores sociales y claves).	52
3. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO IMPACTADO.....	70
3.1 Antecedentes históricos del sitio impactado por las actividades de hidrocarburos (incluye todos los documentos ambientales).	70
3.1.1 Investigación histórica.....	71
3.2 Uso actual del área.	83
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).83	
3.3.1 Fuentes potenciales de contaminación en el entorno del sitio	83
3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno del sitio	85
3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio.....	85
3.3.4 Focos potenciales de contaminación dentro del sitio.....	85
3.3.5 Vías de propagación	86

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.....	87
3.5	Método para la caracterización del sitio impactado:	88
3.5.1	Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance.....	88
3.5.2	Descripción del trabajo en campo.....	93
3.5.3	Materiales y aspectos logísticos.	103
3.5.4	Custodia y procedimientos de aseguramiento de la calidad de los resultados, aplicando las guías, protocolos emitidos por las autoridades respectivas.	104
3.6	Descripción de los resultados de campo y de laboratorio.....	107
3.6.1	Resultados de campo (época húmeda)	107
3.6.2	Resultados de campo (Época seca)	115
3.6.3	Resultados de laboratorio	118
3.7	Interpretación de los resultados.	124
3.7.1	Suelos	124
3.7.2	Agua superficial	135
3.7.3	Sedimentos	135
3.7.4	Geofísica	136
3.7.5	Agua subterránea	140
3.7.6	Componente flora y fauna.....	140
3.7.7	Hidrobiología.....	147
3.8	Delimitación del sitio impactado (técnico y topográfico) y estimación de áreas y volúmenes..	155
3.9	Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:	158
3.9.1	Fuentes de los contaminantes.	162
3.9.2	Potenciales receptores de la contaminación.....	162
3.9.3	Potenciales rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte).....	164
3.9.4	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.....	165
3.9.5	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	165
3.9.6	Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados.....	165
3.9.7	Resultados de campo.	166
3.10	Interpretación de los resultados.	169
3.10.1	Determinación de los contaminantes	173
3.10.2	Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.....	173
3.11	Base de información en el sistema informático respectivo.	174
4.	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS Y/O RIESGOS PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LA PERSONA.....	176
4.1	Definición del Problema. Para los contaminantes identificados se debe evaluar:	179

4.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.....	197
4.2.1	Determinación de los Contaminantes de Preocupación (CP).	197
4.2.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.....	210
4.3	Evaluación de la toxicidad de los CP.....	214
4.3.1	Toxicidad para seres humanos.....	214
4.3.2	Toxicidad para receptores ecológicos.....	215
4.4	Evaluación de la exposición.....	221
4.5	Rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte) de los contaminantes asociados a las actividades de hidrocarburos.	231
4.6	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.....	234
4.7	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	236
4.8	Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.....	236
4.9	Factores culturales y sociales.....	238
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.	255
4.11	Análisis de incertidumbres incluyendo los aspectos relacionados de los costos estimados....	308
4.12	Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos).....	317
4.13	Conclusiones y recomendaciones.	319
5.	ACCIONES DE REMEDIACIÓN Y REHABILITACIÓN	323
5.1	Objetivos generales y específicos de la rehabilitación del sitio considerando los resultados del ERSA y factores socioculturales de las poblaciones locales.	323
5.2	Justificación.	323
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.	323
5.4	Alcance de la rehabilitación.	326
5.5	Descripción y análisis de las alternativas de remediación.	327
5.5.1	Descripción de las alternativas de remediación.....	327
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.....	339
5.5.3	Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto similares.....	349
5.5.4	Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.....	355
5.5.5	Propuesta seleccionada de acciones de remediación.....	357
5.5.6	Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.....	359
5.5.7	Lista de alternativa de remediación aplicable.....	363
5.6	Planificación detallada de la alternativa seleccionada.....	363
5.6.1	Superficie y volumen a remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.....	363

5.6.2	Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.	365
5.6.3	Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.	367
5.6.4	Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.	367
5.6.5	Descripción de los residuos y/o emisiones.	376
5.7	Plan de Manejo Ambiental.	378
5.7.1	Permisos ambientales.....	378
5.7.2	Identificación de Impactos Ambientales.....	378
5.8	Plan de Manejo de Residuos.	386
5.9	Plan de Control y Monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación.....	391
5.9.1	Programa de Monitoreo de la Calidad de Aire y Ruido.....	391
5.9.2	Programa de Monitoreo de la Revegetación.....	392
5.10	Plan de Muestreo de comprobación o verificación.	392
5.11	Cronograma y presupuesto de las actividades de remediación y rehabilitación ambiental, incluyendo las especificaciones técnicas, costos y actividades de ejecución de obra.....	393
5.12	Plan de monitoreo post ejecución de obra.....	400
5.13	Matriz de beneficios de los impactos sociales.	403
5.14	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en el proceso de elaboración a las poblaciones locales.	404

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2-1	Distribución de los sitios impactados por sectores.....	37
Cuadro 2-2	Acceso al sitio S0109 (Sitio 3)	37
Cuadro 2-3	Características generales de la cuenca del río Corrientes.....	47
Cuadro 2-4	Precipitación media mensual (mm) (2000-2006).....	47
Cuadro 2-5	Ficha social de relevamiento.....	52
Cuadro 2-6	Ficha de observación participante.....	53
Cuadro 2-7	Ficha de percepciones.....	53
Cuadro 2-8	Entrevistas en comunidades.....	54
Cuadro 2-9	Distancia del S0109 (Sitio 3) a la CN José Olaya	54
Cuadro 2-10	Población de la CN José Olaya.....	55
Cuadro 2-11	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	57
Cuadro 2-12	Pesca para consumo humano	61
Cuadro 2-13	Morbilidad en la CN José Olaya.....	63
Cuadro 2-14	Reconocimiento y Titulación de la CN José Olaya.....	64
Cuadro 3-1	Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio de estudio	70

Cuadro 3-2	Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0109 (Sitio 3)	80
Cuadro 3-3	Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0109 (Sitio 3)	81
Cuadro 3-4	Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0109 (Sitio 3)	85
Cuadro 3-5	Evidencias de contaminación sitio S0109 (Sitio 3)	86
Cuadro 3-6	Vías de propagación	87
Cuadro 3-7	Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: primera época	90
Cuadro 3-8	Cálculo del número de sondeos total	90
Cuadro 3-9	Sondeos complementarios	91
Cuadro 3-10	Rango de Lecturas del COVs	94
Cuadro 3-11	Ubicación de sondeos manuales	108
Cuadro 3-12	Ubicación de los sondeos con equipo	109
Cuadro 3-13	Ubicación de los puntos de muestreo y código de muestra enviada al laboratorio	109
Cuadro 3-14	Identificación de muestras duplicadas	110
Cuadro 3-15	Caudales aforados en el sitio S0109 (Sitio 3)	110
Cuadro 3-16	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	111
Cuadro 3-17	Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos	112
Cuadro 3-18	Ubicación de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT)	112
Cuadro 3-19	Características técnicas de la instalación de los piezómetros	113
Cuadro 3-20	Medición y purga del nivel freático de los piezómetros	113
Cuadro 3-21	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	113
Cuadro 3-22	Ubicación de los transectos de flora y fauna	114
Cuadro 3-23	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	114
Cuadro 3-24	Ubicación de sondeos manuales (complementarios)	115
Cuadro 3-25	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial	116
Cuadro 3-26	Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos	117
Cuadro 3-27	Variación del nivel freático	117
Cuadro 3-28	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	118
Cuadro 3-29	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	118
Cuadro 3-30	Resumen de normativa utilizada para evaluación de resultados	119
Cuadro 3-31	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (Época húmeda)	120
Cuadro 3-32	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (Época húmeda)	121

Cuadro 3-33	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (Época húmeda)	121
Cuadro 3-34	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (Época seca)	122
Cuadro 3-35	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (Época húmeda)	122
Cuadro 3-36	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (Época seca)....	122
Cuadro 3-37	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (Época húmeda)	123
Cuadro 3-38	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (Época seca)	123
Cuadro 3-39	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola	124
Cuadro 3-40	Análisis de los niveles de fondo	126
Cuadro 3-41	Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas.	131
Cuadro 3-42	Resultados de Bario para el sitio 109 (Sitio 3)	134
Cuadro 3-43	Concentraciones de TCLP – temporada húmeda	135
Cuadro 3-44	Concentraciones de MEH	135
Cuadro 3-45	Lista de especies de flora registrada con uso potencial.....	141
Cuadro 3-46	Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio	143
Cuadro 3-47	Lista de especies de fauna registrada con uso potencial.....	145
Cuadro 3-48	Índice de Ocurrencia e Índice de Actividad de Boddicker para mamíferos .	146
Cuadro 3-49	Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo.....	147
Cuadro 3-50	Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo	147
Cuadro 3-51	Número de especies, individuos e índices de diversidad fitoplancton.....	148
Cuadro 3-52	Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo.....	149
Cuadro 3-53	Abundancia de zooplancton por estación de monitoreo.....	149
Cuadro 3-54	Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton...	150
Cuadro 3-55	Número de especies de perifiton por estación de monitoreo	151
Cuadro 3-56	Abundancia de perifiton por estación de monitoreo	151
Cuadro 3-57	Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton	152
Cuadro 3-58	Número de especies de bentos por orden	153
Cuadro 3-59	Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo	153
Cuadro 3-60	Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos	154
Cuadro 3-61	Superficies y volúmenes de suelo contaminado	155

Cuadro 3-62	Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre y peces por parte de las poblaciones locales	164
Cuadro 3-63	Resumen de excedencias de muestras de suelo (Época húmeda)	166
Cuadro 3-64	Resumen de excedencias de muestras de agua superficial (Época húmeda)	166
Cuadro 3-65	Resumen de excedencias de muestras de sedimentos (Época húmeda)...	167
Cuadro 3-66	Resumen de excedencias de muestras de agua subterránea (Época húmeda)	167
Cuadro 3-67	Resumen de excedencias de muestras de agua subterránea (Época seca)	168
Cuadro 4-1	Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0109 (Sitio 3)	179
Cuadro 4-2	Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo.....	200
Cuadro 4-3	Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos	200
Cuadro 4-4	Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua subterránea	201
Cuadro 4-5	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación.....	201
Cuadro 4-6	Contaminantes de preocupación para el escenario humano	204
Cuadro 4-7	Contaminantes de Preocupación para Escenario Ecológico – Suelo en el Sitio S0109 (Sitio 3)	206
Cuadro 4-8	Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos	208
Cuadro 4-9	EPA Ecotox usados - sitio S0109 (Sitio 3)	216
Cuadro 4-10	Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del sitio S0109 (Sitio 3)	217
Cuadro 4-11	Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0109 (Sitio 3)	218
Cuadro 4-12	Evaluación de toxicidad de la comunidad bentónica en agua superficial del sitio S0109 (Sitio 3)	219
Cuadro 4-13	NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0109 (Sitio 3)	221
Cuadro 4-14	Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0109 (Sitio 3).....	223
Cuadro 4-15	Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0109 (Sitio 3).....	224
Cuadro 4-16	Receptor/Escenario humano 3 – sitio S0109 (Sitio 3).....	225
Cuadro 4-17	Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos	226
Cuadro 4-18	Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos	227
Cuadro 4-19	Parámetros de los contaminantes de preocupación para agua subterránea	228
Cuadro 4-20	Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos.....	229
Cuadro 4-21	Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición	230
Cuadro 4-22	Vías de exposición del sitio S0109 (Sitio 3)	235

Cuadro 4-23	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación.....	237
Cuadro 4-24	Ficha social de relevamiento.....	238
Cuadro 4-25	Ficha de observación participante.....	239
Cuadro 4-26	Ficha de Percepciones.....	239
Cuadro 4-27	Entrevistas en comunidades	240
Cuadro 4-28	Distancia del S0109 (Sitio 3) a la CN José Olaya	240
Cuadro 4-29	Población de la CN José Olaya.....	241
Cuadro 4-30	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas.....	243
Cuadro 4-31	Pesca para consumo humano	247
Cuadro 4-32	Morbilidad en la CN José Olaya.....	249
Cuadro 4-33	Reconocimiento y titulación de la CN José Olaya.....	250
Cuadro 4-34	Vías de exposición para los escenarios humanos considerados	256
Cuadro 4-35	Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo	257
Cuadro 4-36	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 1	259
Cuadro 4-37	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 2 - Adulto	262
Cuadro 4-38	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 2 - Niño	263
Cuadro 4-39	Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 3	265
Cuadro 4-40	Riesgo no cancerígeno - Criterios.....	266
Cuadro 4-41	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 1 ...	269
Cuadro 4-42	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Adulto	271
Cuadro 4-43	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario Humano 2 - Niño	273
Cuadro 4-44	Índice de Peligrosidad para CP no cancerígenas - Escenario humano 3 ...	276
Cuadro 4-45	Factor corrector para evaluación de biodisponibilidad de metales (Tessier)280	
Cuadro 4-46	Parámetro I _{ECA}	281
Cuadro 4-47	Parámetro I _{MEDIO} (N.º medios afectados)	281
Cuadro 4-48	Parámetro I _{PARA EXCED}	282
Cuadro 4-49	Parámetro in-situ (suelo).....	283
Cuadro 4-50	Parámetro F _{in-situ} (sedimentos)	283
Cuadro 4-51	Parámetro F _{in-situ} (agua superficial)	284
Cuadro 4-52	Parámetro F _{in-situ} (flora/fauna)	284
Cuadro 4-53	Parámetro F _{EXT} (factor extensión)	285
Cuadro 4-54	Parámetro F _{ACT} (actividad foco)	285
Cuadro 4-55	Parámetro F _{Inund} (inundabilidad).....	286

Cuadro 4-56	Parámetro topografía	287
Cuadro 4-57	Parámetro K (permeabilidad)	287
Cuadro 4-58	Parámetro CV (cobertura vegetal)	287
Cuadro 4-59	Parámetro PGw1 (profundidad agua)	288
Cuadro 4-60	Parámetro PGw2.....	288
Cuadro 4-61	Índice transporte (agua superficial)	288
Cuadro 4-62	Índice transporte (cadena trófica).....	289
Cuadro 4-63	Categoría de protección (RE1).....	289
Cuadro 4-64	Presencia de ecosistemas frágiles (RE2)	290
Cuadro 4-65	Distancia a ecosistemas frágiles (RE3).....	290
Cuadro 4-66	Calculo del NRS - I_{foco}	291
Cuadro 4-67	Calculo del IECA, I_{medio} e I_{clases}	291
Cuadro 4-68	Calculo del factor <i>in situ</i>	292
Cuadro 4-69	Calculo del I_{trans} (ESC).....	293
Cuadro 4-70	Calculo del I_{trans} (SUBT)	294
Cuadro 4-71	Rangos del riesgo para $I_{receptor}$ ecológico.....	295
Cuadro 4-72	Rangos del riesgo para escenario ecológico	295
Cuadro 4-73	Criterios para estimar el riesgo en el suelo	297
Cuadro 4-74	Clasificación de los HAP's por el N° de anillos bencénicos	299
Cuadro 4-75	Movilidad de los HAP's en el suelo	299
Cuadro 4-76	Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP	302
Cuadro 4-77	Determinación del riesgo para sedimentos por CP	303
Cuadro 4-78	Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico.....	307
Cuadro 4-79	Rangos de incertidumbres	309
Cuadro 4-80	Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres	316
Cuadro 4-81	Niveles de remediación para suelo – sitio S0109 (Sitio 3)	319
Cuadro 5-1	Elemento contaminante por componente evaluado	328
Cuadro 5-2	Niveles de remediación para suelo – sitio S0109 (Sitio 3)	329
Cuadro 5-3	Lista de remediación aplicables para el sitio S0109 (Sitio 3)	337
Cuadro 5-4	Aspectos, variables y ponderación por sitio	340
Cuadro 5-5	Evaluación de alternativas de remediación sitio S0109 (Sitio 3).....	347
Cuadro 5-6	Resultados de alternativas de matriz sitio S0109 (Sitio 3)	349
Cuadro 5-7	Resumen de alternativa sitio S0109 (Sitio 3)	356
Cuadro 5-8	Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0109 (Sitio 3).....	356

Cuadro 5-9	Área y volumen de suelo con valores de TPH (F2) mayores al NR requerido en el sitio S0109 (Sitio 3)	364
Cuadro 5-10	Insumos y mano de obra y costos.....	368
Cuadro 5-11	Resumen de personal para la ejecución de la remediación	372
Cuadro 5-12	Actividades asociadas a la remediación	375
Cuadro 5-13	Generación de residuos sólidos domésticos	376
Cuadro 5-14	Generación de efluentes domésticos	377
Cuadro 5-15	Emisiones de material particulado y gases	378
Cuadro 5-16	Actividades durante la etapa de construcción.....	379
Cuadro 5-17	Actividades durante la etapa de operación	379
Cuadro 5-18	Actividades durante la etapa de abandono	379
Cuadro 5-19	Componentes y factores ambientales	379
Cuadro 5-20	Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del Plan de Remediación – Etapa de construcción, operación y abandono.....	381
Cuadro 5-21	Tipos de residuos No Peligrosos - Etapa de construcción	386
Cuadro 5-22	Tipos de residuos No Peligrosos - Etapa de operación	386
Cuadro 5-23	Tipos de residuos No Peligrosos - Etapa de abandono	387
Cuadro 5-24	Tipos de residuos Peligrosos - Etapa de construcción.....	387
Cuadro 5-25	Tipos de residuos Peligrosos - Etapa de operación	387
Cuadro 5-26	Tipos de residuos Peligrosos - Etapa de abandono	387
Cuadro 5-27	Identificación de recipientes por tipo de residuos.....	388
Cuadro 5-28	Fuentes y medidas de manejo de afluentes.....	391
Cuadro 5-29	Parámetros de evaluación	392
Cuadro 5-30	Cálculo del número de sondeos total	392
Cuadro 5-31	Parámetros a monitorear en suelos	393
Cuadro 5-32	Cronograma de ejecución	398
Cuadro 5-33	Presupuesto de ejecución	399
Cuadro 5-34	Parámetros de evaluación	401
Cuadro 5-35	Estaciones a monitorear	401
Cuadro 5-36	Parámetros para evaluación	401
Cuadro 5-37	Costo del Plan de Manejo Ambiental	402
Cuadro 5-38	Matriz de impactos sociales	404
Cuadro 5-39	Percepción acerca del entorno y medio ambiente en el Lote 192.....	404
Cuadro 5-40	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales	406

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1	Ubicación de los 13 sitios impactados	38
Figura 2-2	Modelo de columna lito estratigráfica del área de estudio	40
Figura 2-3	Perfil litológico del sitio S0109 (Sitio 3)	42
Figura 2-4	Perfil hidrogeológico del sitio S0109 (Sitio 3)	44
Figura 2-5	Isolíneas conceptuales de la profundidad del nivel freático del sitio S0109 (Sitio 3) - Época húmeda.....	46
Figura 2-6	Histograma de precipitación (2000-2006) estación teniente López.....	48
Figura 2-7	Histograma de precipitación estaciones cercanas al Lote 192 (Ex lote 1AB) (2000-2006)	49
Figura 3-1	Desarrollo histórico de las actividades de perforación en el Lote 192.....	72
Figura 3-2	Evolución cronológica de los usos y ocupación del Lote 192.....	78
Figura 3-3	Evolución cronológica de eventos relacionados al sitio S0109 (Sitio 3).....	79
Figura 3-4	Imagen histórica del sitio S0109 (Sitio 3)	84
Figura 3-5	Imagen actual del sitio S0109 (Sitio 3).....	84
Figura 3-6	Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0109 (Sitio 3)	88
Figura 3-7	Número de puntos de muestreo (identificación).....	89
Figura 3-8	Número de puntos de muestreo (caracterización)	90
Figura 3-9	Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo.....	95
Figura 3-10	Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica ...	96
Figura 3-11	Detalles constructivos típicos de terminación de pozos	97
Figura 3-12	Diagrama de traslado de muestras y conservación de temperatura	104
Figura 3-13	Acta de conformidad del traslado de muestras	105
Figura 3-14	Acta de conformidad del traslado de muestras	105
Figura 3-15	Concentraciones de bario	127
Figura 3-16	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2.....	128
Figura 3-17	Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3.....	128
Figura 3-18	Concentraciones de naftaleno	129
Figura 3-19	Área impactada por hidrocarburos en sitio S0109 (Sitio 3)	130
Figura 3-20	Área impactada por hidrocarburos cercana a ductos petroleros en sitio S0109 (Sitio 3).....	130
Figura 3-21	Modelamientos de Isoconcentraciones – Evaluación integrada de fracciones de hidrocarburos F2 y F3	133
Figura 3-22	Perfil tomográfico eléctrico 1 (S0109-GEO-001).....	138
Figura 3-23	Perfil tomográfico eléctrico 2 (S0109-GEO-002).....	139

Figura 3-24	Modelo Integrado de análisis del S0109 (Sitio 3) – Visión integrada para las fracciones F2 y F3.....	157
Figura 3-25	Área potencialmente Impactada de acuerdo con el MCI.....	159
Figura 3-26	Proceso del modelo conceptual	160
Figura 3-27	Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios	161
Figura 3-28	Modelo conceptual inicial sinóptico	163
Figura 3-29	Sitio impactado S0109 (Sitio 3).....	171
Figura 3-30	Conceptualización dinámica hidrogeológica S0109 (Sitio 3).....	172
Figura 4-1	Diagrama de Flujo de las etapas del ERSA	178
Figura 4-2	Excedencias de Bario - Época húmeda	181
Figura 4-3	Excedencias de Boro - Época húmeda	182
Figura 4-4	Excedencias de fracción de hidrocarburo F2 - Época húmeda	183
Figura 4-5	Excedencias de fracción de hidrocarburo F3 - Época húmeda	183
Figura 4-6	Excedencias de naftaleno - Época húmeda	184
Figura 4-7	Excedencias de Benzo(a) antraceno - Época húmeda	184
Figura 4-8	Excedencias de Benzo(b) fluoranteno - Época húmeda	185
Figura 4-9	Excedencias de Fenantreno - Época húmeda	185
Figura 4-10	Excedencias de pH – Época Seca	186
Figura 4-11	Excedencias de O.D. – Época Seca	186
Figura 4-12	Excedencias de pH – Época Húmeda.....	187
Figura 4-13	Excedencias de pH – Época Seca	188
Figura 4-14	Excedencias de O.D. – Época Húmeda.....	188
Figura 4-15	Excedencias de O.D. – Época Seca	189
Figura 4-16	Excedencias de Fosforo – Época Seca	189
Figura 4-17	Excedencias de Aluminio – Época Húmeda	190
Figura 4-18	Excedencias de Aluminio – Época Seca.....	190
Figura 4-19	Excedencias de Arsénico – Época Seca.....	191
Figura 4-20	Excedencias de Hierro – Época Húmeda	192
Figura 4-21	Excedencias de Hierro – Época Seca.....	192
Figura 4-22	Excedencias de Manganeseo – Época Húmeda.....	193
Figura 4-23	Excedencias de Manganeseo – Época Seca.....	193
Figura 4-24	Excedencias de Zinc – Época Húmeda	194
Figura 4-25	Excedencias de O.D. – Época Seca	195
Figura 4-26	Modelo conceptual inicial del sitio S0109 (Sitio 3)	209

Figura 4-27	Esquema de los criterios de valoración y puntuación del nivel de riesgo por sustancias	278
Figura 5-1	Ubicación del sitio S0109 (Sitio 3) en el Sector 2.....	325
Figura 5-2	Diagrama de los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación	330
Figura 5-3	Proceso para la evaluación de la lista larga de alternativa tecnológicas.....	331
Figura 5-4	Universo de alternativas tecnológicas de remediación	332
Figura 5-5	Relación costo-efectividad	356
Figura 5-6	Resultado Gráfico del ACE por técnica evaluada	357
Figura 5-7	Polígono del área impactada del sitio S0109 (Sitio 3).....	362
Figura 5-8	Distribución espacial del área de suelo a remediar (zona en rojo) con TPH (F2 > 1200 mg/kg) en el sitio S0109 (Sitio 3)	365
Figura 5-9	Esquema de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora	373
Figura 5-10	Flujograma de actividades del PMA.....	374
Figura 5-11	Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)	394
Figura 5-12	Configuración del aislamiento	395
Figura 5-13	Estructura de cierre del aislamiento	396
Figura 5-14	Sección esquemática de la topografía final del aislamiento después del cierre	397

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1	Comunidad Nativa José Olaya.....	56
Fotografía 2-2	Áreas de recreación y espacios educativos Comunidad Nativa José Olaya .	57
Fotografía 2-3	Preparación de masato en base a yuca	58
Fotografía 2-4	Alimentación basada en la caza.....	60
Fotografía 3-1	Infraestructura cercana al sitio S0109 (Sitio 3).....	85
Fotografía 3-2	Evidencias encontradas en el Sitio S0109 (Sitio 3).....	86
Fotografía 3-3	Muestreo de suelos con sondeo manual - sitio S0109 (Sitio 3).....	93
Fotografía 3-4	Muestreo de suelos con equipo - sitio S0109 (Sitio 3)	94
Fotografía 3-5	Instalación de los equipos de tomografía eléctrica.....	96
Fotografía 3-6	Construcción de piezómetros - sitio S0109 (Sitio 3).....	98
Fotografía 3-7	Desarrollo de piezómetros - sitio S0109 (Sitio 3)	99
Fotografía 3-8	Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0109 (Sitio 3)	100
Fotografía 3-9	Medición de caudal en campo	111
Fotografía 3-10	<i>Ocotea sp.</i> “Canela moena” (especie maderable).....	141

Fotografía 3-11	<i>Euterpe precatoria</i> "Huasaí" (Utilizado como medicina antimalaria)	142
Fotografía 3-12	Huellas de <i>Cuniculus</i> sp. "Majaz" (Utilizado para alimentación).....	145
Fotografía 3-13	Huellas de <i>Panthera onca</i> "Otorongo" (Utilizado como adorno).....	146
Fotografía 4-1	Especies de flora identificada en el sitio S0109 (Sitio 3)	222
Fotografía 4-2	Comunidad Nativa José Olaya.....	242
Fotografía 4-3	Áreas de recreación y espacios educativos Comunidad Nativa José Olaya.....	243
Fotografía 4-4	Preparación de masato en base a yuca	244
Fotografía 4-5	Alimentación basada en la caza.....	246
Fotografía 4-6	Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua	292
Fotografía 4-7	Evidencia de Tapir en sitio S0109 (Sitio 3)	295

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1	Grupos de interés CN José Olaya.....	65
Gráfico 4-1	Grupos de interés CN José Olaya.....	251

LISTA DE ANEXOS

6.1	Planos, mapas y demás gráficos didácticos, para el entendimiento de las poblaciones locales
6.1.1	Figura didáctica Sitio S0109 (Sitio 3) – 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 S0109 (Sitio 3)
6.2.3	Mapa geomorfológico del sitio S0109 (Sitio 3)
6.2.4	Mapa hidrogeológico del sitio S0109 (Sitio 3)
6.2.5	Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0109 (Sitio 3)
6.2.6	Mapa climático del sitio S0109 (Sitio 3)
6.2.7	Mapa de suelos del sitio S0109 (Sitio 3)
6.2.8	Mapa de cobertura vegetal del sitio S0109 (Sitio 3)
6.2.9	Mapa de comunidades del sitio S0109 (Sitio 3)
6.3	Planos detallados de cada sitio y/o grupo de sitios
6.3.1	Mapa de ubicación del sitio S0109 (Sitio 3)
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 S0109 (Sitio 3) - Época húmeda

- 6.4.2 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0109 (Sitio 3) - Época seca
- 6.4.3 Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3) - Época húmeda
- 6.4.4 Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3) - Época seca
- 6.4.5 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0109 (Sitio 3) - Época húmeda
- 6.4.6 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0109 (Sitio 3) - 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 S0109 (Sitio 3) - 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 S0109 (Sitio 3) - Época húmeda
 - 6.4.2.2 Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3) - 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 S0109 (Sitio 3)
 - 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del sitio S0109 (Sitio 3)
- 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
- 6.6 Tablas y representación gráfica de resultados
 - 6.6.1 Análisis Estadística CP
 - 6.6.2 Tablas de los CP
 - 6.6.3 Propiedades de CP
 - 6.6.4 Parámetros de exposición
 - 6.6.5 Cálculo de riesgo humano

- 6.6.6 Resultados del cálculo de riesgo humano
- 6.6.7 Modelo conceptual detallado
- 6.6.8 Datos RBCA
- 6.6.9 Entrevista 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
- 6.11 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 con la Comunidad Nativa José Olaya
- 6.13 Geodatabase (base de información geográfica) - Información digital

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
CdP ₁ :	Coeficiente de peligro determinado para el receptor humano 1
CdP ₂ :	Coeficiente 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:
FBD _R :	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
IdR ₁ :	Índice de riesgo determinado para el receptor humano 1
IdR ₂ :	Índice de riesgo determinado para el receptor 2
INACAL:	Instituto Nacional de Calidad
IP _T :	Índice de peligrosidad (acumulativo)
IR _T :	Índice de riesgo total (acumulativo)
JCI-HGE:	Consortio J.C. Ingenieros & Consultores S.A.C. - Hidrogeocol Cía Ltda
K:	Potasio
K _p :	Coeficiente de permeabilidad
LDA:	Límite de detección analítico
LDM:	Límite de detección del método
Li:	Litio
LOAEL:	Lowest observed adverse effect level
Log (K _d):	Coeficiente de distribución suelo-agua (@ 20 – 25 °C)
Log (K _{oc}):	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 10 ⁴)
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
SO ₂ :	Dióxido de Azufre
SPT:	Prueba de Penetración Estándar
TCLP:	Procedimiento de Lixiviación de Características Tóxicas.
Tl:	Talio
TPH:	<i>Total Petroleum hydrocarbons</i> = 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 considera 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 continua 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 nitroso.

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: Co-ocurrencia 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 Corriente” 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 S0109 (Sitio 3)**, 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 de potencial interés
- Desarrollo de modelos conceptuales
- Caracterización del sitio (Época húmeda y época seca)
- 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

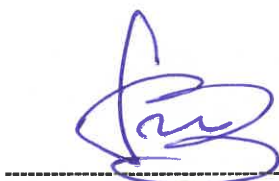
Alimentación del personal en campo: Servicio proporcionado por la CN José Olaya

Apoyos locales: Servicio proporcionado por la CN José Olaya

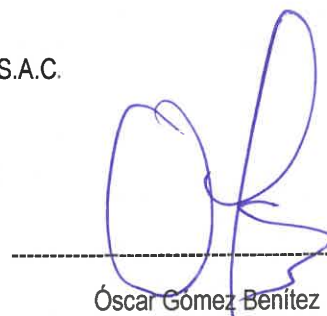
Empresa Consultora



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.



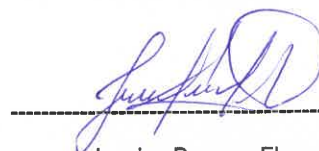
Julio Cesar Minga
Responsable de Aspectos de Toxicología
J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.



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



Guillermo Luján Vizcarra
**Responsable de Diseño, Procesos
y Presupuestos**
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 S0109 (Sitio 3) se ubica en el Sector 2 el cual tiene como instalaciones cercanas a la Batería Huayurí, 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, S0118
Sector 2	S0107, S0108, S0109 (Sitio 3) , S0110
Sector 3	S0113, S0114, S0115, S0116
Sector 4	S0117, S0119

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

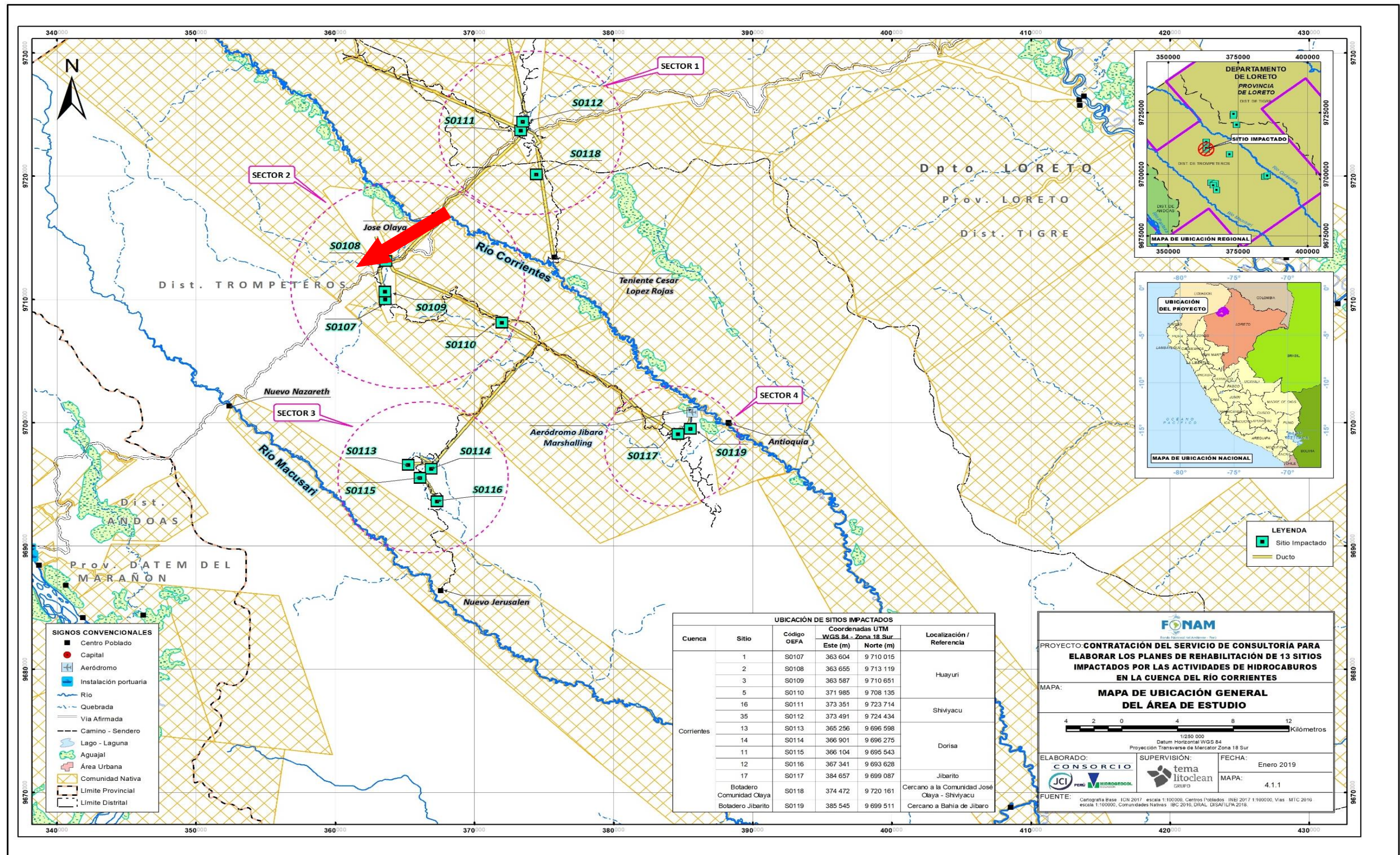
Para acceder al sitio se parte desde Lima vía aérea hacia Tarapoto, para luego tomar la carretera con destino a la ciudad de Yurimaguas en un tiempo estimado de 2 h; de aquí se toma un transporte fluvial en el puerto Abel Guerra con destino a la Comunidad Nativa Nuevo Andoas, cuya travesía dura 2 días 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 h aproximadamente; de aquí se toma la vía afirmada hacia la batería Huayurí y toma el desvío de la carretera sur hacia la bahía de Jibarito y a unos 20 minutos en dirección al Sur se llega a los pozos HUYS-12D, HUYS-13D y HUYS-14D. (Ver Figura 2-1 Ubicación de sitios impactados).

Cuadro 2-2 Acceso al sitio S0109 (Sitio 3)

Partida	Sitio	Vía afirmada / Referencia	Estado de la vía
Comunidad nativa José Olaya	S0109 (Sitio 3)	Por carretera de tierra hacia los pozos HUYS-12D, HUYS-13D y HUYS-14D.	En buen estado

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

Figura 2-1 Ubicación de los 13 sitios impactados



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

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 S0109 (Sitio 3).

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 dominada por colinas, lomadas y terrazas aluviales, la estratigrafía de la cuenca del río Corrientes lo integra formaciones rocosas sedimentarias, cuyas edades van desde el terciario superior (Mioceno) hasta el cuaternario reciente (Holoceno).

Las unidades geológicas presente en el área que abarca el sitio S0109 (Sitio 3) son: depósitos aluviales recientes y formación nauta. ^a En el Anexo 6.2 Mapa 6.2.2: presenta el detalle de la geología para del sitio S0109 (Sitio 3).

- Formación Nauta (TsQp-n): Está conformada por areniscas y lodolitas. Las areniscas son grano grueso de color rojo, con intercalaciones lenticulares conglomerádicas 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 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 consolidadas 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° 30 Serie A: Carta Geológica Nacional. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET - 1999).

Figura 2-2 Modelo de columna lito estratigráfica del área de estudio

Sistema	Serie	Unidad Litoestratigráfica	Grosor (m)	Columna Litológica	A.D.	Descripción
CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos fluviales			CA	Arenas limoarcillas y gravas
		Depósitos palustres			CL	Arcillas, lodolitas, grises
		Depósitos aluviales			CA	Arenas, limoarcillas, en niveles masivos, delgados, con restos de plantas
	PLEISTOCENA	Depósito aluvial 1 y 2	± 70		C	Arenas, limoarcillas en niveles masivos, delgados, con restos de plantas
Depósito Ucamara		Arcillas, lodolitas, grises, verdosas.				
NEÓGENO	PLIOCENA	Formación Nauta	M sup.			Arenas finas a gravosas, gris claras a blanquecinas cuarzosas, angulosas, micáceas, ocasionalmente presentan arenas grís oscuras de grano fino, constituido de fragmentos de cuarcita oscura .
			M inf.			Limoarcillas beige a rojizas, caolinita, deleznable, intercaladas con capas delgadas de limolita y arenas finas, con algunos lentils, de grava.
		Formación Ipururo	1880 - 303		Areniscas grises a marrones, en parte conglomerádicas, de grano grueso a medio, mal seleccionadas.	
	MIOCENA				C	Limoarcillitas, limolitas, ocasionalmente areniscas de grano fino, de color rojo violáceo en capas delgadas a medianas
						Limoarcillitas de grano medio a grueso con lentils de conglomerado y delgadas capas de coloración rojiza y ocasionalmente grises a pardo amarillentas

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 S0109 (Sitio 3). 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.

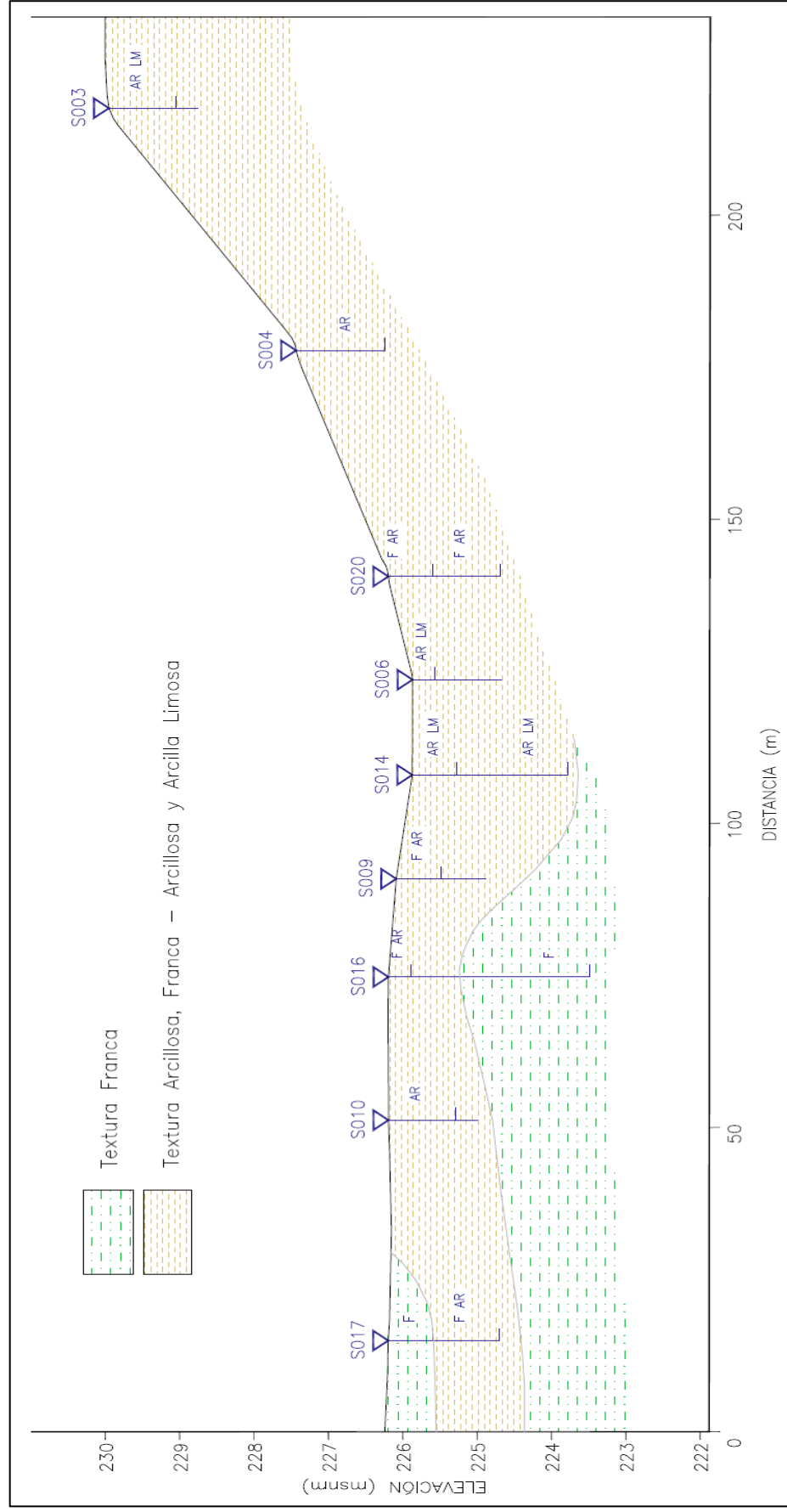
El flujo en medio poroso se encuentra gobernado por la ley de Darcy, el cual en forma empírica describe el movimiento subterráneo en medios poroso, siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

La hidrogeología conceptual se basa en la información geofísica (Época húmeda), sondeos manuales (ambas temporadas), sondeos con equipo (húmeda), perforación e instalación de piezómetros (Época húmeda) y medición de los niveles del agua subterránea (ambas épocas), las cuales se contrastarán con la geología de la zona para definir el comportamiento del flujo subterráneo. Esto se describe con mayor detalle en sus respectivos ítems.

En el mapa hidrogeológico nacional se describe como acuíferos detríticos en lo largo de la selva, pero para este ítem se infirió el comportamiento hidrogeológico local. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.4: Mapa hidrogeológico del sitio S0109 (Sitio 3).

En la Figura 2-3 se muestra un perfil litológico con los sondeos con equipo de mayor profundidad con esto se puede diferenciar de mejor manera las litologías del suelo para una mejor identificación de las unidades hidrogeológicas y mejor interpretación del flujo subterráneo. Este perfil fue construido en base a la clasificación textural de los resultados de laboratorio, sin embargo, este perfil no se encuentra en línea recta, es la representación de unión de los sondeos (manuales y con equipos) para la construcción lito-estratigráfica del sitio impactado.

Figura 2-3 Perfil litológico del sitio S0109 (Sitio 3)



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

2.2.2.1 Caracterización hidrogeológica

En este ítem se describirá las características hidrogeológicas del sitio S0109 (Sitio 3) definiendo la hidrogeología conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial-agua subterránea.

En el sitio S0109 (Sitio 3) geológicamente tiene como basamento lo sedimentos de la formación Nauta donde la litología varía entre areniscas y arcillitas, y superficialmente corresponde a una litología de los cuaternarios antiguos y recientes, compuesta por limo-arenas, limos, arcillas con escasa consolidación y no consolidadas. 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 por tener buena permeabilidad. Es común encontrar agua subsuperficial de poca capacidad, 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 los sondeos con equipo, sondeos manuales e identificación en campo, ha sido posible determinar las posibles unidades hidrogeológicas presentes en el área de impacto del sitio S0109 (Sitio 3). Así mismo 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 tres (3) tipos de suelos: arcillosa, franca arcillosa y arcilla limosa. 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 subsuperficial muy lentamente, la recarga lenta está ligada al grado compactación in situ.

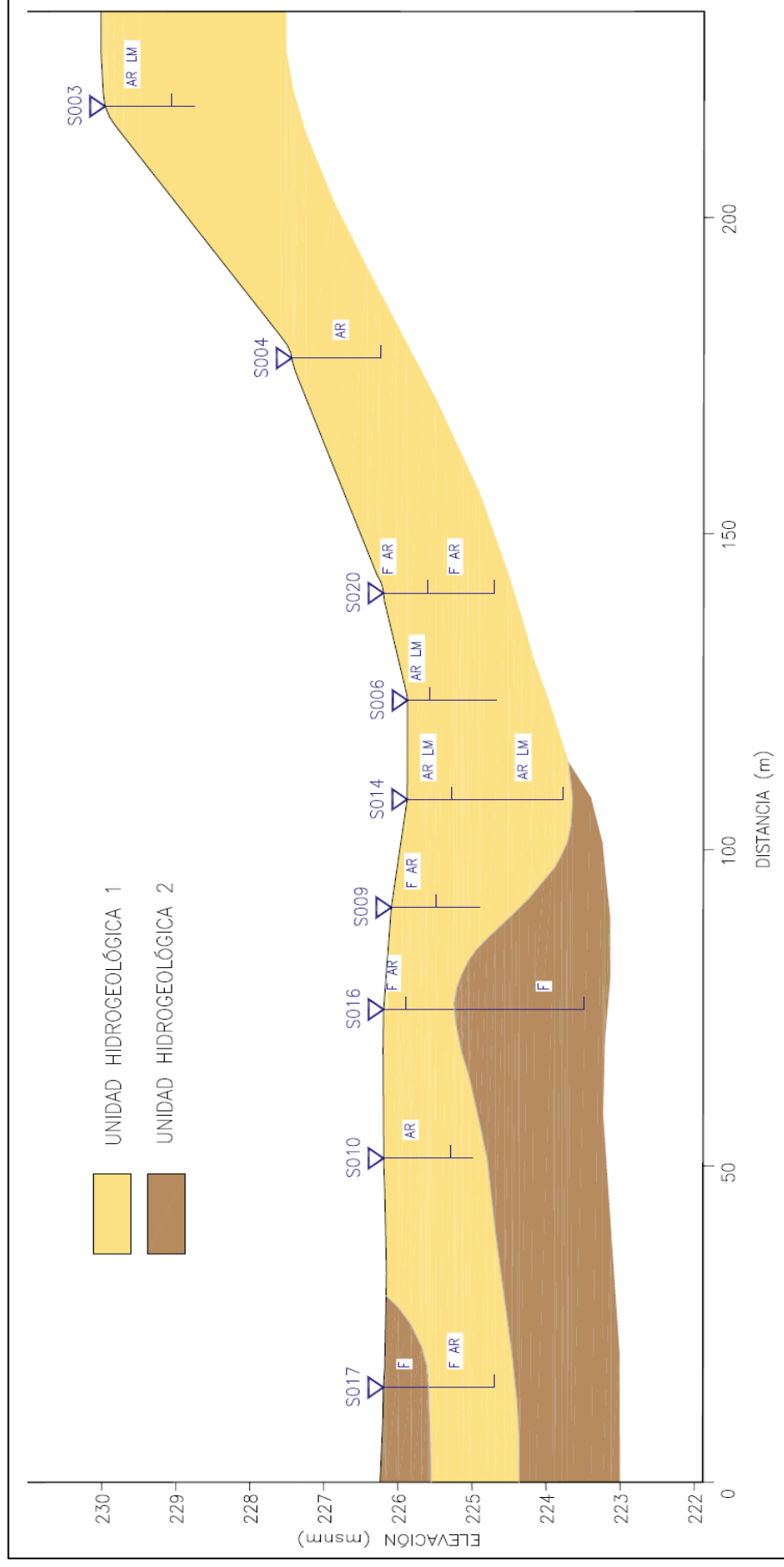
- **Unidad Hidrogeológica 2**

Esta unidad hidrogeológica pertenece al Cuaternario, la litología presente es un (1) tipo de suelo: franca. 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 subsuperficial, la recarga lenta está ligada al grado compactación in situ.

En la Figura 2-4 se muestra el perfil hidrogeológico conceptual elaborado en base al perfil litológico de la zona (Figura 2-3), identificándose las unidades hidrogeológicas.

Figura 2-4 Perfil hidrogeológico del sitio S0109 (Sitio 3)



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 S0109 (Sitio 3), se presenta en base a los niveles freáticos medidos en el piezómetro durante la campaña de campo realizada en junio y setiembre de 2018, los cuales indican la existencia de una fluctuación del nivel dependiendo la temporada del año.

A partir de estos niveles se construye la morfología de las profundidades del nivel freático y posibles líneas de flujo en las áreas cercanas a los piezómetros en donde podemos inferir el comportamiento o variación de las profundidades en donde se encuentran los piezómetros.

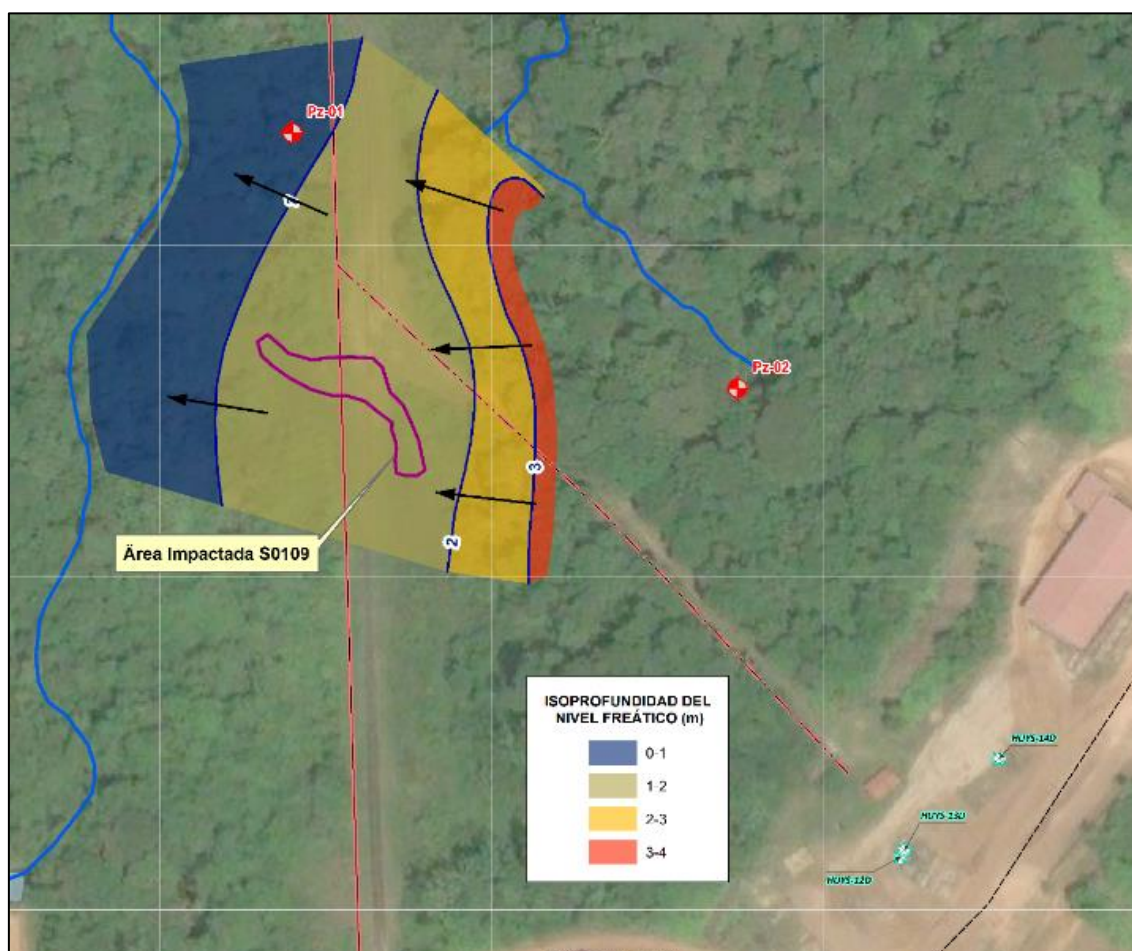
Estos resultados se infieren a partir de los monitoreo de nivel del agua en los piezómetros construidos en el sitio, a pesar de contar con solo dos piezómetros y no una red piezométrica que brindaría una información más detallada del comportamiento de la napa freática en toda el área de estudio, se cuenta 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 equipo (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 de acuerdo a cada piezómetro e inferir de manera conceptual las profundidad del nivel freático para las zonas impactas.

Para la dirección de flujo es importante contar con la topografía de detalle, sin embargo, se pudo definir el posible comportamiento de la dirección de flujo de acuerdo con observaciones en los levantamientos de campo, se estima la dirección de flujo de sureste a noreste en dirección a la quebrada Machupichu, se podría determinar de manera conceptual del comportamiento de hidroisohipsas en todas las áreas impactadas pero se recomienda tener una topografía detallada del sitio.

El área impacta preliminar se encuentra al suroeste del pozo HUYS-12D, según los resultados obtenidos se prevé que el área impactada tenga un nivel freático aproximado a una profundidad de no mayor a los 3 metros, las profundidades del nivel freático varían de acuerdo a la forma topográfica.

En la Figura 2-5 se muestra las isolíneas conceptuales de la profundidad del agua subterránea para la época húmeda y la probable dirección de flujo.

Figura 2-5 **Isolíneas conceptuales de la profundidad del nivel freático del sitio S0109 (Sitio 3) - 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 cuenca del río Corrientes 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 sub-dendrítico, 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 S0109 (Sitio 3).

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

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

2.2.3.2.1 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
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

^b Estudio de Impacto Ambiental para la perforación de 20 pozos de desarrollo en los yacimientos de Carmen Noreste, Huayuri Norte, Huayuri Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jíbaro-Jíbarito y Capahuari Sur en el Lote 1 AB.

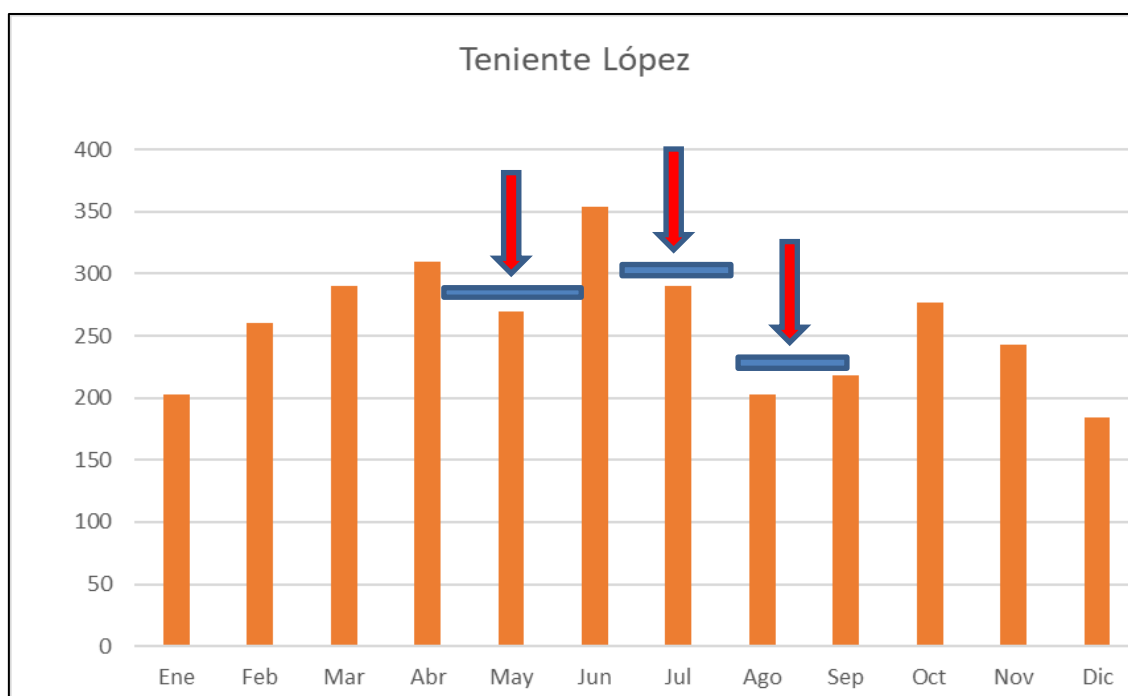
Cuadro 2-4 Precipitación media mensual (mm) (2000-2006)

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. (adaptado del 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

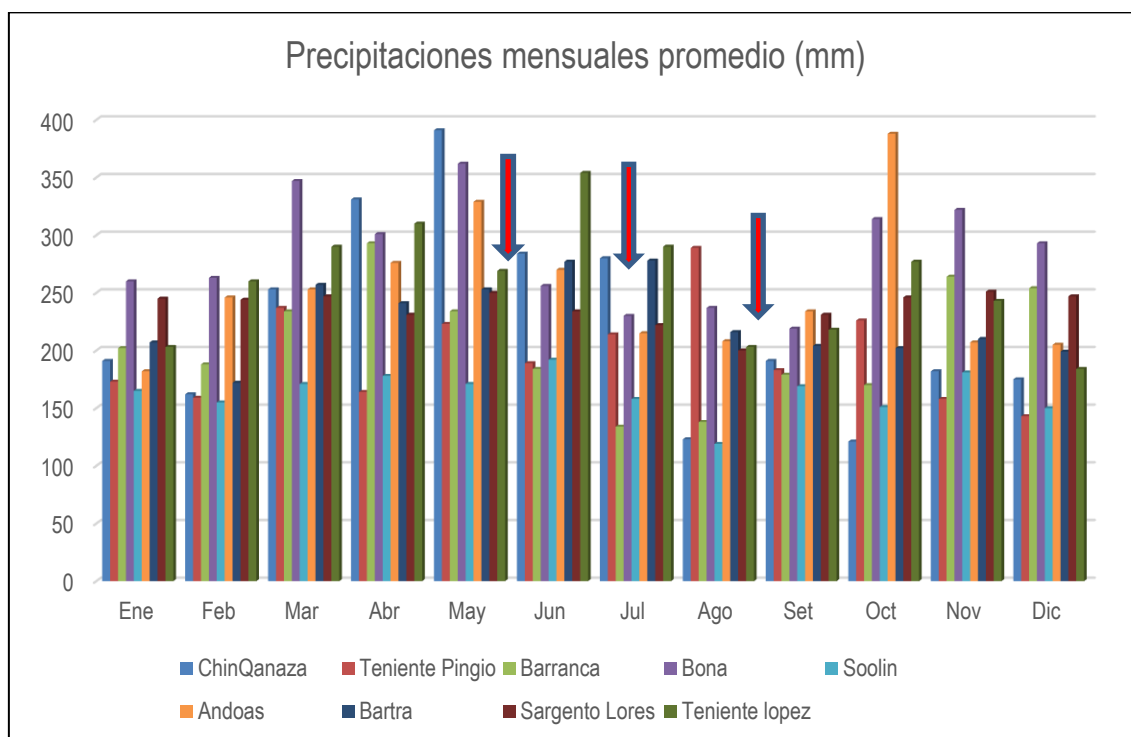


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

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 y ubicadas dentro del Lote 1AB.

Como se puede observar, en la mayoría de las estaciones se presenta una precipitación constante durante todo el año. Las precipitaciones mayores a 100 mm por día se presentan en meses menos húmedos (Época seca) entre julio y setiembre, y meses más húmedos entre marzo y mayo (Época húmeda).

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.

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.
- Análisis conceptual de la topografía es: La zona presenta pendientes bajas al suroeste de la plataforma del Pozo HUYS-12D, la topografía no es propia de procesos geología sobre todo en la zona de instalación de pozos de explotación, sin embargo las zonas cercanas a la quebrada aún conservan su topografía natural. Tal como se constató por los técnicos que participaron en las temporadas de campo durante las fases de muestreo, la topografía que sigue las tuberías de los pozos está en una zona de alta pendiente hasta llegar a la zona impactada, donde la topografía es plana.

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 S0109 (Sitio 3).

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:

Soldado-Aguajal (Sd-Ag/A): Suelos superficiales de textura arenosa a franco arcillo arenosa. El drenaje natural es bueno a moderad, siendo algo excesivo en las áreas de pendientes empinadas. 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.

Soldado-Huayurí (Sd-Hy/E): Suelos superficiales de textura arenosa a franco arcillo arenosa. El drenaje natural es bueno a moderad, siendo algo excesivo en las áreas de pendientes empinadas. También pueden presentar un color rojo amarillento, de clase textural fina a moderadamente fina (franco arcillo limoso a arcilloso) con pendientes planas a moderadamente empinadas (0-25%).

Estos tipos de suelo fueron contrastados en campo por los especialistas durante las actividades de muestreo de sondeos manuales y con equipo, así también con los resultados de granulometría de los resultados de laboratorio. La característica de los suelos en este sitio impactado esta predominado por las arcillas y limos.

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.7: Mapa de suelos del sitio S0109 (Sitio 3) y en el Anexo 6.10 informes de laboratorio se muestra los resultados de granulometría.

2.2.7 Geomorfología

Se presenta los aspectos más característicos relacionados con la geomorfología del área donde se encuentra el sitio impactado S0109 (Sitio 3), según el análisis realizado se puede definir geomorfológicamente se caracteriza por tener colinas bajas fuertemente disectadas en sedimentos cuaternarios y colinas bajas ligeramente disectadas en sedimentos cuaternarios. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.3: Mapa geomorfológico del sitio S0109 (Sitio 3).

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 ha identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0109 (Sitio 3):

- Gran Paisaje de Colinas Denudacionales: Las colinas denudacionales del área de estudio se caracteriza por presentar superficies onduladas a disectadas de 8 a 50 % de pendiente, donde se puede identificar lo siguiente:
 - Paisajes de Colinas Denudacionales del Terciario, constituidas por arcillitas y areniscas de grano fino a medio; además comprende la siguiente unidad fisiográfica para el sitio S0109 (Sitio 3) es: colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y colinas bajas moderadamente disectadas en rocas terciarias.

2.2.8 Cobertura vegetal

Para la descripción de la cobertura vegetal del sitio impactado 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 6.2.8: Mapa de cobertura vegetal del sitio S0109 (Sitio 3).

- **Bosque de colinas bajas Ligeramente disectadas (Bcbld)**

Esta unidad de cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas), con presencia de caminos de herradura y tuberías que forman una cadena de oleoductos que van de sur a norte. La vegetación presenta una cobertura mayormente arbustiva y arbórea, con presencia de pequeñas quebradas que inundan parcialmente la zona en época húmeda.

- **Bosque inundable de terrazas bajas con vegetación rala (Bitbvr)**

Este bosque está representado por una cobertura que coloniza áreas cuya vegetación original desapareció parcial o totalmente, debido a perturbaciones naturales o humanas. Se puede observar en zonas rurales o cercanas a vías de comunicación, así como en zonas aledañas a actividades pecuarias. Los géneros que caracterizan esta cobertura son principalmente frutales, como Inga sp., Solanum sessiliflorum, Artocarpus altilis, entre otras. Presenta un 80 a 90 % de impacto antrópico.

El área impactada representaría un 60 % del área total del sitio, está fuertemente influenciada por actividad antrópica, puesto que incluye un pozo activo, tuberías de oleoducto y su respectivo DDV.

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.8: Mapa de cobertura vegetal del sitio S0109 (Sitio 3).

2.3 Grupos de interés^c (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 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 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 (enfatar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos) - 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.

^c 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 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, - o Eventos de restauración en el área, - o 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/o 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 6.6.10 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
Época húmeda	Mayo - Junio	22
Época seca	Agosto – Setiembre	24
Total entrevistas		61

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

- **Distancias estimadas desde el sitio S0109 (Sitio 3) a la CN José Olaya.**

El sitio S0109 (Sitio 3) se ubica a 11,9 km aprox. del casco comunal de la CN José Olaya. El sitio mencion se encuentra en el Sector 2, teniendo como instalaciones cercanas a la Batería Huayurí.

Cuadro 2-9 Distancia del S0109 (Sitio 3) a la CN José Olaya

Comunidad	Sectores	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (Kilómetros)	Tipo de Recorrido
CN José Olaya	Sector 1	S0109 (Sitio 3)	11,9	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, Antioquia 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.^d

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. 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.

^d 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.

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 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 espaciales. Hoy, la composición de los hogares achuar, así como el tipo de asentamiento en el territorio, es diversa. Mientras algunos achuares viven en comunidades en donde las viviendas están aisladas, otros viven en comunidades nativas densamente nucleadas^e.

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^f.

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 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 recrudece en tanto la cocina es contigua a los

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

^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.

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.

Una particularidad adicional es que en la CN José Olaya, a raíz de la presencia de personal foráneo que llega a alquilar mano de obra a la empresa operadora, 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 es el gas debido a la mayor capacidad adquisitiva de las familias de esta comunidad que cuentan 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 S0109 (Sitio 3) es la misma que desde la comunidad (11,9 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 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 bosque⁹.

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 Institución Educativa N° 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.

⁹ Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar 2006. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

- **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. 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.

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 la CN José Olaya tiene 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).

Fotografía 2-3 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”^h 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 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 usosⁱ.

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.

La población local reconoce que no en todos los sitios existen evidencias de zonas de caza, se precisa que en el S0109 (Sitio 3) no se identificaron evidencias del desarrollo de esta actividad; sin embargo, para los análisis y fines del presente estudio, se consideró la presencia de cazadores esporádicos.

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^j (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también –

^h 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.

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

^j 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

adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 2-4 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, gambi y semilla de asco; plantas que actúan como narcotizantes. La actividad se desarrolla de manera individual o en mingas.

Es la actividad más importante en su aporte a la dieta y nutrición familiar. Las familias consumen diariamente raciones de pescado estimado en 1000 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.

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 se identificaron en el S0109 (Sitio 3) evidencias de quebradas estacionales, para fines de estudio se considera presencia de pescadores esporádicos. Sin embargo, las especies para consumo humano más representativas y que se encuentran en ríos y quebradas de la zona son:

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.

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

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

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 recolectan huevos de taricaya (tortuga). Cabe anotar que no se identificaron en el S0109 (Sitio 3) 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.)^k. 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^l.

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^m.

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

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

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

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.ⁿ. 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 o Posta 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.
- 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^o, 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.
- Trastornos episódicos y paroxísticos^p, 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.

ⁿ 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.

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

^p Los trastornos paroxísticos no epilépticos (TPNE) los forman una serie de episodios de origen cerebral ó 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 CATEGORIAS	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESTINALES	68	1	11	7	-
(A90 - A99) FIEBRES VIRALES TRANSMITIDAS POR ARTROPODOS Y FIEBRES VIRALES HEMORRAGICAS	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 HIPERALIMENTACION	1	-	1	-	-
(E70 - E90) TRASTORNOS METABOLICOS	-	-	-	1	-
(F80 - F89) TRASTORNOS DEL DESARROLLO PSICOLOGICO	2	-	-	-	-
(G40 - G47) TRASTORNOS EPISODICOS Y PAROXISTICOS	4	7	23	14	3
(H10 - H13) TRASTORNOS DE LA CONJUNTIVA	8	1	5	6	-
(H60 - H62) ENFERMEDADES DEL OIDO EXTERNO	-	1	1	-	-
(I10 - I15) ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS	-	-	-	1	-
(J00 - J06) INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	87	8	28	15	3
(J09 - J18) INFLUENZA (GRIPE) Y NEUMONIA	-	-	-	-	1
(J20 - J22) OTRAS INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	32	1	-	-	-
(J30 - J39) OTRAS ENFERMEDADES DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	1	-	-	-	-
(J40 - J47) ENFERMEDADES CRONICAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	-	-	3	2	-
(K00 - K14) ENFERMEDADES DE LA CAVIDAD BUCAL, DE LAS GLANDULAS SALIVALES Y DE LOS MAXILARES	32	4	31	16	-
(K20 - K31) ENFERMEDADES DEL ESOFAGO, DEL ESTOMAGO Y DEL DUODENO	-	-	6	8	1
(K55 - K63) OTRAS ENFERMEDADES DE LOS INTESTINOS	-	-	1	-	-
(K80 - K87) TRASTORNOS DE LA VESICULA BILIAR, DE LAS VIAS BILIARES Y DEL PANCREAS	1	-	-	-	2
(L00 - L08) INFECCIONES DE LA PIEL Y DEL TEJIDO SUBCUTANEO	6	2	2	10	-
(L20 - L30) DERMATITIS Y ECZEMA	1	-	1	-	-
(L60 - L75) TRASTORNOS DE LAS FANERAS	1	-	1	-	-
(M00 - M25) ARTROPATIAS	2	1	7	10	1
(M40 - M54) DORSOPATIAS	-	-	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 ORGANOS PELVICOS 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 OBSTETRICAS NO CLASIFICADAS EN OTRA PARTE	-	-	5	1	-
(R10 - R19) SINTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN EL SISTEMA DIGESTIVO Y EL ABDOMEN	3	14	9	6	-
(R50 - R69) SINTOMAS 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 REGION 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 destacar que la población mestiza ha llegado a establecerse en un número importante la CN José Olaya, 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 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 CN 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.

Es importante indicar 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 Antioquía donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud.

Grupos de Interés

El sitio S0109 (Sitio 3) 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 2-14 se encuentra información sobre el reconocimiento y la titulación de la comunidad. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.9: Mapa de comunidades cercanas al sitio S0109 (Sitio 3).

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 José Olaya motivados por mejorar su situación económica, abandonando el lugar en la década de los 70.

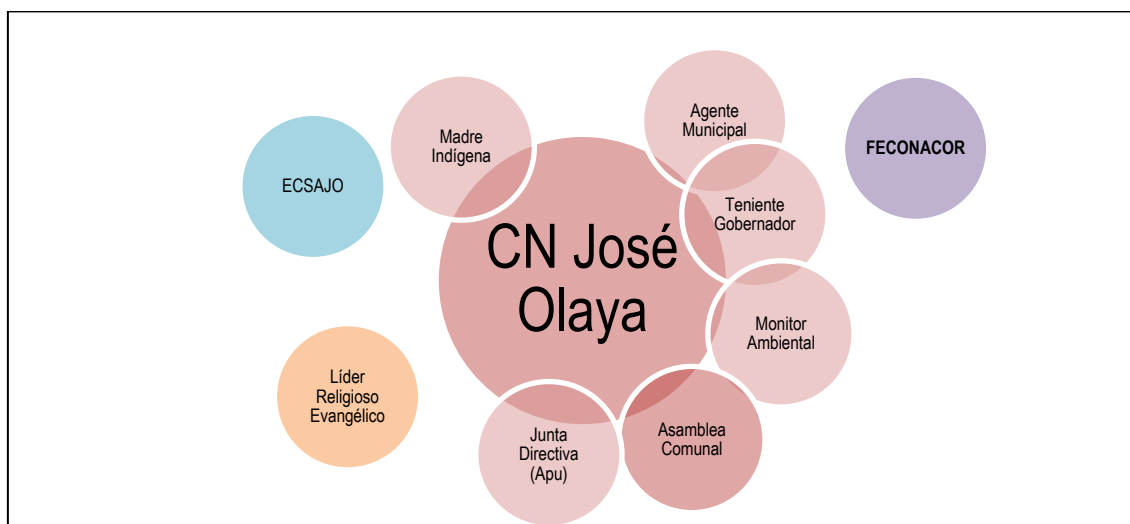
A continuación, un extracto de la historia comunal recogida por el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Perforación de 1 Pozo Exploratorio, 2 Pozos de Desarrollo y Facilidades de Producción en el Yacimiento Carmen - Lote 1AB elaborado por Walsh Perú S.A en noviembre del 2006:

“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, pajujiles, 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 02 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”^q

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.^r

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 sitio S0109 - Sitio 3).
- Autoridades consuetudinarias: Apu / Junta Directiva Comunal.

^q 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.

^r 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.

- 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. 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 encuentra 14 comunidades según Asamblea realizada el 4, 5 y 6 de agosto de 2017 en la comunidad nativa Pampa Hermosa^s. 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 Sr. 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

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

- 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.

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 con 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 señor 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 de 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 Dorissat 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.

^t 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.

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^u 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.^v

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

- Eval Salas García
- Natanael Sandi Chimborás
- Javier Díaz Chimborás
- César Piñola Llaja
- 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^w, 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:

^u Organización histórica, previa a FECONACOR.

^v 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.

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

- 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
- 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 S0109 (Sitio 3). Las fuentes de información provienen de 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 de estudio

Tipo de documento	Descripción
Documento Técnico N.º 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 192 (Ex 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-Jíbarito Lote 192 (Ex 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 192 (Ex 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, Jíbarito 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.º 008-2013-ANA-DGCRH/CGEL	Resultados del monitoreo de la calidad de agua superficial y sedimentos de la cuenca corrientes en el Lote 192 (Ex Lote 1 AB).
Reporte Público del monitoreo realizado en CC.NN. 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 de estudio

Tipo de documento	Descripción
Informe N.° 350-2013-OEFA/DE-SDCA	Evaluación ambiental de calidad de suelos en el Lote 192 (Ex 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 192 (Ex 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 192 (Ex 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 Marañón, 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. FONAM.
Informe N.° 201-2016-OEFA/DE-SDCA	Informe de reconocimiento de sitios con residuos metálicos durante el monitoreo ambiental participativo en el Lote 192 (Ex Lote 1 AB), realizado del 7 al 24 de agosto de 2016, en los distritos de Andoas, Trompeteros y Tigre, provincias de Datem de Marañón 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 Lote 192 (Ex Lote 1 AB) 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 en el sitio S0109 (Sitio 3), 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.

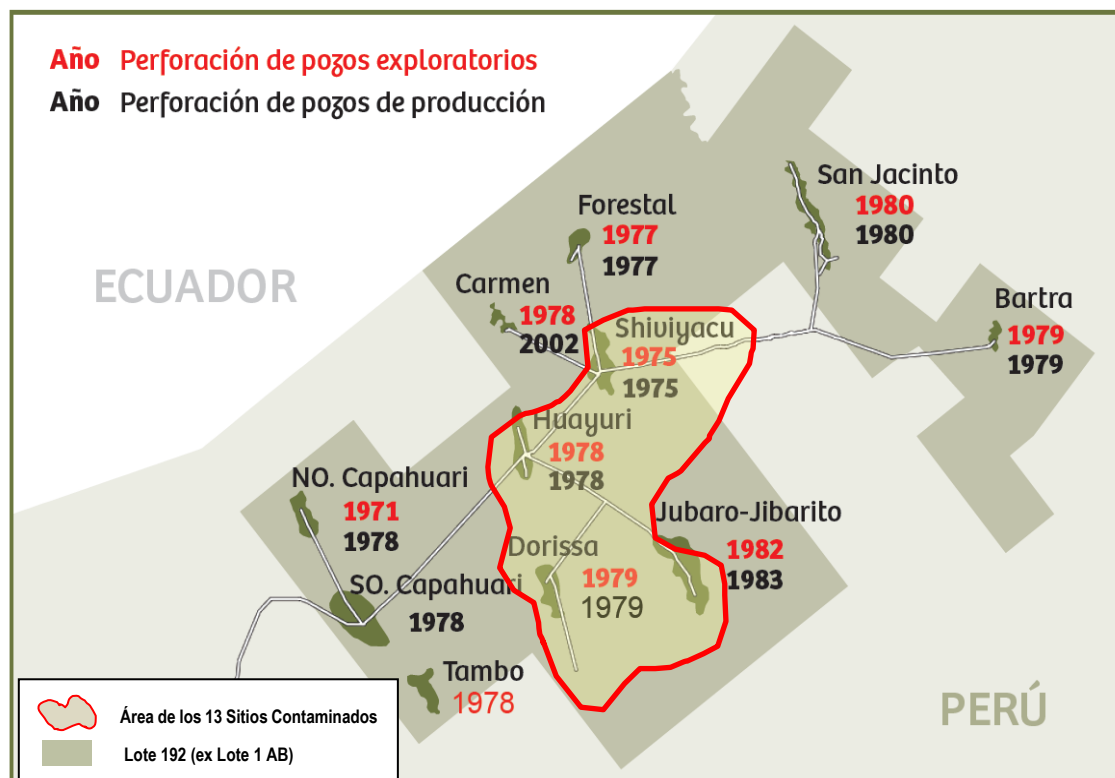
Paralelo a ello, se suscribió un contrato con Union Oil and Gas Group LTD. por el Lote 1B de 479 265 ha de extensión, el cual descubre reservas de crudo con la perforación de su primer pozo Jíbaro (los descubrimientos continuaron hasta 1989). El éxito obtenido fue tal, que conllevó a la perforación de 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 la Comunidad Nativa Nuevo Andoas hacia a la estación de bombeo N.º 5, en el río Morona (oeste del Lote 192 (Ex Lote 1 AB)).

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. Modificado por JCI-HGE.

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 al año siguiente (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 S0109 (Sitio 3) se detalla en el Cuadro 3-1).

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, Jíbaro, Jibarito, Shiviayacu, Shiviayacu Sureste, Shiviayacu 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 OPCI se fusionó con Occidental Peruana Inc. Sucursal del Perú (en adelante OXY); asumiendo esta última todos los derechos y obligaciones de la OPCI. 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.º 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, Shiviayacu, 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.º 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.º 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 (Ex Lote 1 AB); 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.º 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 (Ex Lote 1 AB) 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.º 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/DFSAI 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 Marañón, realizó una visita al Lote 192 (Ex Lote 1 AB) a fin de verificar las áreas afectadas con hidrocarburos de acuerdo a lo denunciado por dichas comunidades; por lo cual, mediante Resolución Suprema N.º 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 Marañón” 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 Marañón dentro del área de influencia del Lote 192 (ex lote 1AB).

En marzo de 2013, el MINAM mediante Resolución Ministerial N.º 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.º 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 operadas por PPN.

El 7 de mayo de 2015 se publica la Ley N.º 30321 que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental (la Ley N.º 30321 es un punto de acuerdo en suscrito en el Acta de Lima del 10 de marzo de 2015), 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.º 30321 mediante Decreto Supremos N.º 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 afectados, conforme a los acuerdos establecidos entre diciembre de 2015 y marzo de 2016. Conforme a ello, mediante Carta N.º 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 S0109 (Sitio 3)

El sitio S0109 (Sitio 3) se ubica en el campo Huayurí en el kilómetro 54 de la vía a Huayurí y bordeado por el río Huayurí. Este sitio se relaciona directamente con la Batería Huayurí, los pozos petroleros HUYS-12D, HUYS-13D y HUIS-14D y el sistema de ductos circundante.

Las actividades de extracción de hidrocarburos en el sitio S0109 (Sitio 3) datan del año 1978 con la perforación de pozos exploratorios y de producción en el yacimiento Huayurí. En 1984 la producción fue de 57 057 bdp/día, con 122 pozos activos en 14 campo, incluyendo el campo Huayurí.

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. En abril de 2005, el MINEM aprobó el Plan Ambiental

Complementario (PAC) 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.

En el año 2013 OEFA, realizó dos (2) campañas de evaluación ambiental de calidad de suelos e identificación de sitios afectados en el Lote 192 (Ex Lote 1-AB), correspondiente a la Cuenca Corrientes, en ambas campañas los puntos de muestreo y los sitios afectados fueron identificados tanto dentro del área comprendida por el PAC (área PAC), como fuera de ella (área NO PAC). De dichas evaluaciones se tiene que el sitio S0109 (Sitio 3) se ubica en área NO PAC. El esfuerzo de muestreo de suelos, en superficie del sitio S0109 (Sitio 3), se detalla a continuación:

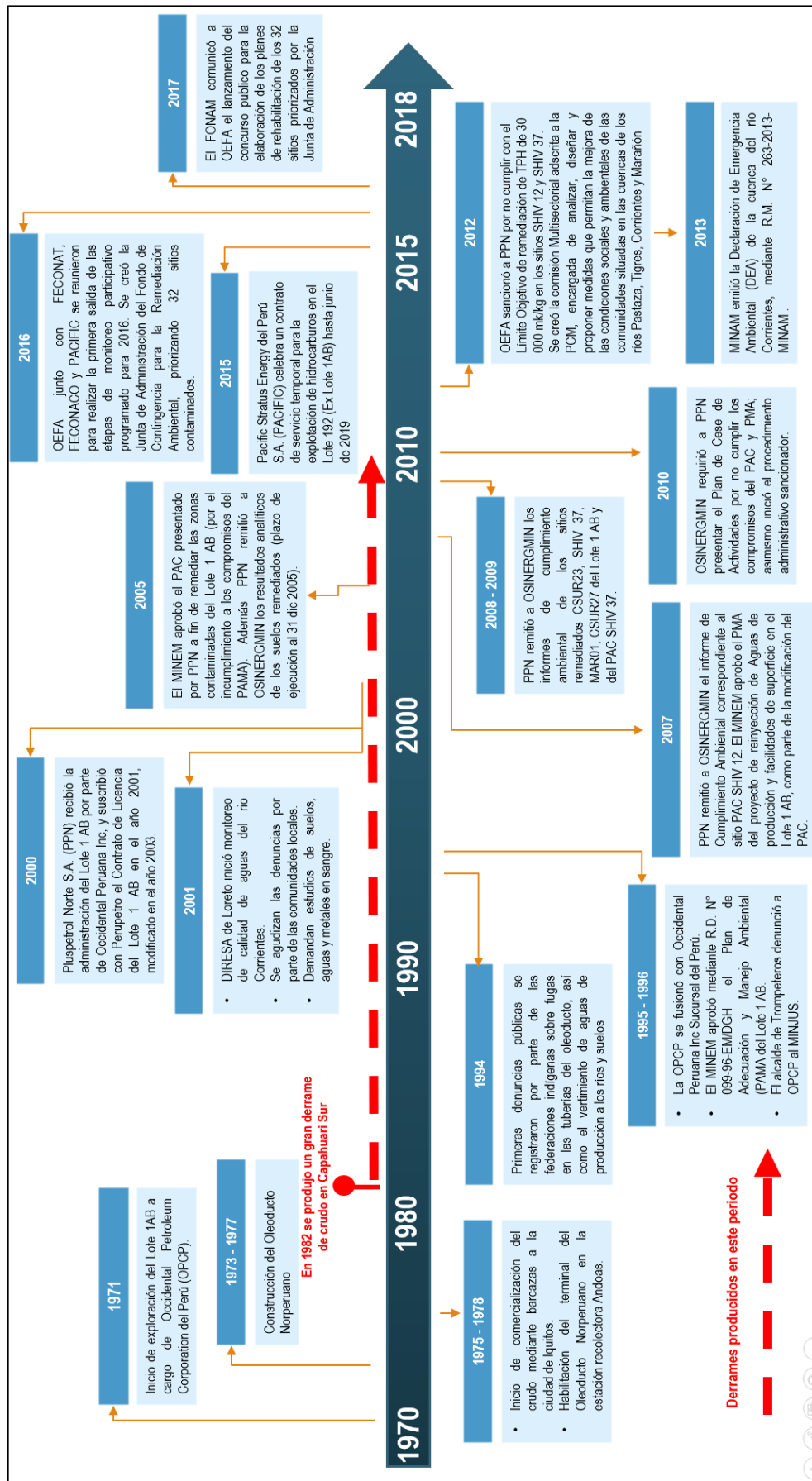
- La primera campaña se desarrolló del 23 de abril al 2 de mayo de 2013, conforme al Informe N° 350-2013-OEFA/DE-SDCA el esfuerzo de muestreo fue de dos (2) muestras.
- La segunda campaña se desarrolló del 25 de noviembre al 3 de diciembre de 2013, conforme al Informe N.° 121-2014-OEFA/DE-SDCA, el esfuerzo de muestreo fue de una (1) muestra.

En el Cuadro 3-2 se presenta un resumen de los resultados de los estudios consultados para el sitio S0109 (Sitio 3), incluyendo el OEFA, Pluspetrol y ANA.

El 6 de abril del 2016 el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería-OSINERGMIN remite el Informe N° 421-2016-OS/DSHL respecto a derrames y fugas ocurridos en el Lote 192 (ex Lote 1-AB) y en el Lote 8 en los últimos veinte (20) años. Del total de 95 eventos reportados en el Lote 192, diez (10) ocurrieron en el yacimiento Huayurí, existiendo una posible relación con el sitio S0109 (Sitio 3) por el tipo de evento (derrames de petróleo crudo, fluido de producción, diésel, mezcla de agua y petróleo, entre otros) y la magnitud de estos. En la Figura 3-2 se presenta la evolución cronológica de los posibles eventos relacionados al sitio S0109 (Sitio 3) y en la Figura 3-3 se ilustra la línea de tiempo para el sitio S0109 (Sitio 3).

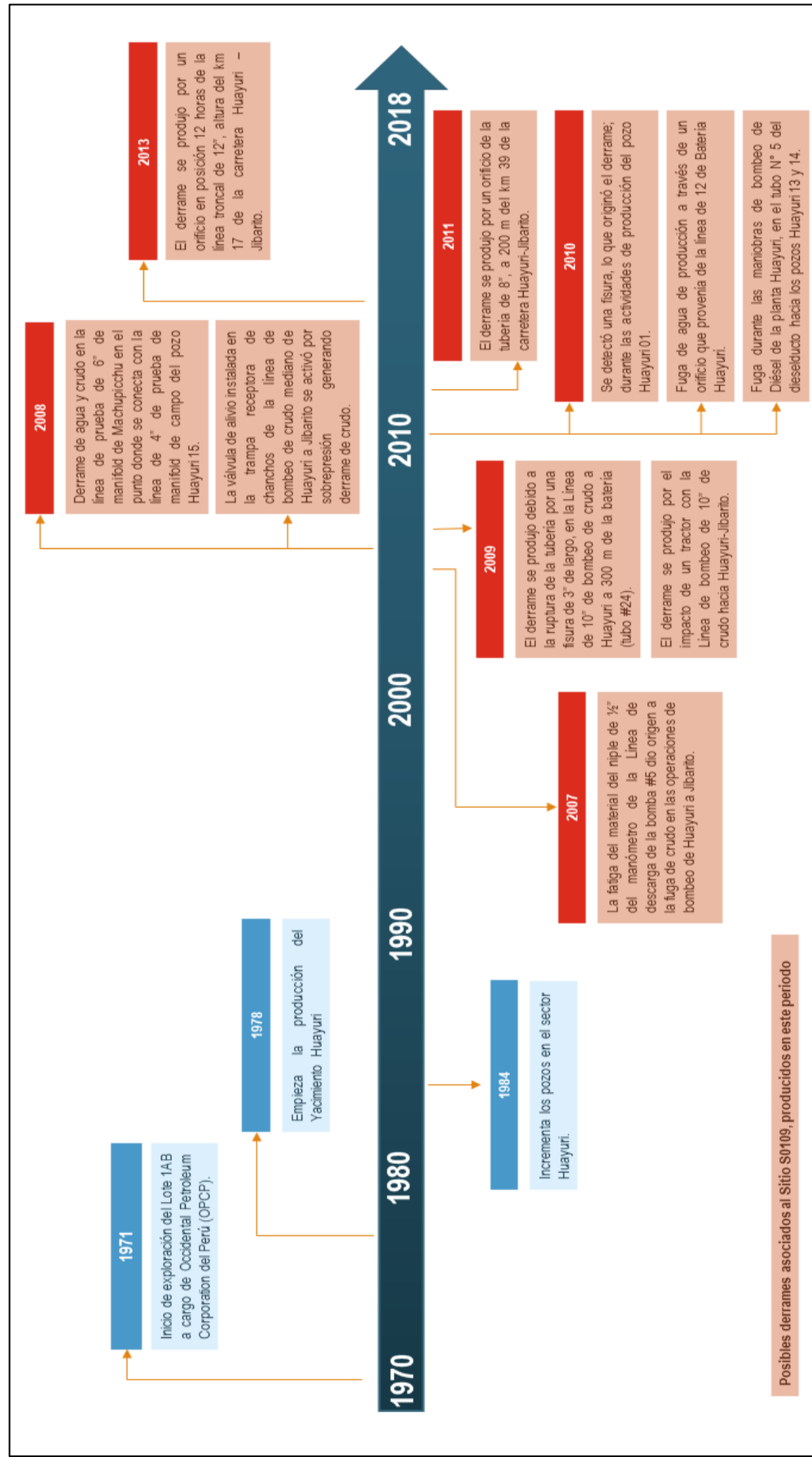
Además, OEFA del 26 de enero al 9 de febrero de 2017, a solicitud del FONAM realizó el acompañamiento en el reconocimiento de los sitios impactados y botaderos identificados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre. En el reporte de campo CUC N° 0001-01-2017-22 describen que el sitio S0109 (Sitio 3) está ubicado en un aguajal con cobertura vegetal tipo chala, por encima cruza el oleoducto; además, en el entorno de aguajal observaron vegetación (arbustos y árboles).

Figura 3-2 Evolución cronológica de los usos y ocupación del Lote 192



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

Figura 3-3 Evolución cronológica de eventos relacionados al sitio S0109 (Sitio 3)



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

Cuadro 3-2 Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0109 (Sitio 3)

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)				
S0109 (Sitio 3)	384 657	9 699 087	Primera Campaña: S-02 y S-03	Primera Campaña: suelo a 200 m noroeste del pozo 12, a 115 m aprox.; y suelo a 210 m aprox. al noroeste del pozo 12 / Se encontraron excedencias de hidrocarburos F2 y F3.	No se tiene datos	No se tiene datos
	384 640	9 699 056	Segunda Campaña: S-03	Segunda Campaña: suelo a 210 m aprox. al noroeste del pozo 12, a 115 m aprox. del sitio PAC Huay 06 / Se encontró excedencias de PAHs.		

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

Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0109 (Sitio 3)

N°	Fecha	Lugar	Sustancia	Descripción
1	07/03/07	Línea de descarga de 4 pulg de la bomba #5 de despacho de crudo mediano de Huayurí a Jibarito	Petróleo	La fatiga del material del niple de 1/2" del manómetro de la línea dio origen a la fuga de crudo en las operaciones de bombeo. Las áreas afectadas fueron la plataforma de concreto del área de bombas, un terreno cubierto de maleza, la canaleta interna y perimetral, y canal de agua de lluvia. No hubo afectación a la quebrada Huayurí.
2	01/05/08	Huayurí	Agua y petróleo	Se detectó en la línea de prueba de 6" de manifold de Machupicchu en el punto donde se conecta con la línea de 4" de prueba de manifold de campo del pozo Huayurí 15, el cual había fallado la soldadura y parte de la producción del pozo había salido por esta falla.
3	24/05/08	Trampa receptora de chanchos – km 38 de la carretera Huayurí Jibarito	Crudo	La válvula de alivio instalada en la trampa receptora de chanchos de la línea de bombeo de crudo mediano de Huayurí a Jibarito se activó por sobrepresión, el hidrocarburo cayó sobre la loza de cemento de la trampa de chanchos y discurrió sobre el derecho de vía de las tuberías.
4	09/01/09	Línea de 10" de bombeo de crudo a Huayurí a 300 m de la batería (tubo #24)	Petróleo crudo	El derrame se produjo debido a la ruptura de la tubería por una fisura de 3" de largo, posible corrosión externa de la tubería.
5	17/03/09	Línea de bombeo de 10" de crudo hacia Huayurí-Jibarito	Petróleo crudo	El derrame se produjo por el impacto de un tractor en el área el cual se encontraba rehabilitando el acceso al derecho de vía de la línea de alta tensión.
6	04/04/10	Línea de flujo del pozo Huayurí 01-JT148	Fluido de producción	Se detectó una fisura en el tubo 148 en posición 6 horas lo que originó el derrame; mientras se realizaba las actividades de producción del pozo Huayurí 01.
7	13/05/10	Batería Huayurí	Agua de producción	Se percató la fuga de agua a través de un orificio que provenía de la línea de 12", mientras se realizaba la inyección de agua por la línea de reinyección.
8	06/11/10	Línea de 4" de Diesel para pozos Huayurí 13 y 14	Diesel	Durante las maniobras de bombeo de Diesel de la planta Huayurí, se detectó una fuga en el tubo N.º 5 del dieselucto hacia los pozos Huayurí 13 y 14.

Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0109 (Sitio 3)

N°	Fecha	Lugar	Sustancia	Descripción
9	21/06/11	A 145 m del cruce de tubería en el km 39+700 de la carretera Huayurí-Jibarito	Crudo liviano	El derrame se produjo por un orificio ubicado en la posición 6:00 de la tubería de 8", a 200 m del km 39. El crudo alcanzó un canal natural de drenaje pluvial hasta el km 42.5.
10	16/03/13	Altura del km 17 de la carretera Huayurí – Jibarito	Petróleo crudo	El derrame se produjo por un orificio en posición 12 horas de la línea troncal de 12".

Fuente: Informe N° 421-2016-OS/DSHL.

3.2 Uso actual del área

El sitio S0109 (Sitio 3) 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. El sitio S0109 (Sitio 3) se encuentra aledaño al área de operaciones de los pozos HUYS 13 D, HUYS 12D y HUYS 14D, así como las tuberías que llevan el hidrocarburo hacia la Batería Huayurí.

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 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. Ver Anexo 6.3 Mapa 6.3.1: Mapa de ubicación del sitio S0109 (Sitio 3).

Es importante mencionar, que gran parte del área del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas, por donde transita libremente ejemplares de la fauna local (ej. *Cuniculus sp* “majaz”, *Panthera onca*: “otorongo”), por lo que se infiere que existe un potencial uso de este ecosistema por los recursos que provee (alimentos, agua, lugares de descanso, etc.).

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 remediación del sitio S0109 (Sitio 3), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando 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 0,05 ha).

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 del sitio

El entorno del sitio se caracteriza por presentar instalaciones industriales en los alrededores destinadas al procesamiento y/o transporte de petróleo: los pozos HUYS 13 D, HUYS 12D y HUYS 14D.

No se observa en imágenes históricas (año 1970) otras fuentes asociadas de contaminación para el sitio S0109 (Sitio 3), sin embargo, es importante recalcar que la imagen disponible en Google Earth para esta fecha, no cuenta con una óptima resolución, como se observa en la Figura 3-4.

Figura 3-4 Imagen histórica del sitio S0109 (Sitio 3)



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

Figura 3-5 Imagen actual del sitio S0109 (Sitio 3)



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

3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno del sitio

En el entorno del sitio no se encontraron focos potenciales de contaminación, ni en las zonas cercanas a los pozos HUYS 13D, HUYS 12D y HUYS 14 D que se encuentran ubicados aproximadamente a 100 m.

3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio

Durante la fase de relevamiento, se identificaron fuentes potenciales de contaminación, relacionadas con las tuberías asociadas a los pozos HUYS 13 D, HUYS 12D y HUYS 14D.

Cuadro 3-4 Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0109 (Sitio 3)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción	Evidencias
	Este (m)	Norte (m)			
Tuberías asociadas a los pozos HUYS 13D, HUYS 12D y HUYS 14 D	363 579	9 710 670	Activo	Foto 1	Relevamiento en campo

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

Fotografía 3-1 Infraestructura cercana al sitio S0109 (Sitio 3)



Foto 1. Sistema de tuberías asociadas a los pozos HUYS 13D, HUYS 12 D, HUYS 14 D (vista desde los pozos).

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

3.3.4 Focos potenciales de contaminación dentro del sitio

Durante la fase de relevamiento del sitio, realizada el día 22 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 focos de potencial contaminación.

Cuadro 3-5 Evidencias de contaminación sitio S0109 (Sitio 3)

N.º	Contaminante/Evidencia	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)
1	Evidencia superficial de hidrocarburos y olor en suelos (sondeo) (Medio evidenciado: Suelo)	363 588	9 710 648
2	Quebrada- afloramiento de derrame (Medio evidenciado: Agua superficial)	36 3528	9 710 982
3	Evidencia de derrame en suelos por ruptura de tuberías (Medio evidenciado: Suelo)	363 549	9 710 477

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

Fotografía 3-2 Evidencias encontradas en el Sitio S0109 (Sitio 3)**Foto 1.** Restos de hidrocarburos meteorizados**Foto 2.** Quebrada- afloramiento de derrame**Foto 3.** Evidencia de derrame en suelos por ruptura de tuberías

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

Foco potencial de contaminación	Vías de propagación y exposición relevante	Sustancias relevantes	Receptores
Evidencia superficial de hidrocarburos y olor en suelos (sondeo) (Medio: Suelo)	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulan en el sector - Receptores ecológicos
Quebrada-afloramiento de derrame (Medio: agua superficial)	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulan en el sector - Receptores ecológicos
Evidencia de derrame en suelos por ruptura de tuberías (Medio: Suelo)	- Suelo: contacto directo - Agua subterránea: disolución y dispersión - Agua superficial: dispersión superficial	HTP (F1, F2, F3) – BTEX – HAPs – metales	- Trabajadores y personas que circulan en el sector - Receptores ecológicos

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

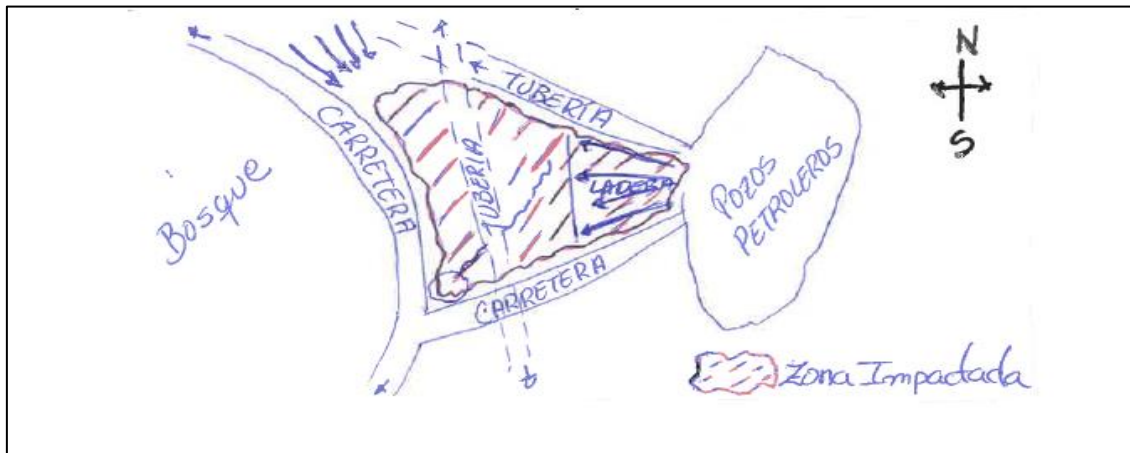
3.4 Fuentes de contaminación asociadas a fugas, derrames visibles, zonas de tanques de combustibles, insumos químicos, pozos, tuberías, pozas de lodos petroleros áreas de almacenamiento de sustancias, residuos y otras fuentes, productos de las actividades de hidrocarburos; e identificación de aspectos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

Durante las labores en campo para el reconocimiento del sitio se identificó instalaciones asociadas los pozos HUYS 13 D, HUYS 12D y HUYS 14D, así como las tuberías que llevan el hidrocarburo hacia la Batería Huayurí.

De igual forma, teniendo en cuenta las declaraciones de los monitores ambientales y los comuneros locales, se tiene conocimiento de la existencia de un derrame proveniente de la tubería asociada a los pozos HUYS 13 D, HUYS 12D y HUYS 14D que estuvo dañada por corrosión y se rompió provocando un derrame de crudo con afectación de 1 ha. En la época de operaciones de PPN, se realizó un tratamiento al área con cobertura de tierra y siembra de algunos árboles.

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 S0109 (Sitio 3)



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 de estudio se ejecutó en dos campañas de muestreo: la primera fue llevada entre los meses de mayo a julio el 2018, y la segunda se desarrolló durante el mes de setiembre 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 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 inicial de contaminación: En base a la fase de reconocimiento, se identificó las áreas fuente, áreas de transporte, área de validación y el área potencialmente impactada.
- Elaboración del plan de muestreo: Durante esta etapa se elaboró el plan de muestreo del sitio contemplando dos campañas de muestreo:
 - 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 potencialmente impactada, asimismo se contempló la toma de muestras de agua superficial y sedimentos, agua subterránea y caracterización biológica con el objeto de validar el modelo conceptual inicialmente planteado.
 - 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 I (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, y en los casos de existencia quebradas cercanas se optó por conveniente la toma de muestras adicionales de agua superficial y sedimentos.

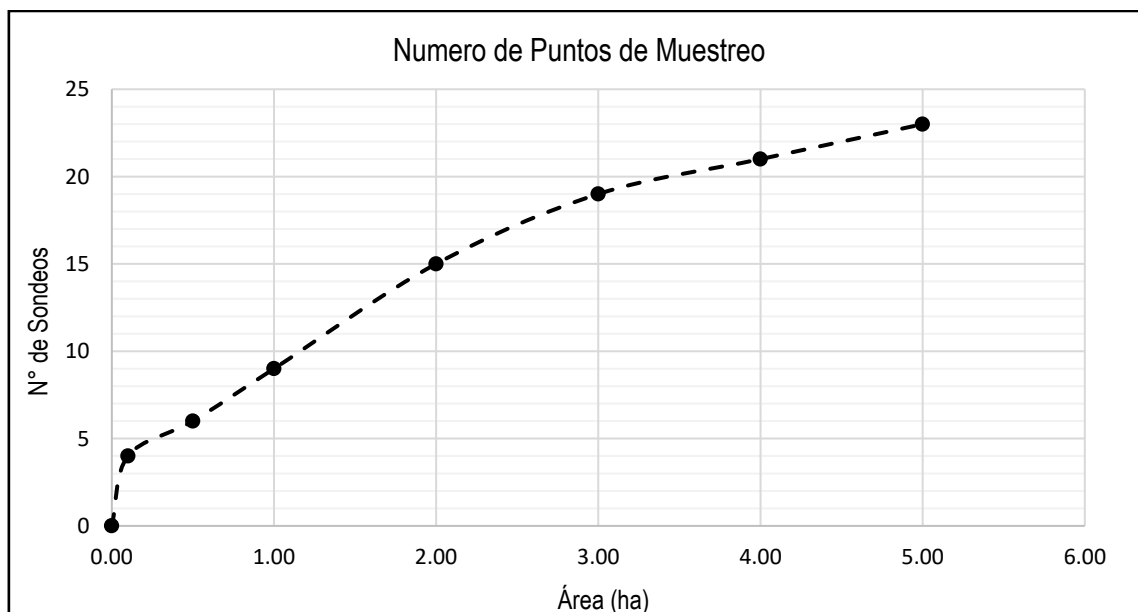
Los criterios o lineamientos para la toma de muestras en las diferentes matrices ambientales se detallan a continuación:

3.5.1.1 Muestreo de suelos

La localización, distribución y número de puntos de muestreo se estableció para el sitio S0109 (Sitio 3), 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 (RM 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 el 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.º 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.º 5 de la Guía para el Muestreo de Suelos

De lo anterior se derivan los siguientes resultados:

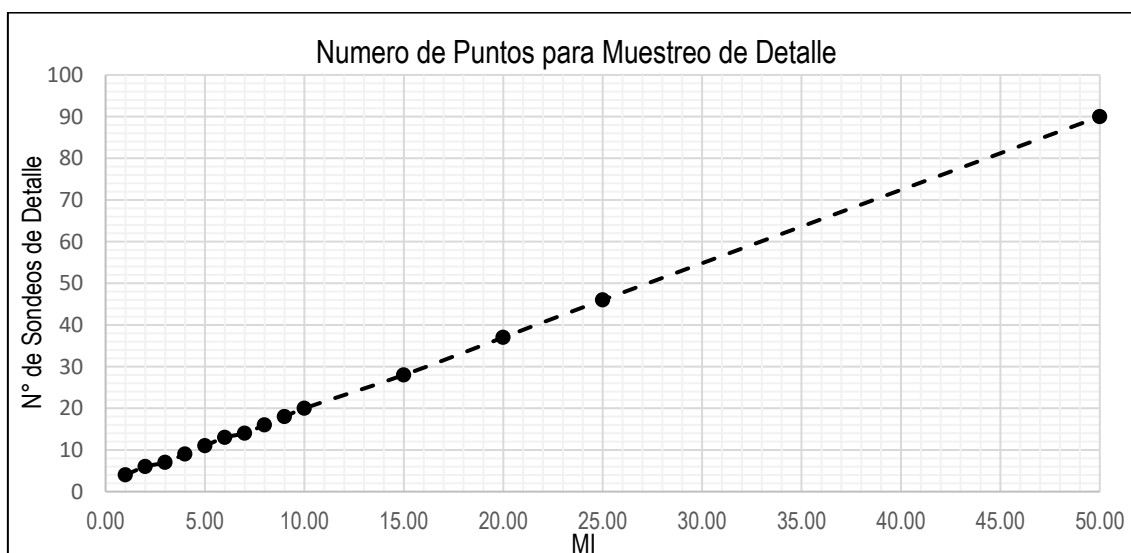
Cuadro 3-7 Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: primera época

Sitio - Código OEFA	Área (ha)	Número de puntos de muestreo
S0109 (Sitio 3)	0,8	8

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

De igual forma se empleó la Tabla N.º 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.º 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
S0109 (Sitio 3)	0,8	8	16	16	Se tomó en consideración el número de sondeos establecido en la Guía para el Muestreo de Suelos.

Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. Adaptado de la Tabla N.º 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. Así mismo, 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 de preocupación, asimismo sondeos manuales adicionales 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
S0109 (Sitio 3)	0,8	6	Sondeo complementario para evaluar la extensión del polígono.
		4	Sondeo complementario para evaluar las excedencias 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 época), también se realizó 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 épocas (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) fue obtenida del nivel freático de los mismos, a una profundidad no mayor de 2 m.

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 épocas: 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, 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 realizó un análisis de 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

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 se utilizaron 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 S0109 (Sitio 3) se realizaron hasta alcanzar la profundidad de 2,0 mbns y sirvieron básicamente para delimitar la extensión horizontal de la afectación y verificar la relación suelo-agua subterránea. En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

Fotografía 3-3 Muestreo de suelos con sondeo manual - sitio S0109 (Sitio 3)



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

- **Sondeo con equipo:** El método de sondeo con equipo permite obtener una muestra de suelo representativa. Operativamente, el método de sondeo con equipo consiste en la hincia 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 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 2.5 a 4 mbns.

Este método fue utilizado mayormente para delimitar verticalmente la afectación. En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

Fotografía 3-4 Muestreo de suelos con equipo - sitio S0109 (Sitio 3)



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

- **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 isobutileno, 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 del COVs

Intervalo profundidad (m)	Número de Lecturas de PID por estrato	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 <i>in situ</i> .
0,5 - 1	1	
1 - 5	1	
5 - 6	N (se determinó en campo)	

N: Número variable de acuerdo con consideraciones en campo.

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

En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

3.5.2.2 Geofísica

A. 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.

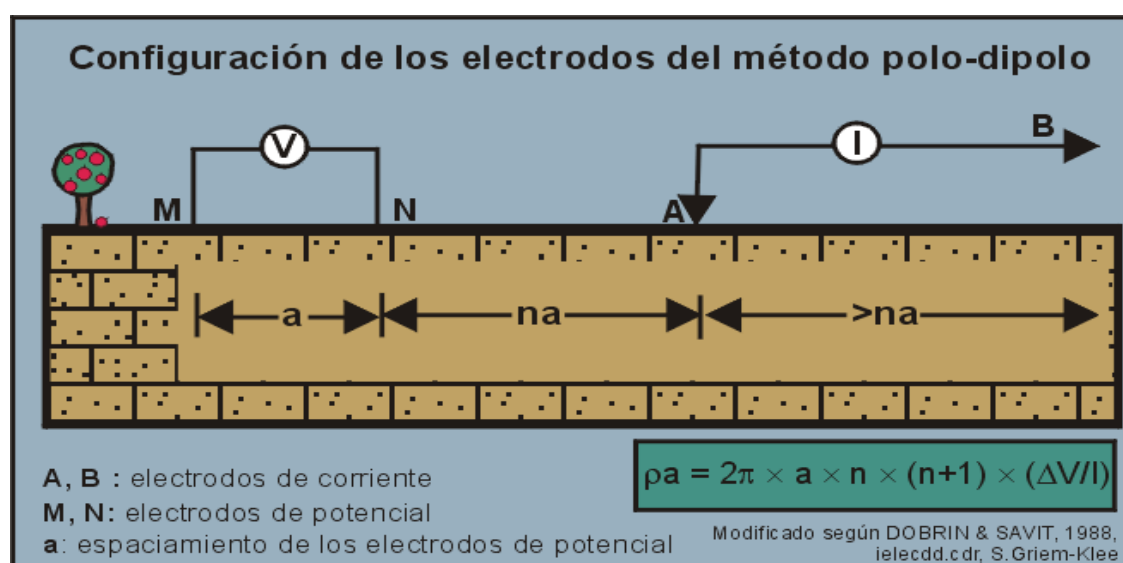
Todas las técnicas geofísicas intentan distinguir o reconocer la litología geológica que se encuentran en profundidad mediante algún parámetro físico, así por ejemplo en el método de los perfiles de tomografía eléctrica (ERT) son, actualmente, los más utilizados dentro de la prospección eléctrica.

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.

En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

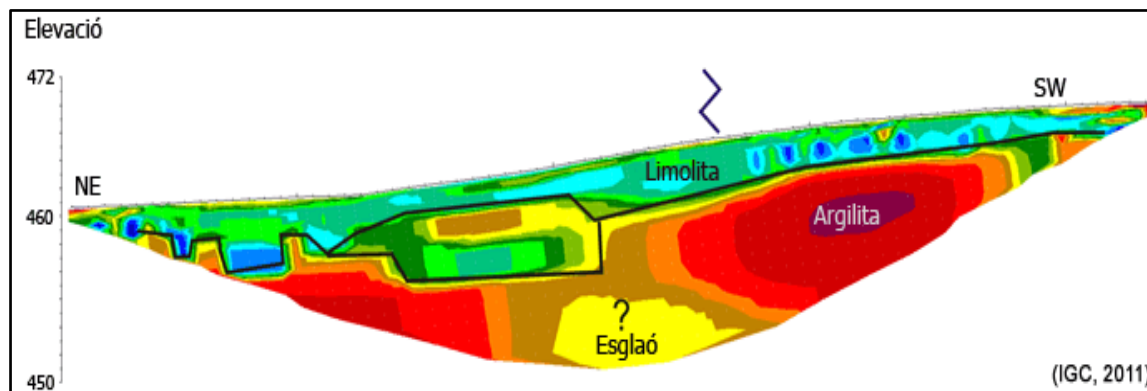
Figura 3-9 Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo



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 3-10 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 favorable para perforación e instalación de los piezómetros y estimar la profundidad de la capa impermeable.

En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se presenta las planillas de campo de agua superficial y sedimentos.

Fotografía 3-5 Instalación de los equipos de tomografía eléctrica



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

3.5.2.3 Muestreo de aguas subterráneas

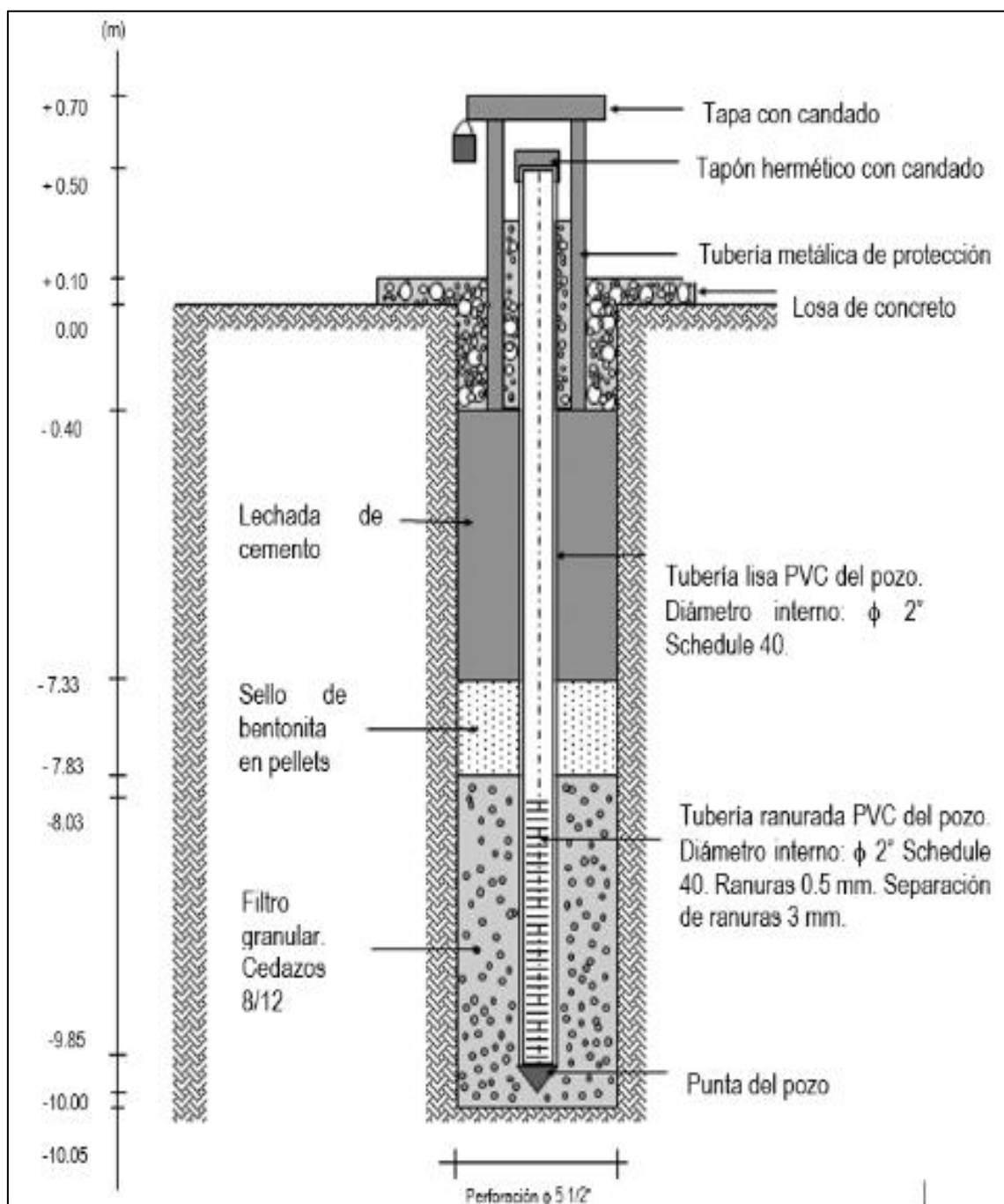
El muestreo de agua subterránea contempló las siguientes actividades:

- **Construcción de piezómetros:** Los piezómetros fueron construidos con sondeo manual, usando una cuchara cerrada o abierta (tipo holandés) de 4" (dependiendo del tipo de suelo).

Para determinar la profundidad del piezómetro para este sitio, se tuvo en cuenta los resultados de la tomografía y los criterios del especialista en campo.

Durante el proceso sondeo manual, se realizó la descripción litológica 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 3-11 se describe los detalles constructivos que siguieron los piezómetros de monitoreo y las especificaciones de los materiales.

Figura 3-11 Detalles constructivos típicos de terminación de pozos



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

Asimismo, se presenta el proceso de construcción de los piezómetros de monitoreo realizados en campo durante sus diferentes fases de construcción.

En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

Fotografía 3-6 Construcción de piezómetros - sitio S0109 (Sitio 3)

	
Sondeo manual para la construcción de piezómetros (Foto referencial para el sitio)	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 subterránea captada por cada pozo sea representativa, se procedió a realizar la limpieza y desarrollo del pozo, esta labor se ejecutó mediante la extracción del agua con el uso de bailers. El monitoreo del nivel freático del agua subterránea se utilizó una sonda eléctrica (Water level meter). En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se presenta los registros de purga de los piezómetros.

Fotografía 3-7 Desarrollo de piezómetros - sitio S0109 (Sitio 3)

	
Medición del nivel freático en el piezómetro (Foto referencial para el sitio)	Purgado del piezómetro
	
Medición de parámetros <i>in situ</i>	Muestreo de agua subterránea

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

3.5.2.4 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. Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se encuentran las planillas de campo de agua superficial y sedimentos.

Fotografía 3-8 Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0109 (Sitio 3)



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: Las principales unidades de vegetación encontradas fueron: Bosque de terraza inundable (Bt-i), Bosque de colinas bajas (Bcb) y áreas intervenidas (Botaderos) de origen. Cada una de estas formaciones corresponde a una unidad de vegetación y, en todas ellas se establecieron las estaciones muestrales para la evaluación biológica.

En el área del Proyecto se establecieron treinta y cinco (35) EM durante la primera época. Cada estación de muestreo presentó un número determinado de unidades muestrales (transectos). Respecto a la unidad muestral (esfuerzo de muestreo) considerada, ésta fue de uno (1) transecto de evaluación para fauna y un transecto de evaluación para flora.

En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se presenta los registros de muestreo de flora y fauna.

• Etapa de campo

Las evaluaciones se realizaron en los transectos de evaluación correspondientes a las unidades de vegetación identificadas, focalizando las zonas con características óptimas para la presencia de especies susceptibles a uso. En cada estación 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. La metodología de estudio se describe en el siguiente acápite.

A. Vegetación

Las metodologías consideradas fueron:

- 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 (MINAM, 2015).
- Determinación de la localización de especies específicas: La búsqueda intensiva de especies susceptibles a ser utilizados, 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 (MINAM, 2015) ^{1x}.

B. Mamíferos

La metodología considerada, consistió en la siguiente:

Para la evaluación de los mamíferos, se tomaron 4 transectos de muestreo distribuidas en las dos zonas de estudio.

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.

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. El esfuerzo total de muestreo fue de 7 km en la primera época. 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).

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,

^x Guía de Inventario de Flora y Vegetación (MINAM, 2015)

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 recabó 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 reportada.

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^y).
- 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.

^y MINAM, 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: placton, perifiton, bentos, y necton en aguas continentales del Perú.

por punto de muestreo y transecto y fijadas con alcohol al 70 % para su posterior separación e identificación de los organismos. (MINAM, 2014).

- d) **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).
- e) **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 un análisis en laboratorio; otra parte de la muestra eventualmente fue devuelta al natural. (MINAM, 2014). Se tomará asimismo un individuo por especie colectada para ser preservadas de manera adecuada: los peces menudos (en alcohol al 70 %) y mayores de 7 cm (LT) empleando una solución de formol (al 10 %); otra parte de la muestra eventualmente podría ser devueltas al medio natural. (MINAM, 2014).

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.5 y 6.4.6: Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0109 (Sitio 3)-época húmeda y seca.

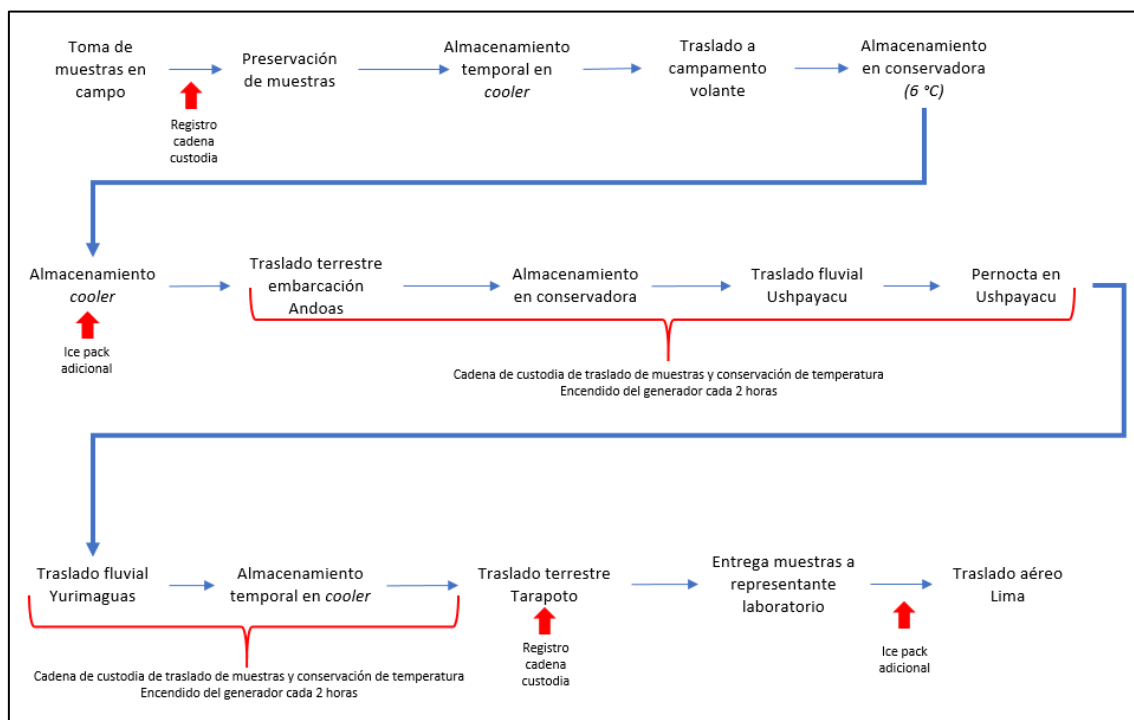
3.5.3 Materiales y aspectos logísticos.

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 (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.

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 las mismas.

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.


 NELLA ARZUAGA
 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 desionizada 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. Se duplicó el 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 (no hubo necton), vegetación y fauna (análisis cualitativo). Los cuales fueron recolectados en la época húmeda y época seca respectivamente, en este sitio no hubo recolección de peces por no tener una quebrada cercana con las condiciones adecuadas.

En el Anexo 6.4 se presenta los Mapas con la ubicación de los puntos de muestreo (suelo, agua, sedimentos, u otros del plan de muestreo de detalle) por época húmeda y seca. El Anexo 6.5 se refiere a la Documentación del muestreo de detalle, el Anexo 6.7 se presenta la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización), y en el Anexo 6.10 está dedicado a los informes de ensayos de laboratorio.

3.6.1 Resultados de campo (época húmeda)

Se tomaron muestras para distintos medios (suelos, sedimentos, aguas e hidrobiología (no hubo necton)), cuyas cantidades se mencionan en los siguientes acápite 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 manuales y muestras duplicadas), sedimentos, agua superficial, agua subterránea, flora y fauna, hidrobiología (no hubo necton). También se captaron 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 anteriores (3.5.2 Descripción del trabajo de campo). Como 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 doce (12) sondeos manuales de 1,2 metros de profundidad en esta época. Paralelamente se realizó la medición del VOC mediante el PID para cada muestra tomada *in situ*. Los valores registrados por el PID ayudaron al especialista a definir la toma de muestra tal como indica el procedimiento de muestreo en el ítem 3.5.2 Descripción del trabajo de campo.

En el Cuadro 3-11 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados en el área de evaluación y la medición del VOC.

Cuadro 3-11 Ubicación de sondeos manuales

Código de muestra	Prof. de muestreo (mbns)	Coordenada UTM WGS84 (Zona 18)		Fecha de muestreo	Evidencia Física/Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0109-S001	0,9	363 707	9 710 541	21/06/2018	Si	12,3
S0109-S002	0,6	363 535	9 710 667	21/06/2018	No	0
S0109-S003	0,9	363 660	9 710 598	21/06/2018	No	0
S0109-S004	1,2	363 621	9 710 606	21/06/2018	No	0
S0109-S005	0,9	363 550	9 710 659	21/06/2018	Si	97,7
S0109-S006	0,3	363 575	9 710 633	21/06/2018	Si	60
S0109-S007	0,3	363 565	9 710 636	21/06/2018	Si	0
S0109-S008	0,9	363 557	9 710 646	21/06/2018	No	0
S0109-S009	0,6	363 562	9 710 663	21/06/2018	Si	0
S0109-S010	0,9	363 565	9 710 702	21/06/2018	Si	0,4
S0109-S011	0,6	363 576	9 710 689	21/06/2018	No	0
S0109-S012	0,9	363 594	9 710 673	21/06/2018	No	0,2

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

B. Sondeo con equipo

Se realizaron cuatro (4) perforaciones por el método de sondeo con equipo de 2,7 a 3,9 metros de profundidad (promedio) en la época húmeda y para la cual se captaron de 2 a 3 muestras por punto de perforación, 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.

En el Cuadro 3-12 se muestra las coordenadas de ubicación de puntos de muestreado dentro del área de evaluación.

Cuadro 3-12 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)			
S0109-S013	0,6	363 593	9 710 648	19/06/2018	No	3,6
	2,7	363 593	9 710 648	19/06/2018	No	3,2
S0109-S014	0,6	363 568	9 710 647	19/06/2018	Si	7,4
	2,1	363 568	9 710 647	19/06/2018	No	0
S0109-S015	0,9	363 576	9 710 664	18/06/2018	No	0,8
	2,7	363 576	9 710 664	18/06/2018	No	4,1
S0109-S016	0,3	363 560	9 710 679	18/06/2018	No	22,7
	2,7	363 560	9 710 679	18/06/2018	No	2,5

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

C. 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 tres (3) calicatas y se realizó una muestra compuesta para 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 3-13 se muestra la ubicación de todos los puntos de muestreo y la codificación de muestra enviada al laboratorio para el sitio S0109 (Sitio 3).

Cuadro 3-13 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)	
S0109-NF	363 630	9 710 670	S0109-NF1	0,3	363 482	9 710 816	8/06/2018
			S0109-NF2		363 674	9 710 773	8/06/2018
			S0109-NF3		363 630	9 710 670	8/06/2018

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 32 muestras enviadas al laboratorio AGQ, 2 muestras adicionales fueron enviadas al laboratorio SGS para ser analizadas por metales y comparar resultados de ambos laboratorios.

Cuadro 3-14 Identificación de muestras duplicadas

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Fecha de Muestreo	Evidencia Física/Organoléptica	Registro PID (VOC)
S0109-S004-1.2	1,2	22/06/2018	No	0
S0109-S010-1.2			Si	0,4

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 S0109 (Sitio 3)-época húmeda.

3.6.1.2 Agua superficial

A. 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 medición del caudal fue realizada mediante uno de los métodos propuestos: el método del correntómetro, método volumétrico y el método del flotador, teniendo en cuenta las características físicas de la quebrada o río. Los resultados de los caudales tomados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 3-15 Caudales aforados en el sitio S0109 (Sitio 3)

Código	Coordenadas UTM - WGS84			Fecha	Caudal (l/s)
	Este (m)	Norte (m)	altitud (m s. n. m.)		
S109-AF-12	363 672	9 710 669	229	Junio 2018	1
S109-AF-13	363 493	9 710 786	211	Junio 2018	1 300

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

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

Fotografía 3-9 Medición de caudal en campo



Foto referencial del procedimiento de campo
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

B. Calidad de agua superficial

En esta época se muestrearon 2 estaciones 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.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3)-época húmeda.

En el Cuadro 3-16 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo para agua superficial.

Cuadro 3-16 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

Código Agua superficial	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0109-As001	363 466	9 710 566	8/06/2018	Aguas arriba del sitio
S0109-As002	363 575	9 710 853	8/06/2018	Aguas abajo del sitio

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

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

3.6.1.3 Sedimentos

En esta época se muestreó dos (2) estaciones de sedimentos, ubicados aguas arriba y aguas abajo del sitio. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3)-época húmeda.

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

Cuadro 3-17 Ubicación de los puntos de muestreo de sedimentos

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0109-Sed001	363 466	9 710 566	8/06/2018	Aguas arriba del sitio
S0109-Sed002	363 575	9 710 853	8/06/2018	Aguas abajo del sitio

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

3.6.1.4 Geofísica

A. Tomografía eléctrica

Para el trabajo de campo se realizó el levantamiento de dos (2) líneas tomográficas geoelectricas ubicadas sobre el área de evaluación 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. En el Anexo 6.5 se presenta las planillas de campo de tomografía.

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

Código	Coordenadas WGS84			Fecha	Longitud (m)	Espaciamiento de electrodos (m)
	Electrodo	Este (m)	Norte (m)			
S0109-GEO-001	Inicial	363 532	9 710 788	11/06/2018	100	6
	Final	363 540	9 710 688			
S0109-GEO-002	Inicial	363 658	9 710 653	11/06/2018	100	6
	Final	363 705	9 710 565			

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

3.6.1.5 Agua subterránea

A. Instalación de Piezómetros

En esta época se ubicó, perforó, construyó, instaló y se realizó la limpieza o purga de los piezómetros en el área posiblemente afectada, ubicados espacialmente aguas arriba y aguas abajo. En total se instaló dos (2) piezómetros en las cercanías del área impactada.

En el Cuadro 3-19 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de los piezómetros. En el Anexo 6.5 Construcción de pozos, se muestra los diseños de instalación de campo.

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)				
S0109-Pz-001	363 540	9 710 734	6,5	2"	2,79	11/06/2018
S0109-Pz-002	363 674	9 710 657	7,2	2"	2,5	11/06/2018

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

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

En el mismo mes de junio 2018 se realizó la medición del nivel freático y posterior limpieza de la misma mediante la purga del agua de cada piezómetro, en el Cuadro 3-20 se muestra la variación del nivel freático de acuerdo a la época de muestreo.

Cuadro 3-20 Medición y purga del nivel freático de los piezómetros

Código	Prof. del Nivel Freático en Instalación (m)*– Época húmeda
	2 ^{da} Purga 12 junio 2018
S0109-Pz-001	0,57
S0109-Pz-002	2,72

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

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

B. 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)		
S0109-ASub001	363 540	9 710 734	21/06/2018	Aguas abajo del sitio
S0109-ASub002	363 674	9 710 657	21/06/2018	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 S0109 (Sitio 3)-época húmeda.

3.6.1.6 Flora y Fauna

En época húmeda, siguiendo los transectos definidos se monitorearon un (1) transecto de fauna y un (1) transecto de flora y vegetación, para ambas estaciones se realizaron las descripciones biológicas e identificaciones de las diferentes especies de manera directa o indirecta.

En el Cuadro 3-22 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los transectos de identificación de flora y fauna.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo biológicos e hidrobiológicos del sitio S0109 (Sitio 3)-época húmeda.

Cuadro 3-22 Ubicación de los transectos de flora y fauna

Código	Sitio	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 Sur			
		Inicio		Final	
		Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)
S0109-FLO/FAU	S0109 (Sitio 3)	363 569	9 710 701	363 577	9 710 637

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

De acuerdo con los objetivos del estudio de fauna terrestre, la temporalidad de muestreo se torna no significativa, 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, indistintamente de la temporalidad.

3.6.1.7 Hidrobiología

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

Anexo 6.10 se muestran los resultados de los análisis de laboratorio.

En el Cuadro 3-23 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Cuadro 3-23 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Sub componente	Ubicación
		Este (m)	Norte (m)		
S0109-Hb-001	S0109-Ben1-Hb-001	363 466	9 710 566	Bentos	aguas arriba
	S0109-Fit1-Hb-001	363 466	9 710 566	fitoplancton	aguas arriba
	S0109-Z001-Hb-001	363 466	9 710 566	zooplancton	aguas arriba
	S0109-Per1-Hb-001	363 466	9 710 566	perifiton	aguas arriba
S0109-Hb-002	S0109-Ben1-Hb-002	363 575	9 710 853	Bentos	aguas abajo
	S0109-Fit1-Hb-002	363 575	9 710 853	fitoplancton	aguas abajo

Cuadro 3-23 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Sub componente	Ubicación
		Este (m)	Norte (m)		
	S0109-Z001-Hb-002	363 575	9 710 853	zooplancton	aguas abajo
	S0109-Per1-Hb-002	363 575	9 710 853	perifiton	aguas abajo

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

3.6.2 Resultados de campo (Época seca)

Al igual que en la época húmeda, durante la época seca también se realizaron muestreo de los diferentes medios que conforman el sitio S0109 (Sitio 3), los resultados de los muestreos de campo se mencionadas en los siguientes acápite. Las muestras fueron recolectadas con el trabajo conjunto de JCI-HGE y el laboratorio AGQ y enviadas al laboratorio para su el análisis correspondiente. En esta etapa se muestrearon: suelos (sondeos manuales), sedimentos, agua superficial, agua subterránea e hidrobiología (no hubo necton). En esta época no hubo muestras duplicadas para suelos.

3.6.2.1 Suelos

Para la toma de muestra de suelos se realizó la extracción de muestras por sondeos 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 realizó cinco (5) sondeo manual de 1,5 metros de profundidad en esta época. Este sondeo manual fue complementario para verificar la influencia del suelo con el piezómetro. Paralelamente se realizó la medición del VOC mediante el PID para cada muestra tomada *in situ*. Los valores registrados por el PID ayudaron al especialista a definir la toma de muestra tal como indica el procedimiento de muestreo en el ítem 3.5.2 Descripción del trabajo de campo.

En el Cuadro 3-24 se muestra la ubicación de todos los puntos muestreados.

Cuadro 3-24 Ubicación de sondeos manuales (complementarios)

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84 (Zona 18)		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0109-S017	0,6	363 537	9 710 725	8/09/2018	No	0,5
	1,5	363 537	9 710 725	8/09/2018	Si	3,2
S0109-S018	0,6	363 533	9 710 683	8/09/2018	No	0
	1,5	363 533	9 710 683	8/09/2018	No	0

Cuadro 3-24 Ubicación de sondeos manuales (complementarios)

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84 (Zona 18)		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0109-S019	1,2	363 549	9 710 623	8/09/2018	Si	0
	1,8	363 549	9 710 623	8/09/2018	No	0
S0109-S020	0,6	363 587	9 710 621	8/09/2018	No	0
	1,5	363 587	9 710 621	8/09/2018	No	0
S0109-S021	0,6	363 676	9 710 659	9/09/2018	No	0
	1,5	363 676	9 710 659	9/09/2018	No	0

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

Anexo 6.4 Mapa 6.4.2: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0109 (Sitio 3)-época seca.

3.6.2.2 Agua superficial

A. Medición de caudales

En esta época no se realizó la medición o aforo de los caudales en esta época.

B. Calidad de agua superficial

En esta época se muestrearon tres (3) puntos agua superficial, ubicados aguas arriba y aguas abajo del sitio, así como en lugares de comprobación por las excedencias encontradas en la época anterior. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

En el Cuadro 3-25 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de muestreo.

Cuadro 3-25 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial

Código Agua Superficial	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0109-As001	363 466	9 710 566	7/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0109-As002	363 575	9 710 853	7/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0109-As003	363 538	9 710 733	7/09/2018	Aguas arriba del piezómetro 1

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

3.6.2.3 Sedimentos

En esta época se muestreó cuatro (4) estaciones de sedimentos, ubicados aguas arriba y aguas abajo, algunos puntos son confirmatorios por la excedencia de la primera época. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis.

Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3)-época seca.

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 sedimentos

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0109-Sed001	363 466	9 710 566	7/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0109-Sed002	363 575	9 710 853	7/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0109-Sed003	363 538	9 710 733	7/09/2018	Aguas arriba del piezómetro 1

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

3.6.2.4 Agua subterránea

A. Monitoreo de piezómetros

En septiembre de 2018 se realizó la purga y medición de los niveles freático de los piezómetros instalados, en el Cuadro 3-27 se muestra la variación del nivel freático de acuerdo con la época de muestreo.

Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3)-época seca.

Cuadro 3-27 Variación del nivel freático

Código	Coordenadas WGS84		Prof. del Nivel Freático en Instalación (m)*- Época seca
	Este (m)	Norte (m)	3ra Purga Setiembre 2018
S0109-Pz-001	363 540	9 710 734	2,60
S0109-Pz-002	363 674	9 710 657	0,43

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

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

B. 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 3-28 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de los puntos de calidad de agua subterránea.

Cuadro 3-28 Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea

Código	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0109-ASub001	363 540	9 710 734	08/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0109-ASub002	363 674	9 710 657	08/09/2018	Aguas arriba del sitio

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

3.6.2.5 Hidrobiología

En esta época se muestrearon dos (2) estaciones de hidrobiología y para cada estación se tomó cuatro (4) muestras que fueron enviadas al laboratorio, también se realizó la descripción de las características de cada estación de muestreo.

En el Cuadro 3-29 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

Cuadro 3-29 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Sub componente	Ubicación
		Este (m)	Norte (m)		
S0109-Hb-001	S0109-Ben1-Hb-001	363 466	9 710 566	Bentos	aguas arriba
	S0109-Fit1-Hb-001	363 466	9 710 566	fitoplancton	aguas arriba
	S0109-Z001-Hb-001	363 466	9 710 566	zooplancton	aguas arriba
	S0109-Per1-Hb-001	363 466	9 710 566	perifiton	aguas arriba
S0109-Hb-002	S0109-Ben1-Hb-002	363 575	9 710 853	Bentos	aguas abajo
	S0109-Fit1-Hb-002	363 575	9 710 853	fitoplancton	aguas abajo
	S0109-Z001-Hb-002	363 575	9 710 853	zooplancton	aguas abajo
	S0109-Per1-Hb-002	363 575	9 710 853	perifiton	aguas abajo

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, el Consorcio 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 el siguiente cuadro 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 3-30 Resumen de 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	
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 3-31 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (Época húmeda)

Suelos							Parámetros															
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Evidencia Física	Registro PID	Clase Textural	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cromo Hexavalente	Mercurio	Plomo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales C28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos
		Este	Norte																			
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 P	
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
S0109 (Sitio 3)	S0109-NF	363 630	9 710 670	08/06/2018	No Medido	No Medido	-	4,68	14,07	0,0008	-	0,01	5,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S001-0,90	363 707	9 710 541	21/06/2018	Si	12,3	Arcillosa	9,2	31,7	0,0008	-	0,066	15	4969,0	969	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S002-0,60	363 535	9 710 667	21/06/2018	No	0	Arcilla-Limosa	6,47	40,32	0,0008	-	0,01	10,8	2332,0	2548	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S003-0,90	363 660	9 710 598	21/06/2018	No	0	Arcilla-Limosa	5,12	10,32	0,0008	-	0,01	7,528	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S004-1,20	363 621	9 710 606	21/06/2018	No	0	Arcillosa	5,48	20,09	0,0008	-	0,01	8,275	889,0	701	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S004-1,20	363 660	9 710 606	22/06/2018	No	0	-	5,09	17,52	0,0008	-	0,01	7,731	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S005-0,90	363 550	9 710 659	21/06/2018	Si	97,7	Arcilla-Limosa	6,76	94,04	0,0008	-	0,01	17,1	1946,0	1525	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S006-0,30	363 575	9 710 633	21/06/2018	Si	60	Arcilla-Limosa	18,6	1652	0,4157	-	0,087	30,2	14721,0	5395	-	0,005	0,166	0,01	0,01	0,01	0,01
	S0109-S007-0,30	363 565	9 710 636	21/06/2018	Si	0	Arcilla-Limosa	8,43	421,4	0,0763	-	0,067	19,6	377,0	399	-	0,005	0,003	-	-	-	-
	S0109-S008-0,90	363 557	9 710 646	21/06/2018	No	0	Arcilla-Limosa	6,87	51,18	0,0008	-	0,053	16,8	5	5	0,3	0,005	0,003	-	-	-	-
	S0109-S009-0,60	363 562	9 710 663	21/06/2018	Si	0	Franco- Arcilloso	7,12	1996	0,2595	-	0,064	21,1	261,0	313	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S010-0,90	363 565	9 710 702	21/06/2018	Si	0,4	Arcillosa	4,01	24,24	0,0008	-	0,01	9,655	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S010-1,20	363 565	9 710 702	22/06/2018	Si	0,4	-	4,6	25,84	0,0008	-	0,01	8,838	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S011-0,60	363 576	9 710 689	21/06/2018	No	0	Franco- Arcilloso	2,86	56,47	0,0008	-	0,153	9,26	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S012-0,90	363 594	9 710 673	21/06/2018	No	0,2	Franco- Arcilloso	2,33	23,44	0,0008	-	0,01	9,112	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S013-0,60	363 593	9 710 648	19/06/2018	No	3,6	Arcilla-Limosa	8,34	29,91	0,0008	-	0,01	11,6	190,0	25,8	-	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
	S0109-S013-2,70	363 593	9 710 648	19/06/2018	No	3,2	Arcilla-Limosa	1,85	47,74	0,0008	-	0,01	10,9	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S014-0,60	363 568	9 710 647	19/06/2018	Si	7,4	Arcilla-Limosa	8,86	52,93	0,0008	-	0,01	10,8	260,0	158	0,3	0,005	0,003	-	-	-	-
	S0109-S014-2,10	363 568	9 710 647	19/06/2018	No	0	Arcilla-Limosa	5,78	46,58	0,0008	-	0,121	12,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S015-0,90	363 576	9 710 664	18/06/2018	No	0,8	Franco-Arcillo-Limoso	5,06	293	0,0008	-	0,01	16	43,40	82,3	-	0,005	0,003	-	-	-	-
	S0109-S015-2,70	363 576	9 710 664	18/06/2018	No	4,1	Arcilla-Limosa	9,93	47,72	0,0008	-	0,01	16,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S016-0,30	363 560	9 710 679	18/06/2018	No	22,7	Franco- Arcilloso	4,06	30,52	0,0008	-	0,01	10,2	71,20	279	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S016-2,70	363 560	9 710 679	18/06/2018	No	2,5	Franca	4,66	23,88	0,0008	-	0,01	13,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-

[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)
- Parámetros no registrados

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

Cuadro 3-32 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (Época húmeda)

Suelos							Parámetros																
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Evidencia Física	Registro PID	Clase Textural	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cromo Hexavalente	Mercurio	Plomo	Hidrocarburos Totales C10-C28	Hidrocarburos Totales 28-C40	Hidrocarburos Totales C5-C10	Benzo (a) pireno	Naftaleno	Benceno	Etilbenceno	Tolueno	Xilenos	
		Este	Norte																				
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		
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	
S0109 (Sitio 3)	S0109-S020-1,50	363 587	9 710 621	8/09/2018	No	0	Franco-Arcilloso	6,32	38,48	0,3000	-	0,01	9,35	5	5	-	-	-	-	-	-	-	
	S0109-S021-0,60	363 676	9 710 659	9/09/2018	No	0	Franca	6,88	43,1	0,0008	-	0,01	11,7	5	5	-	-	-	-	-	-	-	
	S0109-S021-1,50	363 676	9 710 659	9/09/2018	No	0	Franco-Arcilloso	11	22,19	0,0008	-	0,01	13	5	5	-	-	-	-	-	-	-	
	S0109-S017-0,60	363 537	9 710 725	8/09/2018	No	0,5	Franca	2,44	32,25	0,0008	-	0,01	6,39	5	5	-	-	-	-	-	-	-	
	S0109-S017-1,50	363 537	9 710 725	8/09/2018	Si	3,2	Franco-Arcilloso	3,55	20,24	0,0008	-	0,01	8,88	5	5	-	-	-	-	-	-	-	
	S0109-S018-0,60	363 533	9 710 683	8/09/2018	No	0	Franca	3,6	27,37	0,0008	-	0,01	7,92	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S018-1,50	363 533	9 710 683	8/09/2018	No	0	Franco-Arcilloso	8,06	21,61	0,0008	-	0,01	12,4	5	5	-	-	-	-	-	-	-	
	S0109-S019-1,20	363 549	9 710 623	8/09/2018	Si	0	Arcillosa	6,21	193,7	0,0008	-	0,01	17,5	165,0	157	0,3	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01	
	S0109-S019-1,80	363 549	9 710 623	8/09/2018	No	0	Franco-Arcilloso	5,7	70,84	0,0008	-	0,094	10,7	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	S0109-S020-0,60	363 587	9 710 621	8/09/2018	No	0	Franco-Arcilloso	6,05	26,54	0,0008	-	0,01	9,45	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-	-

[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)
Parámetros no registrados

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

Cuadro 3-33 Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (Época húmeda)

Agua Superficial					Parámetros																				
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Conductividad Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH	Temperatura	Fósforo	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	HT C10-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte																						
Unidades					µS/cm	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	
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					1000	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	0,64	0,15	1,00	0,00025	0,10	0,02	0,0001	0,052	0,0025	0,005	0,0008	0,50	0,0004	0,0001	0,001	0,05
S0109 (Sitio 3)	S0109-As001	363 466	9 710 566	8/06/2018	21,3	7,64	6,73	23,9	0,017	0,00002	0,0005	0,0218	0,00001	0,001	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0109-As002	363 575	9 710 853	8/06/2018	21,5	7,78	6,72	23,8	0,018	0,00002	0,0004	0,0212	0,00001	0,0004	0,001	0,00007	0,0009	0,00006	0,00006	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 3-34 Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (Época seca)

Agua Superficial					Parámetros																				
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Conductividad Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH	Temperatura	Fósforo	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Níquel	Plomo	Selenio	Talio	HT C10-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte																						
Unidades					µS/cm	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
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					1000	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	0,64	0,15	1,00	0,00025	0,10	0,02	0,0001	0,052	0,0025	0,005	0,0008	0,50	0,0004	0,0001	0,001	0,05
S0109 (Sitio 3)	S0109-As001	363 466	9 710 566	7/09/2018	211	7,3	6,2	23	0,011	0,00002	0,00239	0,03	0,00001	0,001	0,001	0,00007	0,0009	0,00077	0,0004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0109-As002	363 575	9 710 853	7/09/2018	19	7,2	6,2	24	0,017	0,00024	0,0033	0,02	0,00001	0,0003	0,001	0,00007	0,0009	0,00011	0,00004	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0109-As003	363 538	9 710 733	7/09/2018	50	2,7	5,7	25	0,020	0,00002	0,00281	0,14	0,00001	0,0008	0,001	0,00007	0,0009	0,00045	0,00004	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 3-35 Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (Época húmeda)

Sedimentos					Parámetros																				
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Clase Textural	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Plomo	Zinc	Acenafteno	Acenaftileno	Antraceno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Criseno	Dibenzo (a,h) antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	Naftaleno	Pireno	
		Este	Norte			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	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Unidades																									
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	0,00671	0,00587	0,0469	0,0317	0,0319	0,0571	0,00622	0,0419	0,111	0,0212	0,0346	0,053	
S0109 (Sitio 3)	S0109-Sed001	363 466	9 710 566	8/06/2018	Arenosa	3,37	0,0008	2,1	2,65	0,01	1,487	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	S0109-Sed002	363 575	9 710 853	8/06/2018	Arenosa	2,58	0,0008	0,89	1,587	0,01	1,016	7,9	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 3-36 Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (Época seca)

Sedimentos					Parámetros																			
Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Clase Textural	Arsénico	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Mercurio	Plomo	Zinc	Acenafteno	Acenaftileno	Antraceno	Benzo (a) antraceno	Benzo (a) pireno	Criseno	Dibenzo (a,h) antraceno	Fenantreno	Fluoranteno	Fluoreno	Naftaleno	Pireno
		Este	Norte			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	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Unidades																								
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	0,00671	0,00587	0,0469	0,0317	0,0319	0,0571	0,00622	0,0419	0,111	0,0212	0,0346	0,053
S0109 (Sitio 3)	S0109-Sed001	363 466	9 710 566	7/09/2018	Arcilla-Limosa	5,97	0,0008	10	15,2	0,01	10	32	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0109-Sed002	363 575	9 710 853	7/09/2018	Areno Francosa	2,72	0,0008	2	4,93	0,01	2,98	14	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0109-Sed003	363 538	9 710 733	7/09/2018	Franca	2,58	0,0500	10	11,5	0,01	9,79	27	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 3-37 Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (Época húmeda)

Agua Subterránea					Parámetros																												
Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Cond. Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH	Temp.	Fósforo Total	Cloruros	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Hierro	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Talio	Zinc	HT C10-C40	HT C28-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte		µS/cm a 25°C	mg/L O ₂	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
Unidades					µS/cm a 25°C	mg/L O ₂	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
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					-	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	100,00	0,01	0,006	0,005	1,00	1,50	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	0,001	0,05
S0109 (Sitio 3)	S0109-ASub001	363 540	9 710 734	21/06/2018	67,7	3,2	5,58	25,3	0,042	32	0,51	0,00002	0,00154	0,1082	0,002	0,00001	0,001	0,001	8,4	1,1648	<0,00007	0,0009	0,00006	0,00047	0,00004	0,00001	0,015	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0109-ASub002	363 674	9 710 657	21/06/2018	164	1,88	5,76	25,3	0,02	6,6	0,13	0,00107	0,00095	0,0152	0,002	0,00001	0,0014	0,002	0,41	0,4228	<0,00007	0,0035	0,00006	0,00021	0,00004	0,00001	0,045	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

Leyenda:

No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

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

Cuadro 3-38 Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (Época seca)

Agua Subterránea					Parámetros																												
Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Cond. Eléctrica	Oxígeno Disuelto	pH	Temp.	Fósforo Total	Cloruros	Aluminio	Antimonio	Arsénico	Bario Total	Boro	Cadmio	Cobre	Cromo Total	Hierro	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plata	Plomo	Selenio	Talio	Zinc	HT C10-C40	HT C28-C40	Antraceno	Benzo (a) pireno	Fluoranteno	Benceno
		Este	Norte		µS/cm a 25°C	mg/L O ₂	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
Unidades					µS/cm a 25°C	mg/L O ₂	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
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					-	≥ 5	6,5 - 9,0	Δ 3	0,05	100,00	0,01	0,006	0,005	1,00	1,50	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	0,001	0,05
S0109 (Sitio 3)	S0109-ASub001	363 540	9 710 734	08/09/2018	14,9	2,98	4,8	24,6	0,054	40	0,037	0,00002	0,00326	0,1258	0,002	0,00001	0,0003	0,001	11	0,78677	0,00023	0,0009	0,00006	0,00011	0,00036	0,00001	0,013	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0109-ASub002	363 674	9 710 657	08/09/2018	84	1,64	6,9	24	0,012	4	0,046	0,00002	0,00572	0,0247	0,002	0,00001	0,0005	0,001	0,21	0,37396	<0,00007	0,0024	0,00006	0,00013	0,00030	0,00001	0,014	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

Leyenda:

No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

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

Cuadro 3-39 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola

Tipo de Producto		SUELO AGRICOLA			
Fecha de muestreo		21/06/2018	21/06/2018	21/06/2018	9/09/2018
Nombre de la Estación		S0109-SCA-008	S0109-SCA-009	S0109-SCA-010	S0109-SCA-011
Parámetro	Unidades	Resultados			
Complejo de Cambio					
Aluminio de Cambio	meq/100 g	0.71	0.86	1.16	1.65
Calcio Cambio	meq/100 g	0.7	1.91	< 0,125	0.51
CIC Efectiva	meq/100 g	1.61	3.62	1.23	2.39
Magnesio de Cambio	meq/100 g	0.13	0.32	0.03	0.12
Potasio Cambio	meq/100 g	0.07	0.12	0.04	0.05
Sodio Cambio	meq/100 g	< 0,05	0.41	< 0,05	0.06
Fertilidad					
Caliza Activa	% CaCO3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cond. Eléctrica (Ext 1/1)	µS/cm a 20° C	71	357	< 70	< 70
Fósforo Disponible Bray-Kurtz	mg/kg	< 3,5	< 3,5	< 3,5	< 3,5
Materia Orgánica	%	2.53	1.34	0.82	1.12
Nitrógeno Total	mg/kg	1035	898	704	871
pH (Extracto 1/1)	Unidades de pH	4.91	4.64	4.93	4.81
Microelementos					
Boro	mg/kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cobre (DTPA)	mg/kg	0.74	1.23	0.8	1.25
Hierro (DTPA)	mg/kg	161	166	146	147
Manganeso (DTPA)	mg/kg	31.2	75.1	11.4	32.7
Zinc (DTPA)	mg/kg	2.18	1.15	0.9	0.74
Propiedades Físicas - Granulometría					
Arcilla	%	25.2	26.5	24.1	26.7
Arena	%	22.1	18.7	48.1	25.2
Arena Fina	%	22.1	18.7	46.3	25.2
Arena Gruesa	%	< 0	< 0	1.81	< 0
Clase Textural	%	Franco-Limosa	Franco-Limosa	Franco-Arcillo-Arenosa	Franca
Limo	%	52.6	54.7	27.8	48.1
Relaciones de Interés					
Relación C/N		14.2	8.65	6.72	7.49

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 3-40. 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 afectados. 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 S0109 (Sitio 3). La variabilidad en los niveles de metales en el área de estudio (4 sectores) es elevada.

En sitio S0109 (Sitio 3) se analizaron 34 muestras de suelo (sondeos manuales, sondeos con equipo, nivel de fondo y contramuestras) en ambas épocas, de las cuales 24 muestras se captaron en época húmeda y 10 en época seca.

Los sitios de muestreo en ambas épocas no son los mismos, luego de revisar los resultados de laboratorio de la época húmeda, fue necesario adicionar sondeos manuales complementarios en la época seca para complementar la caracterización y así delimitar efectivamente el área del sitio impactado.

El Cuadro 3-31 y Cuadro 3-32, 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.

Los metales fueron comparados de manera orientativa con normas internacionales (por tratarse de estándares utilizados en regiones donde las condiciones climáticas, ecosistemas, tipos de bosque y suelos, distan mucho de los existentes en la selva amazónica peruana), encontrándose que no superan los estándares de la Norma Internacional en el sitio S0109 (Sitio 3) el: Co, Mo, Ni, Pb, Tl, V y Zn; sin embargo, solo una muestra de 24 sondeos se supera el Cu, por lo que no se considera significativo. Hay presencia en forma natural de B. No obstante; siendo el Se el único metal que reporta valores que superan el estándar internacional en un 45 % de las muestras analizadas en el sitio S0109 (Sitio 3).

Durante el avance de los sondeos, se detectaron suelos predominantemente de textura fina en la totalidad de los perfiles del sitio S0109 (Sitio 3).

Cuadro 3-40 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

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

Ver Anexo 6.4.1 Mapa 6.4.1.1: Mapa de excedencias en suelos del sitio S0109 (Sitio 3)-época húmeda y seca.

A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los ECA para suelos de uso agrícola y nivel de fondo:

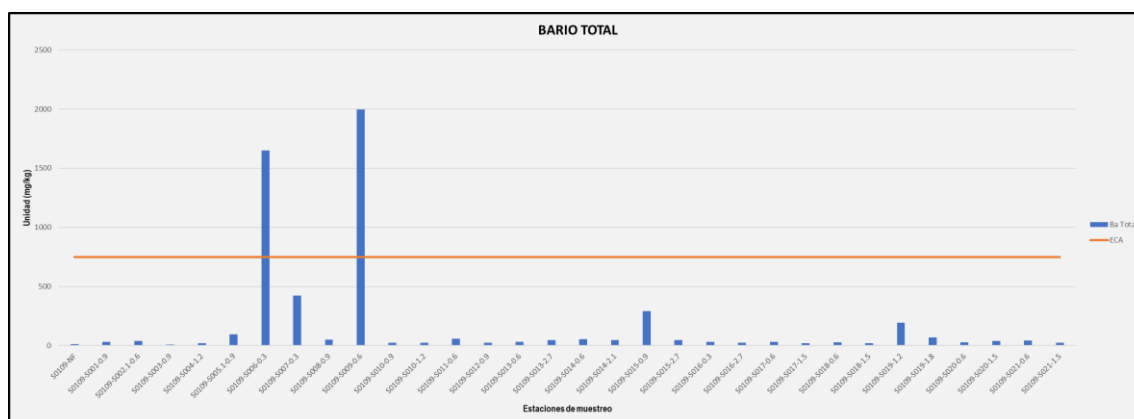
Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- El **bario** total fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (750,0 mg/kg) en dos (2) sondeos:

Sondeo	Concentración mg/kg
S006-0.30	1652
S009-0.60	1996

La concentración más alta de bario que supera el ECA fue de 1,996 mg/kg en el sondeo S009.

Figura 3-15 Concentraciones de bario



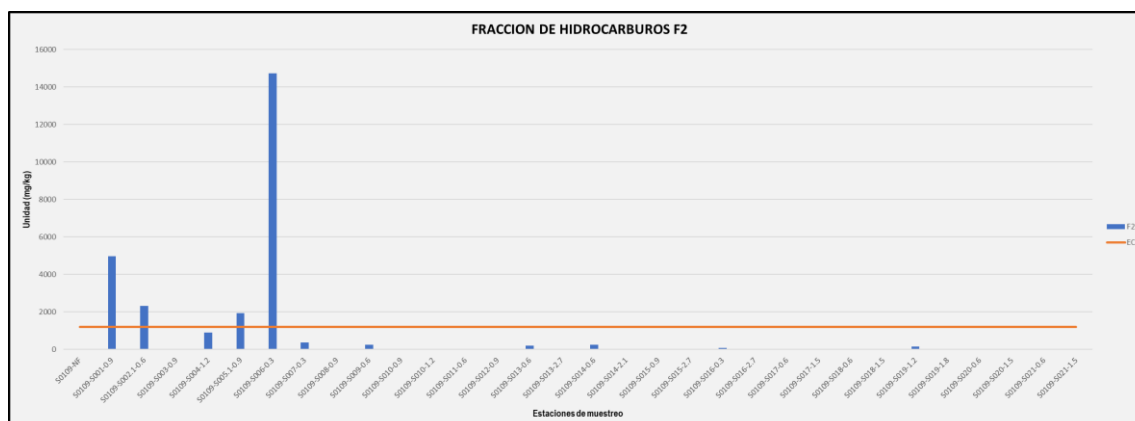
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- La **fracción de hidrocarburo F2** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1 200,0 mg/kg) en 4 sondeos:

Sondeo	Concentración mg/kg
S001-0.90	4 969
S002-0.60	2 332
S005-0.90	1 946
S006-0.30	14 721

La concentración más alta de fracción de hidrocarburo F2 que supera el ECA fue de 14 721 mg/kg en el sondeo S006.

Figura 3-16 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2



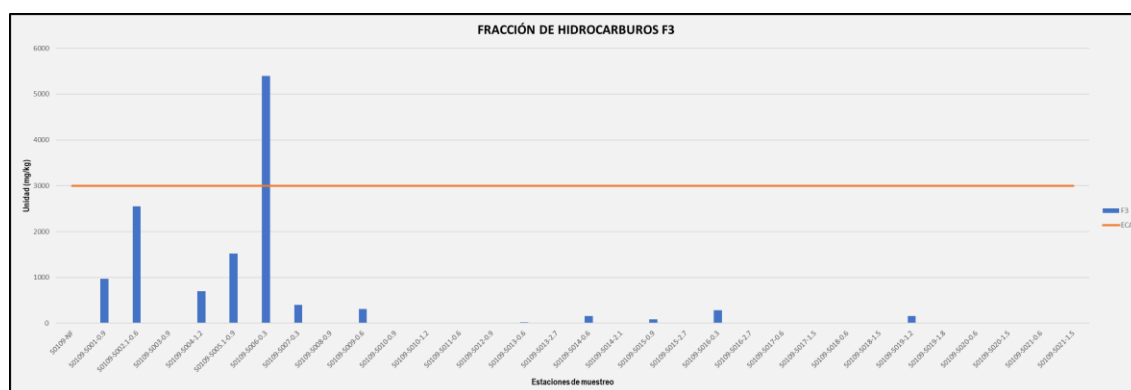
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- La **fracción de hidrocarburo F3** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (3 000,0 mg/kg) en un sondeo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S006-0.30	5395,0

En la siguiente figura muestra la concentración de fracción de hidrocarburo F3 que supera el ECA.

Figura 3-17 Concentraciones de fracciones de hidrocarburos F3



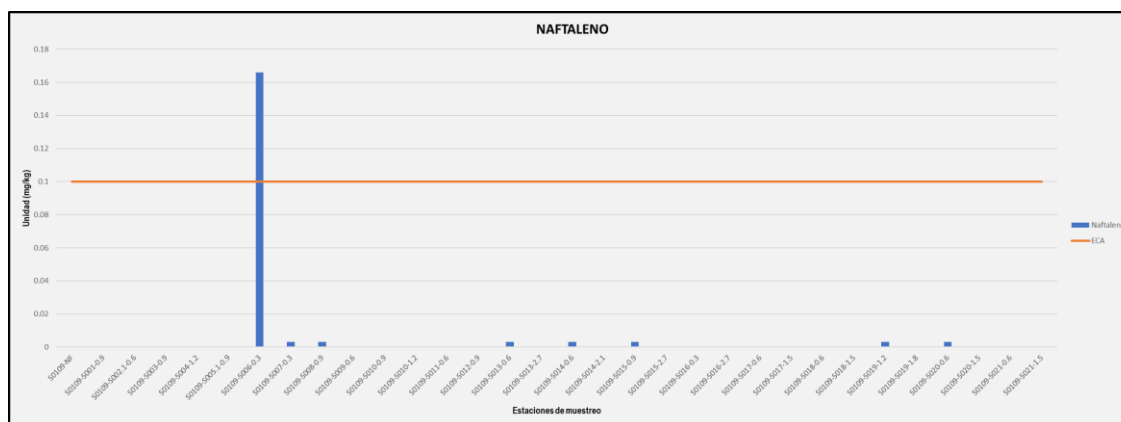
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- El **naftaleno** fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0,10 mg/kg) en un sondeo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S006-0.30	0,166

En la siguiente figura se muestra la concentración de naftaleno que supera el ECA.

Figura 3-18 Concentraciones de naftaleno

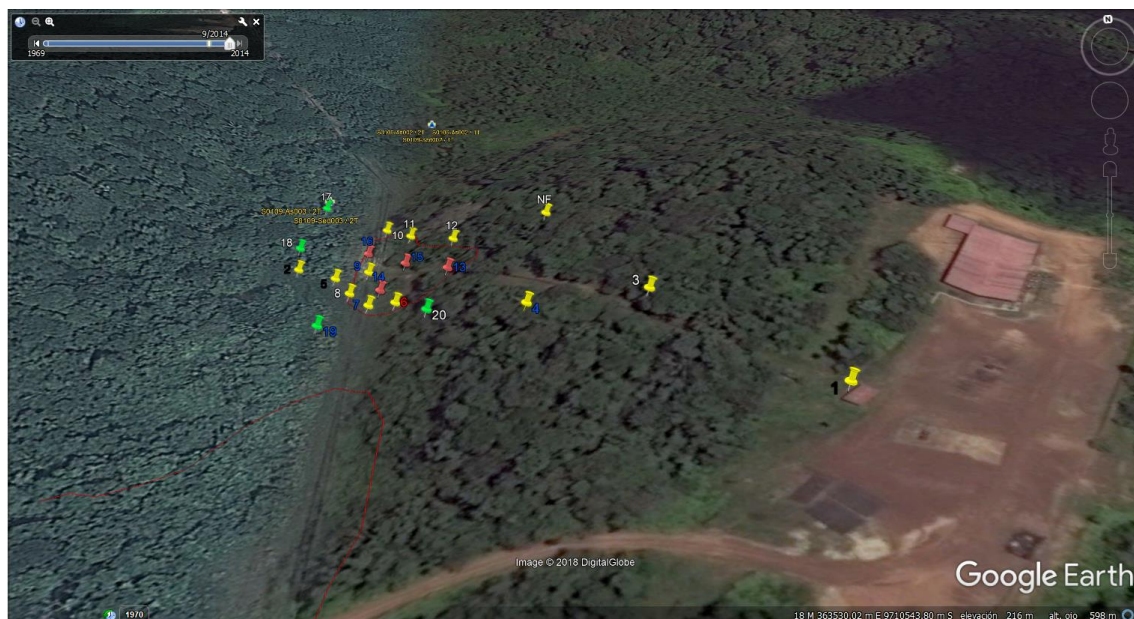


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Interpretación de resultados

- El sondeo S006 supera la normativa nacional ECA suelo en fracciones de hidrocarburos F2 y F3.
- Los sondeos S0109-S001, S0109-S002 y S0109-S005 superan la normativa nacional ECA suelo en fracciones de hidrocarburos F2.
- Los sondeos S0109-S004, S0109-S007, S0109-S009, S0109-S013, S0109-S014, S0109-S015, S0109-S016 y S0109-S019 presentan concentraciones de fracciones de hidrocarburos F2 y F3; sin embargo, no superan los límites de la normativa ECA suelo.
- El bario supera la normativa nacional ECA suelo en los sondeos: S0109-S006 y S0109-S009.
- El selenio supera la normativa internacional; sin embargo, coincide su presencia en los sitios con presencia de fracciones de hidrocarburos.
- Aparte del Ba y Se, el sitio S0109 (Sitio 3) no se encuentra impactado por otros metales pesados.
- Las Figuras 3-19 y 3-20 muestran los puntos de contaminación por hidrocarburos en el sitio S0109 (Sitio 3).
- El sondeo S0109-S001 sobre la plataforma petrolera de pozos HUYS-12D, 13D y 14D, presentó concentraciones de F2 que superaron el ECA suelo; sin embargo, la fracción F3 está por debajo del límite normativo. La actividad petrolera sobre la plataforma representa el origen de estas concentraciones.
- En la parte más baja donde se encuentran los ductos petroleros cerca hay un área impactada por posibles roturas de tuberías que requiere tratamiento (ver croquis de profundidad de limpieza adjunto), esta área se encuentra sobre los sondes S0109-01, S0109-02, S0109-05, S0109-06 y S0109-09.

Figura 3-19 Área impactada por hidrocarburos en sitio S0109 (Sitio 3)

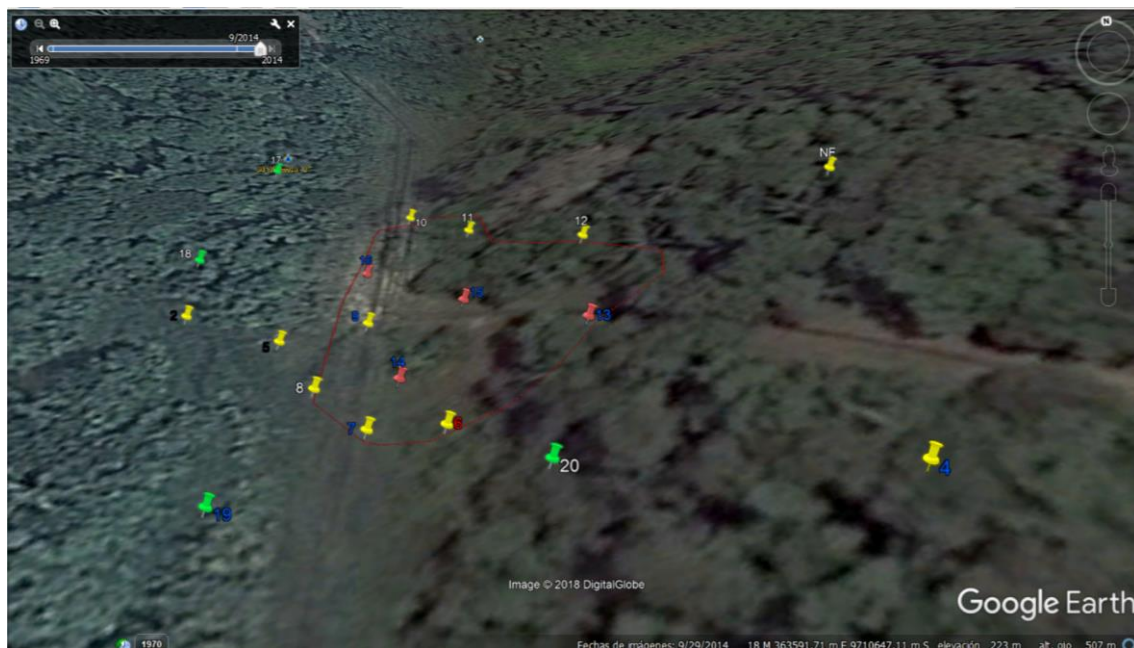


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Puntos amarillos (sondeos en época húmeda); puntos verdes (sondeos adicionales en época seca); puntos en naranja (sondeo con equipo SPT en época húmeda).

Numeración en rojo (supera F2 y F3); en negro (supera F2); en azul (presentan hidrocarburos), no supera la normativa ECA suelo; en blanco (no presentan hidrocarburos ni metales pesados) fracciones F2, la primera supera el ECA suelo y la segunda no lo supera.

Figura 3-20 Área impactada por hidrocarburos cercana a ductos petroleros en sitio S0109 (Sitio 3)



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

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 algunos metales de acuerdo con los resultados de niveles de fondo, presentados en el Cuadro 3-40.

Es importante resaltar que la comparación de resultados con normas internacionales, incluso con las nacionales, debe ser vista con sumo cuidado (Cuadro 3-30). 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, a excepción del Pb. Específicamente para el sitio impactado S0109 (Sitio 3) se efectuó la comparación con los estándares internacionales (canadiense y ecuatoriana) para los siguientes metales: vanadio, zinc, cobre y selenio. Adicionalmente se evaluó el plomo ya que la interpretación de los resultados en conjunto pareciese indicar que, aunque de acuerdo con los ECA de la norma peruana no excede, de acuerdo con su correlación espacial con otros metales, se presenta lo contrario y resulta pertinente su evaluación.

En este sentido, se evaluaron de manera independiente y con un fundamento estadístico los contaminantes anteriormente indicados, en comparación con los niveles de fondo y los ECA internacionales y se presentan en el Cuadro 3-41.

Cuadro 3-41 Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas

Metal	Nivel fondo	Media	Norma Canadá	Norma Ecuador	Desviación estándar	Lím. Inf.	Lím. Sup.
	ppm					ppm	
Plomo*	5,23	12,26	70	19	4,93	5,2	22,13
Cobre*	3,3	14,87	63	25	18,29	3,3	51,44
Selenio	0,694	1,37	1	1	1	0,7	3,37
Zinc	17	35,55	250	60	18,30	17	72,15
Vanadio*	37	51,52	130	76	17,1	17,36	85,67

*Comparado con la norma ecuatoriana (Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados)

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

Posterior al análisis de los estadísticos en la tabla, la variabilidad, ocurrencia espacial de los metales, comparaciones con los niveles de fondo y normas internacionales canadienses y ecuatorianas, se puede concluir lo siguiente:

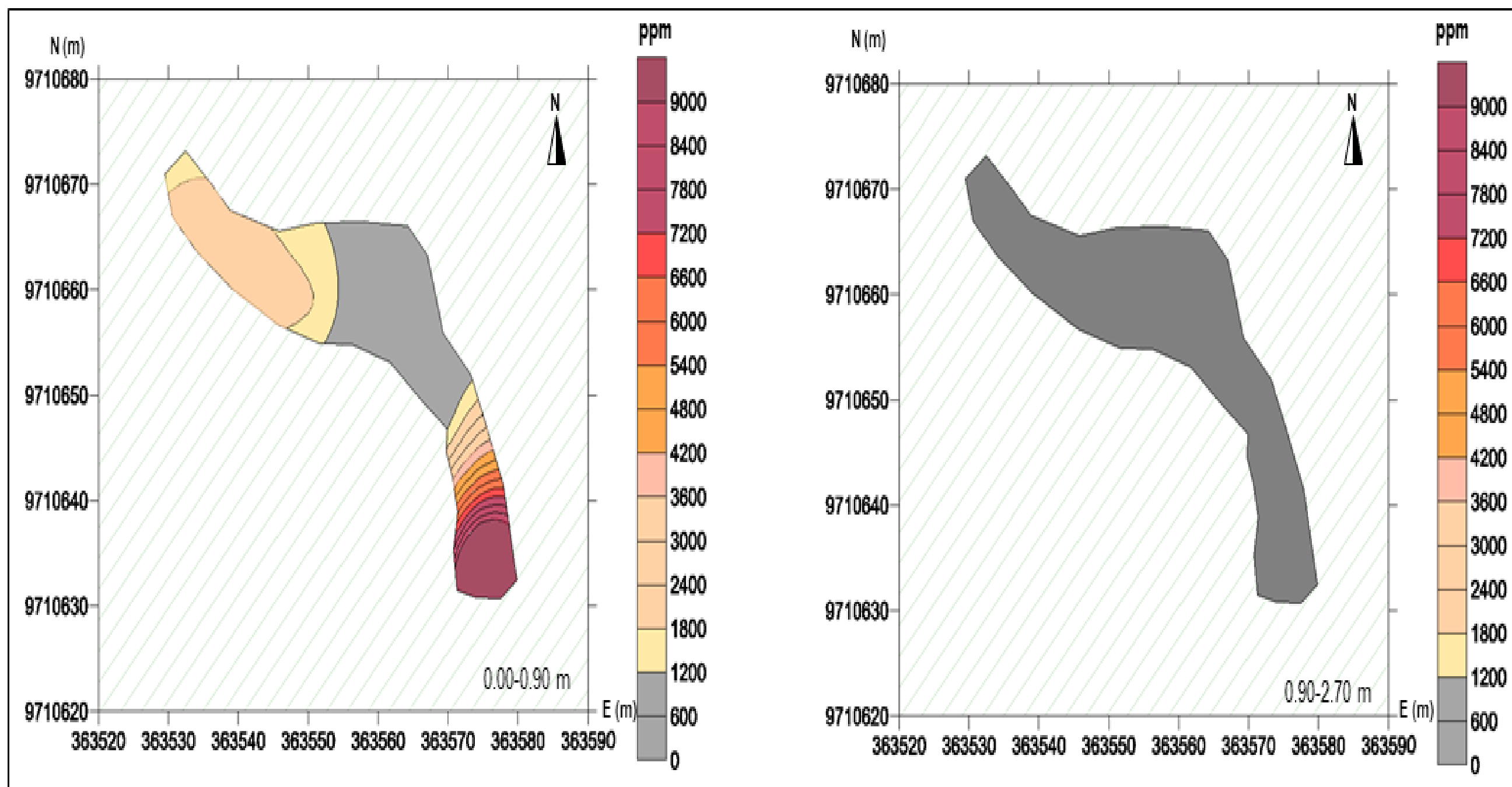
- Existe una variabilidad notable en las concentraciones de los distintos metales en el sitio impactado, la cuales se establece de la siguiente forma: Cu>Zn>Pb>V>Se.
- Los valores de niveles de fondo para el Selenio, así como su baja variabilidad, así como su ocurrencia en todos los sitios impactados, pareciera indicar una presencia natural de este metal en el área de estudio.

- La mayoría de las muestras se localizan en el horizonte limitado por los 0,3 m y 1,5 m de profundidad. En casos particulares se extiende a profundidades de 2,7 m para V, Zn y Cu.
- La ocurrencia espacial (superficial) y en profundidad de V, Zn, Se y Pb y adicionalmente de As y Ba, se correlaciona con la presencia de fracciones de hidrocarburos F2 y F3.
- La interpretación integrada de la analítica de laboratorio, la distribución espacial de los contaminantes y su correlación en la ocurrencia superficial y en profundidad, permiten inferir que una fuente común de contaminación. Es decir, que los hallazgos responden posiblemente a una mismo origen o evento.

El modelamiento se generó en forma de isoconcentraciones 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). Se presenta en la Figura 3-21 la isoconcentraciones de las fracciones de hidrocarburo (F2 y F3) dado que presenta la mayor cantidad de muestras para la representación en isolíneas de concentraciones. El barrio solo presenta 2 muestras con excedencias por ende no son representativos para representarlo en forma de isoconcentraciones.

Figura 3-21 Modelamientos de Isoconcentraciones – Evaluación integrada de fracciones de hidrocarburos F2 y F3

Distribución del Contaminante en el Subsuelo



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

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 y comparándolo con el valor sugerido por la Guía de Remediación de Suelos con Baritina, el cual establece un valor de 750 mg/kg para Suelos de Uso Agrícola. En el Cuadro 3-42 se presenta las muestras que excedieron este límite.

Para corroborar un segundo paso es realizar un análisis de Bario Extraíble, y comparar su valor con el valor límite que también establece dicha Guía, el valor límite indicado es de 250 mg/kg, luego de éste análisis, se concluye que para el sitio S0109 (Sitio 3) ningún valor es superado o excede para Bario Extraíble, para lo cual la Guía de Alberta, pide comparar el resultado de Bario Total con la fila C para sitios sin Baritina, (750 mg/L), pudiendo concluir que el origen no proviene de una fuente de Baritina.

Los valores de Bario Extraíble, no superan el límite para Bario Extraíble, por lo cual el proceso avanza a su contrastación con el análisis de Bario Total Real, y comparando el valor resultante sugerido por la Guía: 10 000 mg/kg. Para este sitio ninguno supera el valor y entendiéndose que no provienen de fuentes de Baritina. Es importante mencionar que una de las muestras indicadas como NE no se analizaron por falta de muestra; sin embargo, se infiere por la tendencia y la ubicación espacial, que no tendrían el origen de Baritina.

Cuadro 3-42 Resultados de Bario para el sitio 109 (Sitio 3)

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)
S0109-S006-0.30	1652	159	ENR
S0109-S009-0.60	1996	114	2506

Fuente: JCI-HHE

ENR: Estadísticamente no representativo (25% del total de muestras)

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 13% del total de muestras de suelo.

- Del análisis de TCLP para metales y MEH (Material Extractable en Hexano) en las muestras de suelo, (véase El Anexo 6.10 informes de resultados analíticos emitidos por el laboratorio AGQ), según los resultados obtenidos para TCLP, 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 3-43 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
S0109-S009-0.60	5	100	5	0.00476	2.2739	0.07597

* EPA - Hazardous Waste Test Methods / SW-846

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

Cuadro 3-44 Concentraciones de MEH

Código de Muestra	Temporada	Material Extractable en Hexano (mg/kg)
S0109-S001-0.90	Húmeda	50
S0109-S002-0.60	Húmeda	50
S0109-S005-0.90	Húmeda	50
S0109-S006-0.30	Húmeda	50

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

3.7.2 Agua superficial

Los parámetros y variables determinados en agua superficial fueron comparados con el ECA Categoría 4. E2 Ríos de Selva (D. S. N.° 004-2017-MINAM).

El Cuadro 3-33 y el Cuadro 3-34 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron, en al menos un parámetro.

Cabe mencionar a pesar de encontrarse el pH fueran del rango establecido por el ECA, las características de los ríos y quebradas de la selva es presentarse ligeramente ácidas.

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 S0109 (Sitio 3)-época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3)-época seca.

3.7.3 Sedimentos

Los parámetros a analizar serán los que superen los estándares de calidad regulados por el Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG)

El Cuadro 3-35 y el Cuadro 3-36 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 de calidad para sedimentos:

- El Arsénico total fue detectado fuera del rango de los Estándares Canadá de sedimentos (5,90 mg/kg) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0109-Sed001.

El Arsénico se presenta en un solo punto de monitoreo en la época húmeda, pero en la época seca no se detecta en los mismos puntos, la acumulación de los sedimentos por el arrastre del caudal del río o quebrada producto de las precipitaciones de la época pudo influenciar la concentración de este parámetro.

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 (S0109-GEO-001)**

El perfil tomográfico tiene una orientación SE-NO y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-22.

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 de 15 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 200,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado es de 30 metros aproximadamente. Este estrato por las características de los suelos en la zona se infiere hidrogeológicamente sea más impermeable.

Aparentemente debe existir una tercera zona o estrato debajo hidrogeológicamente más impermeable.

- **Perfil tomográfico eléctrico 2 (S0109-GEO-002)**

El perfil tomográfico tiene una orientación S-N y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar dos zonas litológicas. Véase la Figura 3-23.

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 de 13 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

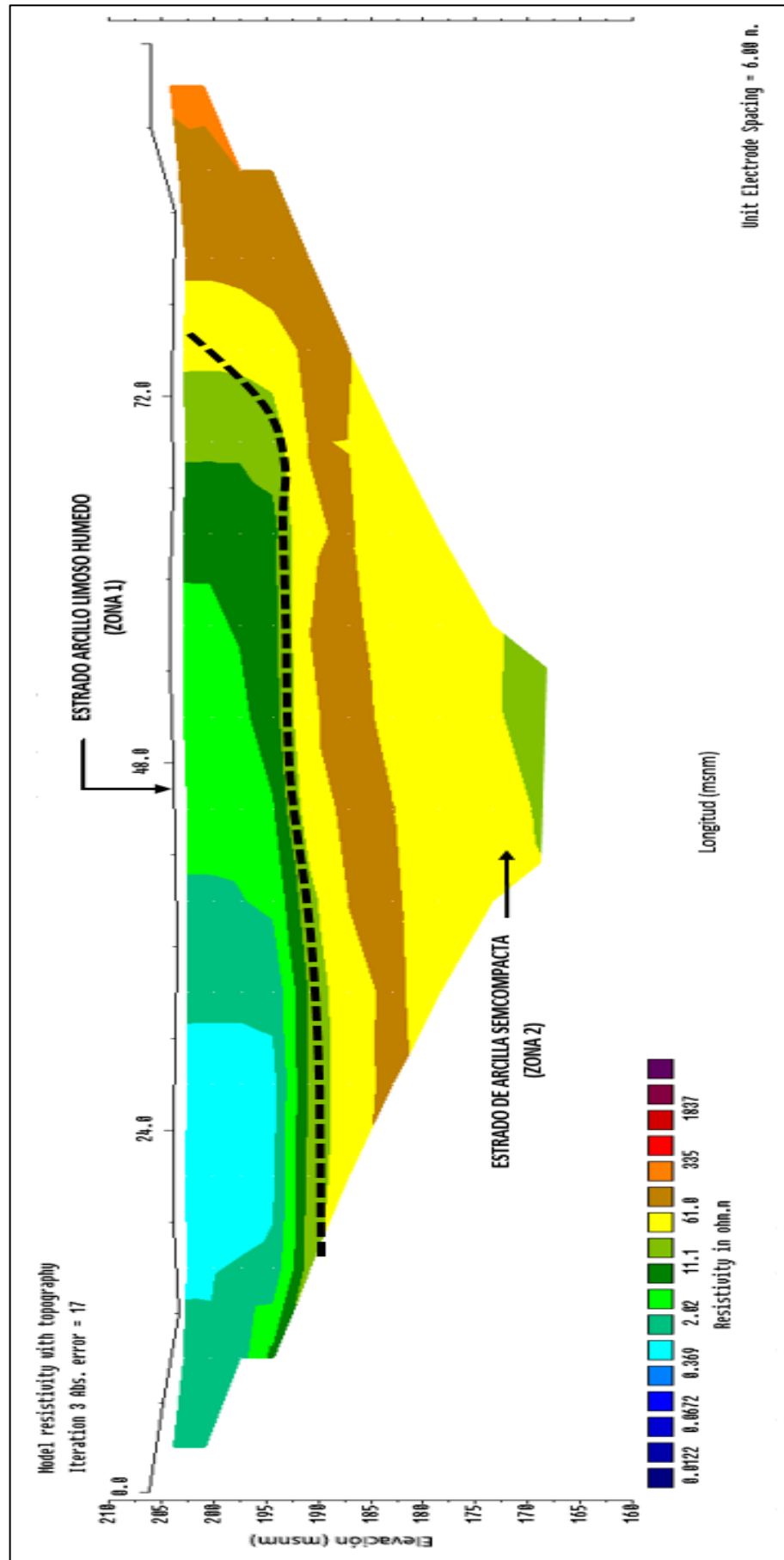
La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 100,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado varía de 2 a 4 metros aproximadamente. Este estrato por las características de los suelos en la zona se infiere hidrogeológicamente sea un poco impermeable.

La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 850,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Nauta, este estrato aflora un poco en superficie. No se estimó la potencia de dicho estrato. Hidrogeológicamente se trata de un estrato impermeable.

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 13 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 sitio S0109 (Sitio 3) 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.

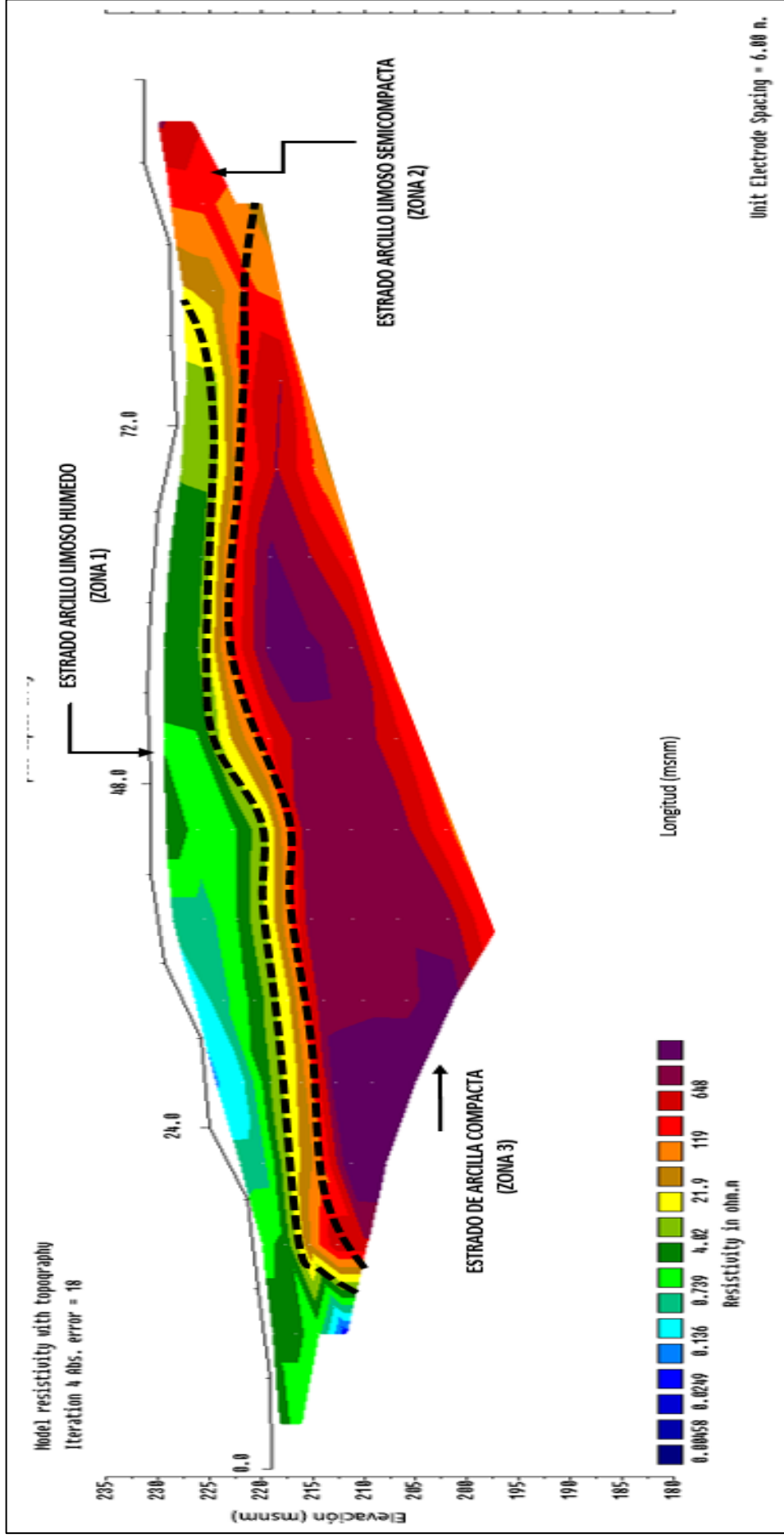
Por la topografía de la zona se observa en la tomografía que la variación de los espesores de las diferentes litoestratigrafías es muy cambiante.

Figura 3-22 Perfil tomográfico eléctrico 1 (S0109-GEO-001)



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

Figura 3-23 Perfil tomográfico eléctrico 2 (S0109-GEO-002)



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 3-37 y el Cuadro 3-38 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:

- El pH fue detectado fuera del rango Alberta Canadá para agua (6.5 - 9.0 mg/l). Cabe mencionar que si los valores están fuera del rango del estándar de calidad los ríos de la selva presenta aguas acidas con rangos desde 3,5 – 6,4 y puede existir alguna influencia directa al pH del agua subterránea dado las condiciones hidráulicas del sitio.
- El OD fue detectado fuera del rango Alberta Canadá para agua (≥ 5 mg/l).
- Fósforo fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,05 mg/l) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0109-ASub001.
- Aluminio fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,01 mg/l) en dos (2) muestras en ambas épocas, siendo la estación: S0109-ASub001 y S0109-ASub002.
- Arsénico fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,005 mg/l) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0109-ASub002.
- Hierro fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,3 mg/l) en dos (2) muestras, siendo la estación: S0109-ASub001 (ambas épocas) y S0109-ASub002 (época húmeda).
- Manganeseo fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,05 mg/l) en dos (2) muestras en ambas épocas, siendo las estaciones: S0109-ASub001 y S0109-ASub002.
- Zinc fue detectado fuera del rango del Alberta Canadá para agua (0,03 mg/l) en una (1) muestra en la época húmeda, siendo la estación: S0109-ASub002.
- Mercurio fue detectado del rango de Alberta Canadá para agua (0,000005 mg/l), en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0109-ASub001. Cabe mencionar que el límite de detección del laboratorio (<0.00007 mg/l) es mayor que el estándar de calidad de Alberta Canadá (0.000005 mg/l).

La presencia de los metales (Al, Fe, Mn y Zn) en las aguas subterráneas se infiere puede deberse por la cantidad de concentración de estos metales que están presentes en el suelo de manera natural, y producto de la lixiviación con el flujo de agua subterránea estén afectando a la calidad de esta.

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 Flora

A. Riqueza de especies (con uso potencial)

Se realizó el muestreo de flora según la metodología propuesta (ítem 3.5.2.4; MINAM, 2015), registrándose tres especies, correspondientes a tres familias y tres órdenes taxonómicos.

Estas especies son usadas por la población local con propósitos medicinales, maderables y alimentarios.

Cuadro 3-45 Lista de especies de flora registrada con uso potencial

Sector	Comunidad Nativa	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
2	José Olaya	S0109 (Sitio 3)	Flora	Laurales	Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	Canela moena	Maderable
				Sapindales	Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	Marupá	Medicinal
				Arecales	Arecaceae	<i>Euterpe precatoria</i>	Huasá	Medicinal

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

Fotografía 3-10 *Ocotea sp.* “Canela moena” (especie maderable)



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

Fotografía 3-11 *Euterpe precatoria* "Huasaí" (Utilizado como medicina antimalaria)



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

B. Abundancia y Diversidad

No se determinó por ser una evaluación netamente cualitativa. Sin embargo, cuadro anterior se puede observar especies herbáceas y arbóreas de gran porte, tales como los Arecales, (MINAM, 2015).

3.7.6.2 Fauna

Respecto a las especies de fauna silvestre más comunes dentro del área evaluada (Cuadro N° 3-45), 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 3-46 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	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta 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>	Machín 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	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta sp.</i>	Añuje					X	Alimento
		Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>	Sapo						
			<i>Rhinella margaritifera</i>	Sapo pipa						

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0109 (Sitio 3)
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 3-46 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			
Reptiles	Squamata	Gekkonidae	<i>Hemidactylus mabouia</i>	Salamandra						
		Teiidae	<i>Ameiva ameiva</i>	Lagartija						
			<i>Tupinambis teguixin</i>	Iguana						
		Colubridae	<i>Imantodes lentiferus</i>	Afaninga						
		Viperidae	<i>Bothrops atrox</i>	Jergon						
	Testudinata	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.

A. Riqueza de especies con uso potencial

Se realizó el muestreo de flora según la metodología propuesta (ítem 3.5.2.4; MINAM, 2015), registrándose tres especies, correspondientes a tres órdenes y tres familias taxonómicas. Las especies de fauna silvestre con uso conocido y que fueron registradas están representadas por un roedor grande y un felino grande, las cuales son cazadas de manera incidental como alimento y para extraer su piel con fines ornamentales. Con ambos registros se cierra la cadena trófica entre consumidores primarios (presas) y consumidores secundarios (predadores). (Ver ítem 3.5.2.5 Métodos para la caracterización biológica).

Cuadro 3-47 Lista de especies de fauna registrada con uso potencial

Sector	Comunidad Nativa	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
2	José Olaya	S0109 (Sitio 3)	Fauna	Carnívora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	Otorongo	Ornamental
				Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus sp.</i>	Majaz, picuro	Alimentación
				Squamata	Teiidae	<i>Ameiva sp.</i>	Lagartija	Sin uso conocido

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

Fotografía 3-12 Huellas de *Cuniculus sp.* “Majaz” (Utilizado para alimentación)



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

Fotografía 3-13 Huellas de Panthera onca “Otorongo” (Utilizado como adorno)


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

B. Diversidad

Se considera importante verificar la probabilidad de cacería incidental de una especie, determinando ésta es abundante en lugares específicos. De acuerdo a esta premisa, se optó por calcular el índice de ocurrencia e índice de actividad de Boddicker para mamíferos mayores, y la especie registrada que alcanzó mayor puntaje fue Ameiva sp. (20) con lo que se puede confirmar la presencia de esta especie para el sitio, debido a que este puntaje es mayor a 10. Sin embargo, esta especie no es abundante, pues este valor es menor a 25 (MINAM, 2015).

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, no siempre se puede obtener datos cuantitativos y/o cualitativos de este componente, no siendo susceptibles a análisis estadísticos.

Cuadro 3-48 Índice de Ocurrencia e Índice de Actividad de Boddicker para mamíferos

Especie	Nombre común	Tipo de registro	Índice de Ocurrencia	Nº de observaciones	Índice de Actividad
<i>Panthera onca</i>	Otorongo	Huellas	5	1	5
<i>Cuniculus sp.</i>	Majaz	Huellas	5	1	5
<i>Ameiva sp.</i>	Lagartija	Avistamiento	10	2	20

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

3.7.7 Hidrobiología

3.7.7.1 Fitoplancton

A. Composición de especies (con uso potencial)

En la época húmeda, se determinaron 8 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta y Euglenophyta, con el 40 % de las especies registradas cada uno. La estación de monitoreo mejor representada fue S0109-HB-FIT1-002 con 5 especies, mientras que la estación S0109-HB-FIT1-001 registró la menor cantidad de especies de fitoplancton (3 especies)

En la época seca, se determinaron 8 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 5 especies representando el 57,14 % de dominancia, seguido por Cyanobacteria con 3 especies. la estación S0109-Hb-FIT1-001, fue la más representativa, con 6 especies registradas.

La lista de especies de fitoplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio.

Cuadro 3-49 Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-FIT1-001	S0109-HB-FIT1-002	S0109-HB-FIT1-001	S0109-HB-FIT1-002
	N.º de Individuos			
Bacillariophyta	1	2	3	1
Cyanobacteria		1	2	1
Euglenophyta	2	2	1	
Total de especies	3	5	6	2

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 496 ind/L. La estación S0109-Hb-FIT-001 presentó la mayor abundancia (53,4 %).

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época seca, se registró un total 329 ind/L. El Phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia (39,81 %), seguido de Euglenophyta (35,25 %).

Cuadro 3-50 Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-FIT1-001	S0109-HB-FIT1-002	S0109-HB-FIT1-001	S0109-HB-FIT1-002
	Nº de Individuos			
Bacillariophyta	33	99	48	83
Cyanobacteria		33	66	16
Euglenophyta	232	99	116	
Total	265	231	230	99

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

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0109-HB-FIT1-001 registró los valores más altos de diversidad ($H' = 1,147$ bits/ind y $1-D = 0,615$ probits/ind). El valor de equidad en esta estación fue alto; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

En época seca, la estación S0109-HB-FIT1-001 registró valores de diversidad medios ($H' = 1,419$ bits/ind y $1-D = 0,679$ probits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

La familia Bacillariophyta presentó una clara dominancia sobre las demás taxas. Estas 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 3-51 Número de especies, individuos e índices de diversidad fitoplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-FIT1-001	S0109-HB-FIT1-002	S0109-HB-FIT1-001	S0109-HB-FIT1-002
	N.º de Individuos			
Riqueza específica (S)	3	5	6	2
Total de Individuos	265	231	230	99
Índice de Margalef (D)	0,358	0,735	0,919	0,217
Equidad de Pielou (J')	0,818	0,963	0,791	0,638
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,898	1,55	1,419	0,442
Índice de Simpson(1-D)	0,53	0,775	0,679	0,271

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

3.7.7.2 Zooplancton

A. Composición de especies (con uso potencial)

En época húmeda el zooplancton estuvo representado por 14 especies y 5 phylum, destacando el Phylum Rotífera con 7 especies representando el 50 % de dominancia.

En época seca el zooplancton estuvo representado por 6 especies, distribuidas en 6 familias, 5 órdenes y 4 phylum. El phylum Rotífera es el más representativo, con el 50 % de las especies registradas.

La lista de especies de zooplancton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio.

Cuadro 3-52 Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-Zoo1-001	S0109-HB- Zoo 1-002	S0109-HB- Zoo 1-001	S0109-HB- Zoo 1-002
	N.º de Individuos			
Protoza	3	3	1	1
Rotífera	5	4		3
Arthropoda				1
Nemátoda	1	1		1
Ciliophora	1			
Gastrotrichia	1			
Total de especies	11	8	1	6

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

B. Abundancia y Diversidad

Respecto a la abundancia del zooplancton para la época húmeda, se registró un total de 2350 ind/l. La estación S0109-HB-ZOO1-002 representó la mayor abundancia con 1350 ind/l.

Respecto a la abundancia del zooplancton para época seca, se registró un total de 1350 ind/l, siendo la más representativa la estación S0109-HB- Zoo 1-002 (1300 ind/l).

Cuadro 3-53 Abundancia de zooplancton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-Zoo1-001	S0109-HB- Zoo 1-002	S0109-HB-Zoo1-001	S0109-HB- Zoo 1-002
	Nº de Individuos			
Protoza	400	700	50	300
Rotífera	400	550		500
Arthropoda				300
Nemátoda	100	100		200
Ciliophora	50			
Gastrotrichia	50			
Total	1 000	1 350	50	1 300

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).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener sirve para interpretar aspectos relacionados con la calidad del agua. Las estaciones de monitoreo presentan valores cercanos o mayores a 3, los que indican comunidades de alta diversidad, balanceadas y probablemente de hábitats no perturbados.

El siguiente cuadro muestra el número de especies, individuos e índices de diversidad del zooplancton en las estaciones de monitoreo. La estación S0109-HB-ZOO1-001 es la que presentó los mayores valores de diversidad en época húmeda ($H' = 3,046$ bits/ind y $1-D = 0,840$ probits/ind). La estación S0109-HB-ZOO1-002 es la que presentó los mayores valores de diversidad en época húmeda ($H' = 1,738$ bits/ind y $1-D = 0,816$ probits/ind). De acuerdo con estos valores, se puede inferir una regular calidad de agua para este sitio, la cual mejora en época húmeda (probablemente por el mayor volumen y cauda de las quebradas), evidenciándose además una distribución medianamente homogénea entre las taxas registradas.

Cuadro 3-54 Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-Zoo1-001	S0109-HB- Zoo 1-002	S0109-HB-Zoo1-001	S0109-HB- Zoo 1-002
	N° de Individuos			
Riqueza específica (S)	11	8	1	6
Total de Individuos	1000	1350	50	1300
Índice de Margalef (D)	1,448	0,971	'	0,697
Equidad de Pielou (J')	0,881	0,849	'	0,97
Índice de Shannon y Wiener (H')	3,046	2,548	0	1,738
Índice de Simpson(1-D)	0,840	0,785	0	0,816

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

3.7.7.3 Perifiton

A. Composición de especies (con uso potencial)

En la época húmeda, se determinaron 12 especies de perifiton, repartidos en 5 phylum, destacando el phylum Bacillariophyta con 5 especies representando el 41,67 % de dominancia, seguida por Protozoa con 3 especies (25 %). La estación de monitoreo mejor representada fue S0109-HB-PER1-002 con 9 especies.

En la época seca, se determinaron 19 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 7 especies representando el 36,84 % de dominancia. La estación S0109-Hb-PER1-002 presentó la mayor cantidad de especies (9 especies).

La lista de especies de perifiton registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de ensayos de laboratorio.

Cuadro 3-55 Número de especies de perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-PER1-001	S0109-HB- PER 1-002	S0109-HB- PER 1-001	S0109-HB- PER 1-002
	N.º de Individuos			
Bacillariophyta	3	2	2	5
Protozoa	0	3	1	2
Cyanobacteria	1	2	2	2
Nemátoda	1	1		1
Rotífera	0	1		
Euglenophyta				1
Charophyta				5
Chlorophyta				1
Total de especies	5	9	5	17

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 222 org/cm². La mayor abundancia la presentó Bacillariophyta (32,67 %), seguida de Cyanobacteria (26,82 %).

Por otro lado, se registró un total 226 163 org/cm de especies del perifiton en época húmeda, Bacillariophyta presentó la mayor abundancia (59,19 %).

Las algas más abundantes pertenecieron a especies de diatomeas (Bacillariophytas), las cuales pululan en estos medios, por lo que se podría inferir una alta contaminación orgánica en el sitio.

Cuadro 3-56 Abundancia de perifiton por estación de monitoreo

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-PER1-001	S0109-HB- PER 1-002	S0109-HB-PER1-001	S0109-HB- PER 1-002
	N.º de Individuos			
Bacillariophyta	61	11	5250	128 625
Cyanobacteria	14	45	750	13 781
Rotífera	0	19		
Nemátoda	7	23		919
Protozoa	0	41	750	5513
Euglenophyta				1838
Charophyta				52 369
Chlorophyta				15 619
Total	83	139	7500	218 663

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

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0109-HB-PER1-002 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S=9$, $H'=2,768$ bits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios; es decir, la comunidad se presentó relativamente heterogénea con especies dominantes.

Respecto a la diversidad en época seca, la estación S0109-HB-PER1-002 registró valores de diversidad más altos ($H'=2,437$ bits/ind y $1-D=0,888$). Los valores de equidad fueron también altos, es decir, la comunidad se presentó homogénea, sin especies 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 3-57 Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-PER1-001	S0109-HB- PER 1-002	S0109-HB-PER1-001	S0109-HB-PER 1-002
	N.º de Individuos			
Riqueza específica (S)	5	9	5	17
Total de Individuos	83	139	7 500	218 667
Índice de Margalef (D)	0,906	1,622	0,448	1,301
Equidad de Pielou (J')	0,664	0,873	0,881	0,86
Índice de Shannon y Wiener (H')	1,541	2,768	1,418	2,437
Índice de Simpson(1-D)	0,460	0,169	0,72	0,888

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

3.7.7.4 Macroinvertebrados Bentónicos

A. Composición de especies (con uso potencial)

En época húmeda, se registró 1 orden perteneciente a la clase Insecta (phylum Arthropoda). La totalidad de los individuos identificados pertenecen al phylum Arthropoda.

En época seca, se registró un total de 4 órdenes 5 familias y 5 morfoespecies, 4 de éstas pertenecientes a la clase Insecta y 1 a la clase Clitellata (phylum Arthropoda y Annelida, respectivamente). La estación más representativa fue S0109-Hb-BEN1-001, con 4 morfoespecies (80 % del total).

Cuadro 3-58 Número de especies de bentos por orden

Orden	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-BEN1-001	S0109-HB- BEN 1-002	S0109-HB-BEN1-001	S0109-HB- BEN 1-002
	N.º de Individuos			
Diptera	1	1	1	1
Trichoptera			1	
Coleóptera			1	
Oligochaeta			1	
Total de especies	1	1	4	1

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

Las especies correspondientes al Orden Díptera son las dominantes. Esta familia es tolerante a ambientes con contaminación orgánica, por lo que significaría un indicador de estos impactos en el sitio.

B. Abundancia y Diversidad

Se colectaron 13 individuos de bentos en época húmeda en ambas estaciones de muestreo. La estación que presentó mayor número de individuos fue S0109-Hb-BEN1-001 (11 individuos).

El único macroinvertebrado registrado fue una larva de la familia Chironomidae, con 13 individuos.

Se colectaron 6 individuos de bentos en época seca en ambas estaciones de muestreo. La estación que presentó mayor número de individuos fue S0109-Hb-BEN1-001 (4 individuos).

La dominancia del phylum Arthropoda en las estaciones evaluadas fue casi 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 3-59 Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo

Orden	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-BEN1-001	S0109-HB- BEN 1-002	S0109-HB-BEN1-001	S0109-HB- BEN 1-002
	N.º de Individuos			
Díptera	11	2	1	2
Trichoptera			1	
Coleóptera			1	
Oligochaeta			1	
Total	11	2	4	2

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

De forma general, Los valores de riqueza y diversidad fueron muy bajos, es decir, la comunidad es poco diversa.

Cuadro 3-60 Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0109-HB-BEN1-001	S0109-HB- BEN 1-002	S0109-HB-BEN1-001	S0109-HB-BEN 1-002
	N.º de Individuos			
Riqueza específica (S)	1	1	4	1
Total de Individuos	11	2	4	2
Índice de Margalef (D)	0	0	2,164	-
Equidad de Pielou (J')	-	-	1	-
Índice de Shannon y Wiener (H')	0	0	1,386	0
Índice de Simpson (1-D)	0	0	0,75	0

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.

En cuanto al zooplancton, las especies registradas son por lo general comunes de aguas ligeramente ácidas y suelos arcillosos. Pueden ser tolerantes a polución orgánica de moderada a muy fuerte (Roldán, 1992; Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011).

De acuerdo a los resultados de zooplancton, se observa una alta diversidad de Shannon (cerca de 3) en época húmeda, y medios a altos (cerca de 2) en época seca; y se podría interpretar como una regular calidad de agua; sin embargo, este resultado sólo en época húmeda (probablemente por el mayor volumen y caudal de las quebradas), evidenciándose además una distribución medianamente homogénea entre las taxas registradas. Por otro lado, El Phylum más representativo fue Rotifera, el cual se destaca por ser bastante resistente a condiciones ambientales extremas (como la sequía), entrando en un estado de latencia o hibernación hasta que las condiciones sean nuevamente óptimas (Gladyshev y Meselson, 2008). Esto originaría un falso positivo en cuanto a calidad respecta, y por tanto no se podría considerar los valores del índice de Shannon como un indicador de buena calidad de agua.

Las diatomeas (Bacillariophyta) fueron las más representativas en los valores de perifiton. Esto se debería a las razones ya mencionadas para el fitoplancton, donde se podría inferir una moderada contaminación por materia orgánica.

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, el phylum Arthropoda y particularmente la clase Insecta presentó la dominancia en riqueza y abundancia. 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). En este caso específico, también corroboran el mal estado del cuerpo de agua estudiado, tanto aguas arriba como aguas abajo.

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 3-24.

Para la estimación de áreas y volúmenes para el sitio impactado S0109 (Sitio 3) se efectuaron ejercicios de modelamiento de iso-concentraciones de los contaminantes, tomando la peor situación encontrada, para la cual se utilizaron las fracciones de hidrocarburos F2 y F3, como modelo para simular el comportamiento el cual se considera válido igualmente para los metales asociados a los hidrocarburos.

A pesar de no contar con resultados de muestras tomadas a diferentes profundidades de forma homogénea y detallado sobre toda el área de estudio, se consideró profundidades de interés para poder estimar la distribución horizontal y vertical de la presencia de las fracciones de hidrocarburos y metales asociados a los hidrocarburos.

La Figura 3-24 presenta el resultado de las estimaciones de superficies y volúmenes de suelo contaminado a partir del modelo de iso-concentración. Se presenta en esta figura el polígono del área impactada, secciones en profundidad con la presencia de metales pesados 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.

El Cuadro 3-60 resume los cálculos de superficie y de volúmenes contaminados de suelo para el sitio impactado S0109 (Sitio 3).

Cuadro 3-61 Superficies y volúmenes de suelo contaminado

Estimación de Volúmenes Contaminados		
Profundidad (m)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
0,0-1,2	336,59	302,93
1,20-2,70	0	0
Total	336,59	302,93

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

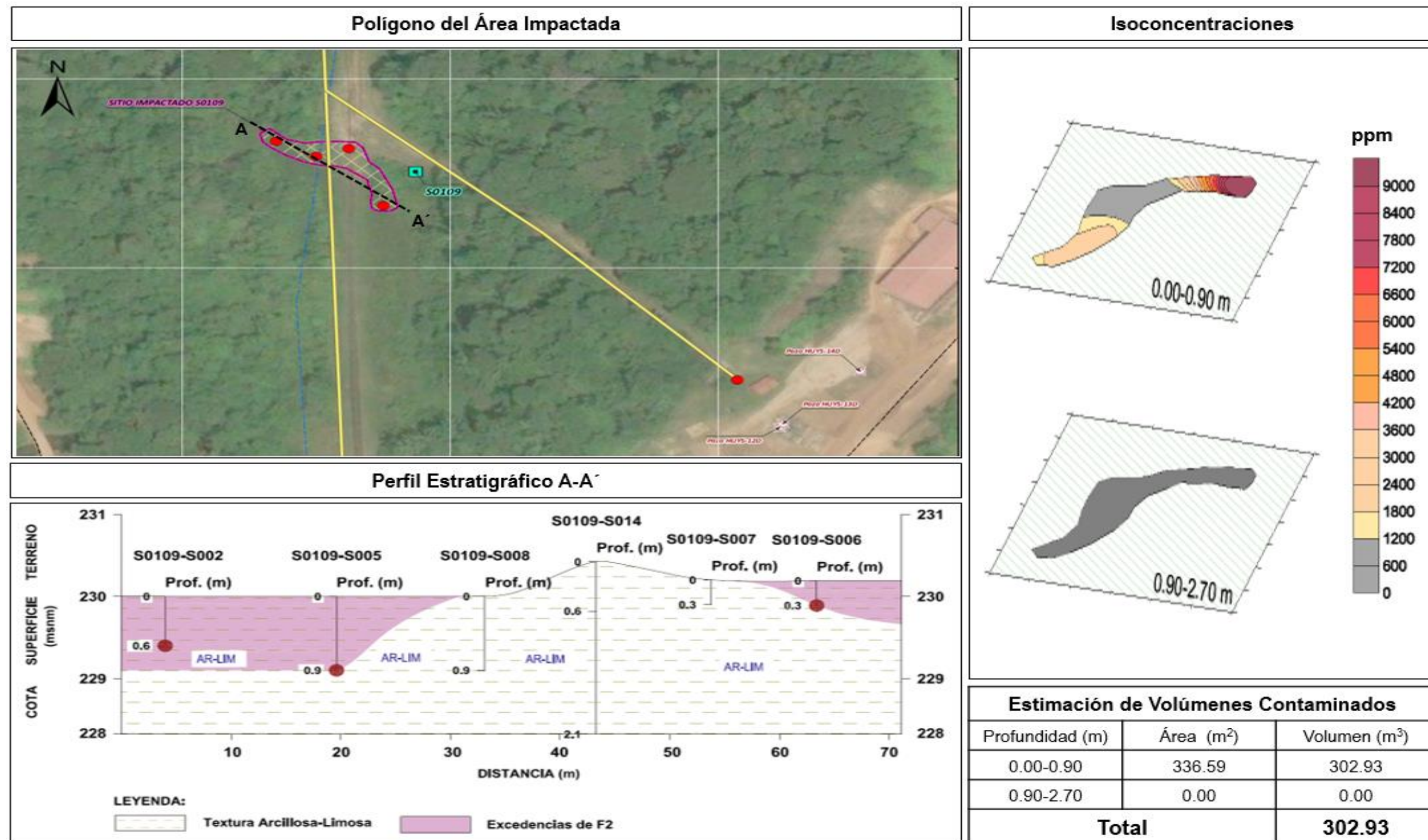
La superficie y volumen de suelo impactado no necesariamente implica la cantidad de suelo a remediar. Para el sitio S0109 (Sitio 3) se toma como superficie y volumen contaminado la comprometida por los contaminantes presentes (aunque con una baja ocurrencia) en el sitio impactado. En este caso no existe una real predominancia de contaminantes, ya que la ocurrencia es prácticamente nula. No obstante, se tomaron las fracciones de hidrocarburos F2 y F3, como base potencial para estas estimaciones.

La superficie potencial contaminada compromete el 60 % aproximado del área total del sitio impactado en superficie (0-1,2 m).

En cuando al volumen, el sitio impactado contiene aproximadamente 300 m³ de material contaminado. Siendo la sección de 0,0-1,5 metros la de mayor volumen de suelo contaminado.

Es importante mencionar que las evidencias de contaminación son mínimas. Las estimaciones de superficie y volumen contaminado corresponden a un polígono que se establece para delimitar una pequeña superficie de muestreo donde se encontraron hallazgos de contaminantes, específicamente fracciones F2 y F3, las fracciones de hidrocarburo presenta mayor cantidad de muestras con excedencias y algunos metales asociados a hidrocarburos (bario) en las mismas profundidades de muestreo que las fracciones de hidrocarburo.

Figura 3-24 Modelo Integrado de análisis del S0109 (Sitio 3) – Visión integrada para las fracciones F2 y 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.

En el sitio S0109 (Sitio 3) existe actividad operacional productiva, adicionalmente se observa una fuerte pendiente desde la fuente, que dinamiza el transporte, por escorrentía superficial del hidrocarburo; el hidrocarburo pudo haber discurrido por el corredor de servicios del oleoducto y por la pendiente al costado del corredor hasta conseguir la depresión del relieve donde se forma el herbazal de pantano (fangal).

El sitio puede estar sujeto a cambios por la temporalidad de las lluvias.

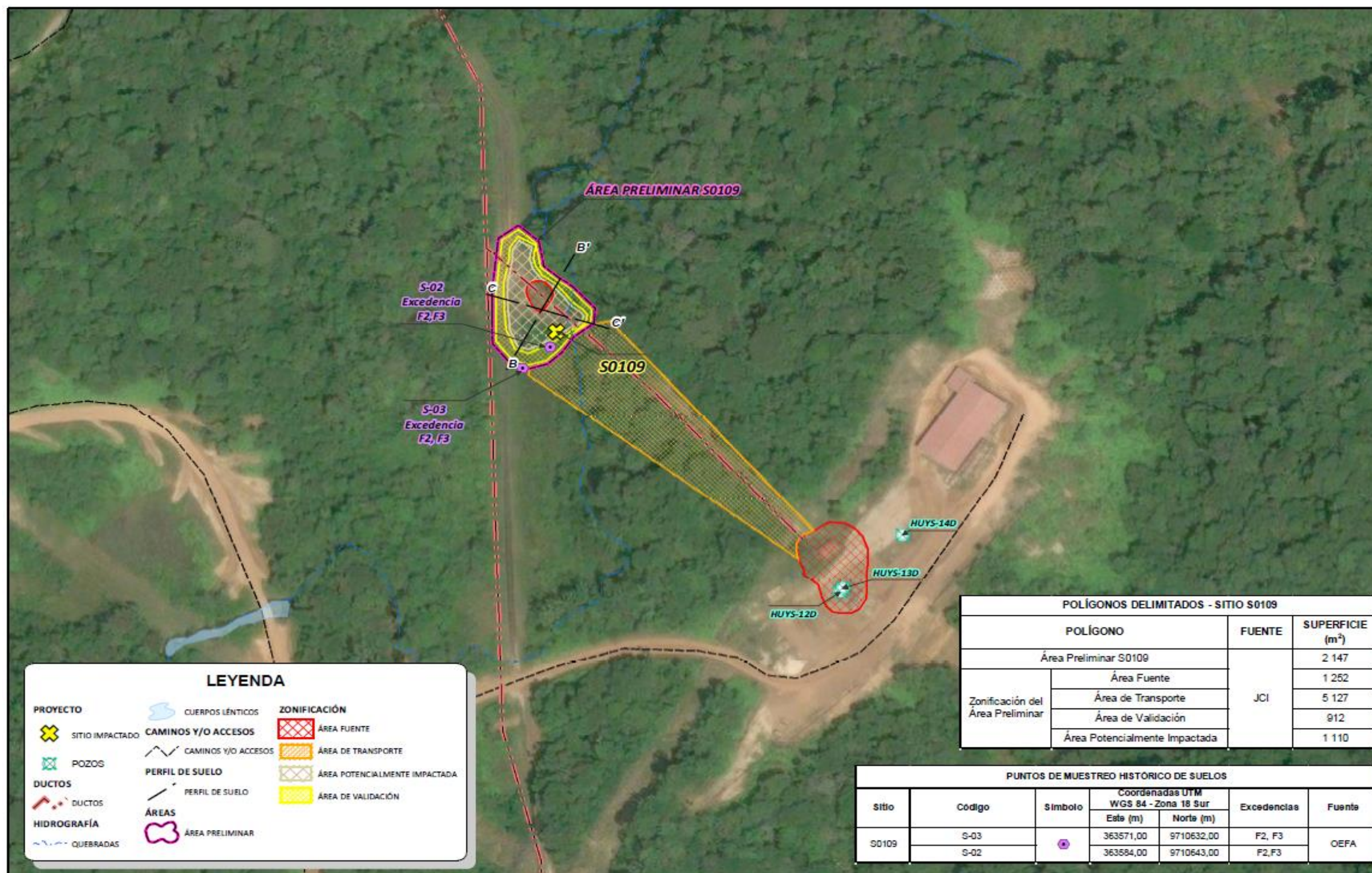
Por otra parte, existen hallazgos durante el reconocimiento que permiten inferir de diferentes fuentes de contaminación, no tan sólo los indicados por el FONAM inicialmente, por esta razón, se establecieron dos áreas impactadas, las cuales se verificaron en campo durante el reconocimiento.

El área de acumulación se localiza en una microcuenca, de acuerdo con los estudios facilitados por FONAM no se habían tomado muestras de caracterización para ese sitio impactado, pero si en las inmediaciones encontrándose: Plomo, Arsénico y Cadmio.

De acuerdo con información obtenida en sitio durante la salida de reconocimiento uno de los derrames ocurre por una posible fuga del pozo HUYS-12 y HUYS-13, otros derrames están asociados a rebose de la fosa de descarga o sumidero, estos eventos tuvieron una ocurrencia hace más de 10 años, no obstante, hace menos de 3 meses ocurrió un nuevo derrame.

Por lo indicado en párrafos anteriores se delimitó la concentración del contaminante de acuerdo con el polígono que se observa en la Figura 3-25.

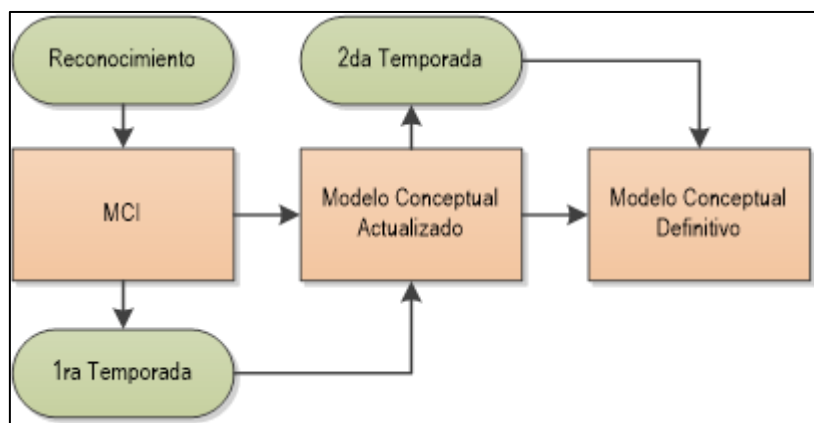
Figura 3-25 Área potencialmente Impactada de acuerdo con el MCI



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

El polígono mostrado se trata del API de acuerdo con el MCI, como primera fase que se sustenta en la salida de reconocimiento. En la Figura 3-26 se muestra un flujograma de la evolución del modelo conceptual (MC).

Figura 3-26 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 potencialmente impactada, donde se generó incertidumbre en cuanto a los límites del polígono al oeste y al suroeste del polígono norte, igualmente se generó una incógnita en cuanto a los metales contenidos en el suelo cercano a los pozos de agua subterránea, así mismo se plantearon puntos confirmatorios en los cuerpos de agua superficial y sedimentos donde se encontraron excedencias.

Para la segunda época de muestreo se desarrolló el Modelo Conceptual Actualizado tomando en cuenta los resultados analíticos de la primera época, 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 época eran propios del suelo natural).

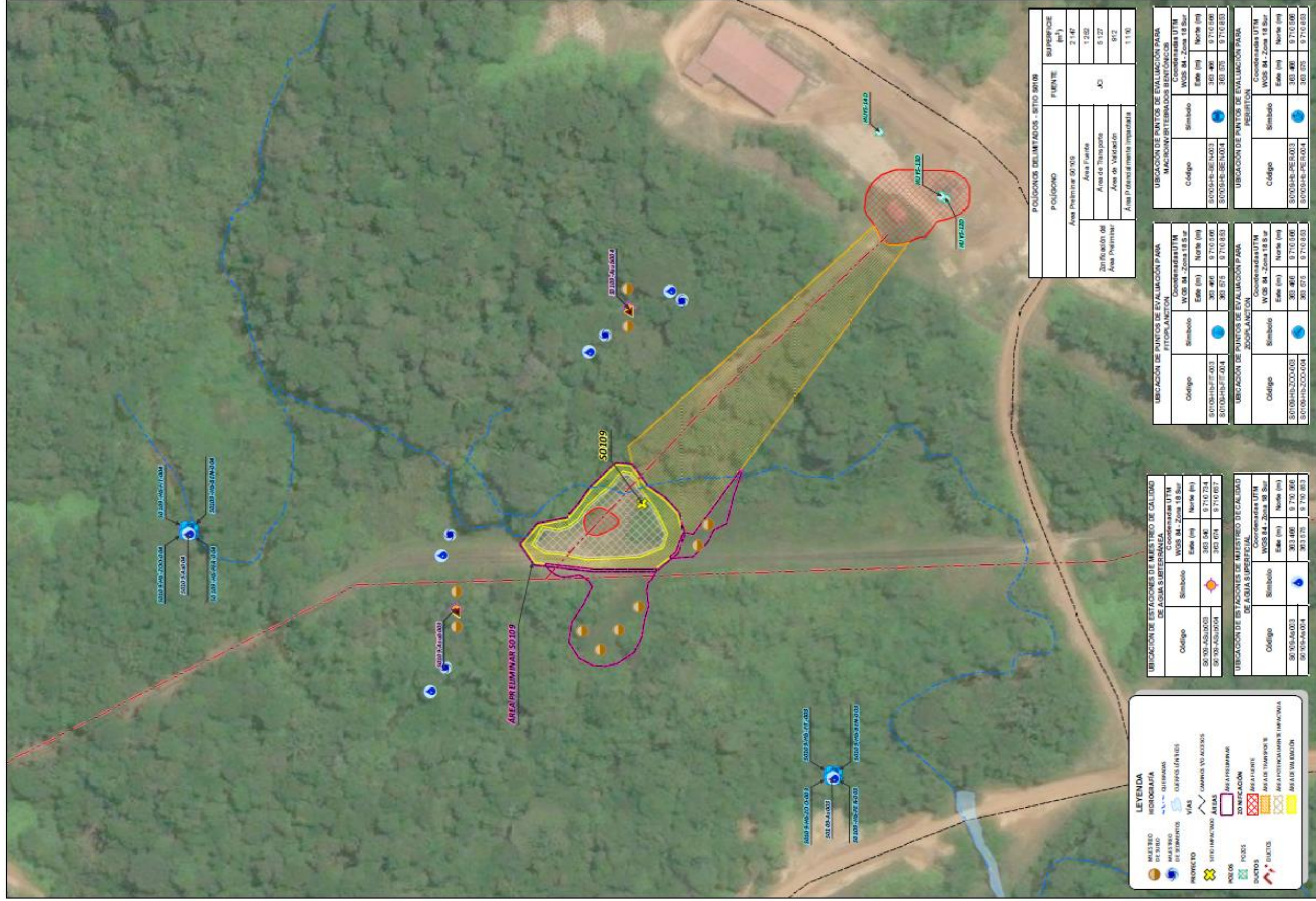
Premisas para la actualización del Modelo Conceptual

La actualización del MCI se realiza con base en los resultados obtenidos de la primera época, 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 potencialmente impactada esto se puede observar en la Figura 3-27.

Figura 3-27 Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios



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

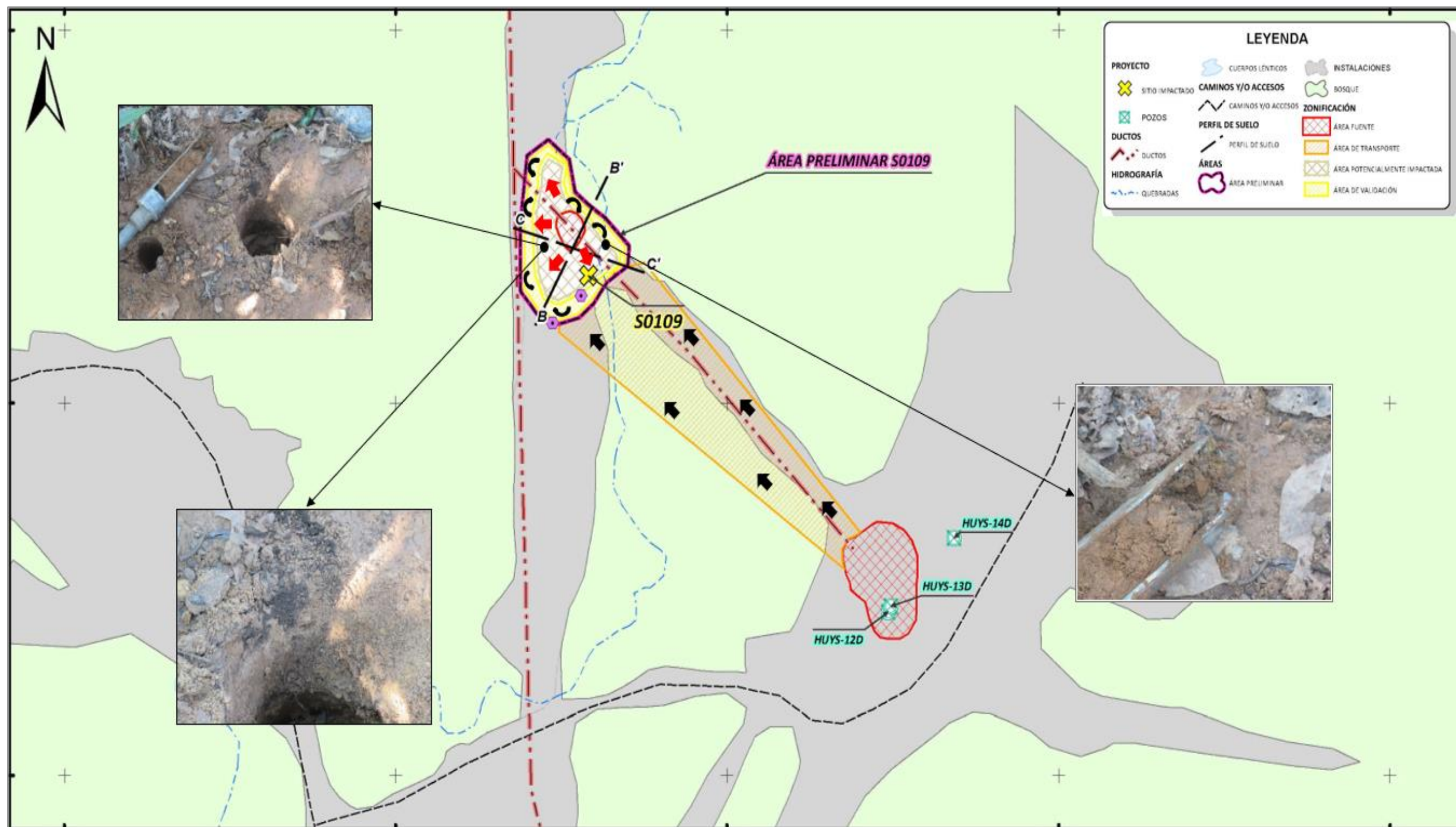
3.9.1 Fuentes de los contaminantes

La fuente primaria es la operación petrolera, el contaminante fue liberado por una posible ruptura de oleoducto “reciente” (menos de 3 meses) y eventos posteriores relacionados con fugas en el pozo HUYS-12 y HUYS-13, así como desborde del tanque sumidero, como también fugas en la tubería (últimos 10 años).

3.9.2 Potenciales receptores de la contaminación

Los principales receptores son las especies de vegetación a lo largo del bosque de ladera y el herbazal, así como la fauna asociada a este ecosistema y posibles receptores humanos. Lo indicado se ilustra en la Figura 3-28, que simula la dirección del flujo del contaminante en suelo, además del posible proceso de percolación o lixiviación hacia el subsuelo.

Figura 3-28 Modelo conceptual inicial 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 son la fauna por Ingestión de agua/barro y la flora por absorción por sistema radicular.

Cuadro 3-62 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

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

Flora. Este sitio presenta por formación vegetal al Bosque de terrazas bajas, y el área impactada representa aproximadamente un 60 % del área total del sitio. Por ser una zona inundable, los accesos para realizar actividades de recolección en todo el lugar son bastante limitados. Se registró 3 especies vegetales susceptibles a uso por parte de pobladores locales, observándose indicios de recolección de una de estas especies con fines alimentarios (*Simarouba amara* “Marupá”), lo cual nos indicaría una probabilidad alta de exposición a contaminantes por uso de flora.

Fauna. Se registraron dos especies de fauna con potencial de uso por parte de las poblaciones cercanas. Éstas son cazadas incidentalmente; sin embargo, según los pobladores, en este Sitio no se realizan actividades cinegéticas por presentar muchos indicios de contaminación. De esta se podría inferir la ausencia de una ruta de exposición completa desde la fuente contaminante hacia las poblaciones humanas, aunque sí hacia ciertas especies de flora y fauna.

Por otro lado, el sitio evaluado colinda con dos quebradas, al noreste 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 neotónica, 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.

3.9.4 Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro

Migración del suelo superficial a agua subterránea por posible infiltración/lixiviación. Potencial migración de contaminantes hacia cuerpos de agua superficiales lóticos por flujo o movimiento laminar del área inundable.

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 13 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 sitio S0109 (Sitio 3) 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 pueden mencionar los siguientes grupos de factores que pudieran modificar 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 los siguientes cuadros se muestran exclusivamente los resultados de los análisis de laboratorio que exceden la norma de calidad de suelo para el Perú.

Cuadro 3-63 Resumen de excedencias de muestras de suelo (Época húmeda)

Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Bario Total	HT C10-C28	HT C28-C40	Naftaleno
	Este	Norte					
Unidades				mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS	mg/kg PS
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)				750	1200	3000	0,1
S0109-S001-0.90	363 707	9 710 541	21/06/2018	31,7	4969,00	969	-
S0109-S002-0.60	363 535	9 710 667	21/06/2018	40,32	2332,00	2548	-
S0109-S005-0.90	363 550	9 710 659	21/06/2018	94,04	1946,00	1525	-
S0109-S006-0.30	363 575	9 710 633	21/06/2018	1652	14721,00	5395	0,166
S0109-S009-0.60	363 562	9 710 663	21/06/2018	1996	261,00	313	-

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede la normativa nacional e internacional

Excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

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

Cuadro 3-64 Resumen de excedencias de muestras de agua superficial (Época húmeda)

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Oxígeno Disuelto	pH
		Este	Norte			
Unidades					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
S0109 (Sitio 3)	S0109-As001	363 466	9 710 566	7/09/2018	7,3	6,2
	S0109-As002	363 575	9 710 853	7/09/2018	7,2	6,2
	S0109-As003	363 538	9 710 733	7/09/2018	2,7	5,7

[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 3-65 Resumen de excedencias de muestras de sedimentos (Época húmeda)

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM [a]		Fecha de Muestreo	Arsénico
		Este	Norte		
Unidades					
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)					
S0109 (Sitio 3)	S0109-Sed001	363 466	9 710 566	7/09/2018	5,90
mg/kg PS					
					5,97

Cuadro 3-66 Resumen de excedencias de muestras de agua subterránea (Época húmeda)

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM [a]		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	pH	Aluminio	Hierro	Manganeso	Zinc
		Este	Norte							
Unidades										
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines										
S0109 (Sitio 3)	S0109-ASub001	363 540	9 710 734	21/06/2018	≥ 5	6,5 - 9,0	0,01	0,30	0,050	0,03
	S0109-ASub002	363 674	9 710 657	21/06/2018	3,2	5,58	0,51	8,4	1,1648	0,015
					1,88	5,76	0,13	0,41	0,4228	0,045

Cuadro 3-67 Resumen de excedencias de muestras de agua subterránea (Época seca)

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM [a]		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	pH	Fósforo Total	Aluminio	Arsénico	Hierro	Manganeso	Mercurio
		Este	Norte									
Unidades												
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines												
S0109 (Sitio 3)	S0109-ASub001	363 540	9 710 734	08/09/2018	2,98	4,8	0,054	0,037	0,00326	11	0,78677	0,00023
	S0109-ASub002	363 674	9 710 657	08/09/2018	1,64	6,9	0,012	0,046	0,00572	0,21	0,37396	<0,00007

Legenda:

No excede la normativa internacional
Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

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

3.10 Interpretación de los resultados

A partir de los resultados de los análisis de laboratorio y de la interpretación integrada del sitio impactado en el contexto del entorno del S0109 (Sitio 3) se generó un nuevo polígono que se muestra en la Figura 3-29. Presenta una superficie aproximada de 0,05 ha.

El sitio S0109 (Sitio 3) es un área poco intervenida, cuya fisiografía actual se corresponde con un ecosistema de bosque de colinas bajas. Se compone en su extensión total de un área poco diferenciada y que se segmenta por el corredor de servicios de la tubería.

Los suelos son predominantemente arcillosos, hasta los 3 metros de profundidad aproximadamente. Se caracteriza el área por ser anegadiza o inundable con niveles de saturación por agua importantes durante prácticamente todo el año. Presenta una cobertura vegetal con poca densidad y de porte bajo lo que hace de este terreno mucho más susceptible a procesos de evaporación. Lo anterior hace que la potencialidad de infiltración o movilidad superficial de contaminantes sea elevada -lo cual- hacia horizontes de suelo más profundos u otros sistemas.

Los resultados de laboratorio para muestras de suelo entre los 0-1,5 metros indican la presencia de fracciones de hidrocarburos F2 y F3 y un grupo de metales que generalmente se asocian a la presencia de hidrocarburos: As, Ba, Cu, Pb, Se, V y Zn. Los hallazgos de los contaminantes se correlacionan espacialmente en su ocurrencia, tanto superficial como en profundidad. La sección entre los 0,3 metros y los 2 metros congrega las evidencias de contaminantes.

Los sedimentos sólo presentan excedencias en As, en la estación aguas arriba, para las muestras captadas en época seca.

Las aguas subterráneas arrojan una diversidad de metales, algunos de ellos relacionados con las características naturales de la región (Al, Fe). Los otros metales (Hg, Mn y Zn) pudieran guardar relación con los hallazgos en suelos.

El sitio S0109 (Sitio 3) presenta una dinámica de movilidad de contaminantes tanto vertical como horizontal. No se evidencia una predominancia en la presencia de contaminantes en el sitio impactado, las fracciones de hidrocarburos medianos y pesados, así como los metales asociados a estos se localizan en los 2 primeros metros de profundidad. No obstante, los resultados en sedimentos y de aguas subterráneas hacen pensar que existe una migración de estos por vía subterránea y por movimiento laminar superficial o subsuperficial.

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 estudio del gradiente hídrico, no se dispone nada más que de dos pozos con nivel piezométrico medido, cuyos datos son los siguientes:

Pozo	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Cota (m)	Prof. Nivel (m)	Nivel piezométrico (m)
Pz 1	363 540	9 710 734	205	2,75	202,25
Pz 2	363 674	9 710 657	254	2,50	251,50

De estos datos se deduce que los pozos están separados 77 m y sus diferencias de nivel piezométrico son 49,25 m.

Considerando que la dirección del flujo fuera de P_{22} a P_{21} el gradiente vendrá dado por:

$$I = 49,25/77 = 0,63$$

La estimación de la velocidad real del agua subterránea vendrá dada por:

$$V_R = \frac{k_e i}{m_e} = \frac{10^{-3} \cdot 0,63}{0,05} = 0,0126 \text{ m/d}$$

Es decir, el resultado obtenido es de 0,0126 m/día, o lo que es lo mismo 5 m en un año.

Estos valores ponen de manifiesto una dinámica importante del agua subterránea. Por otro lado, al tratarse de una zona anegable, con saturación del 100 % prácticamente todo el año, incrementa la potencial migración de contaminantes en forma laminar o subsuperficial.

Desde el punto de vista hidrodinámico la conceptualización del sitio S0109 (Sitio 3) nos permite inferir una potencial movilización de contaminantes hacia otros medios, aguas superficiales, subterráneas, etc. Aunque los metales presentes en el suelo son puntuales y asociados con la presencia de fracciones de hidrocarburos existe una importante posibilidad de migrar, con futuros eventos de derrames.

No obstante, la ocurrencia de metales en el suelo del sitio impactado es poco relevante. De igual forma en los sedimentos.

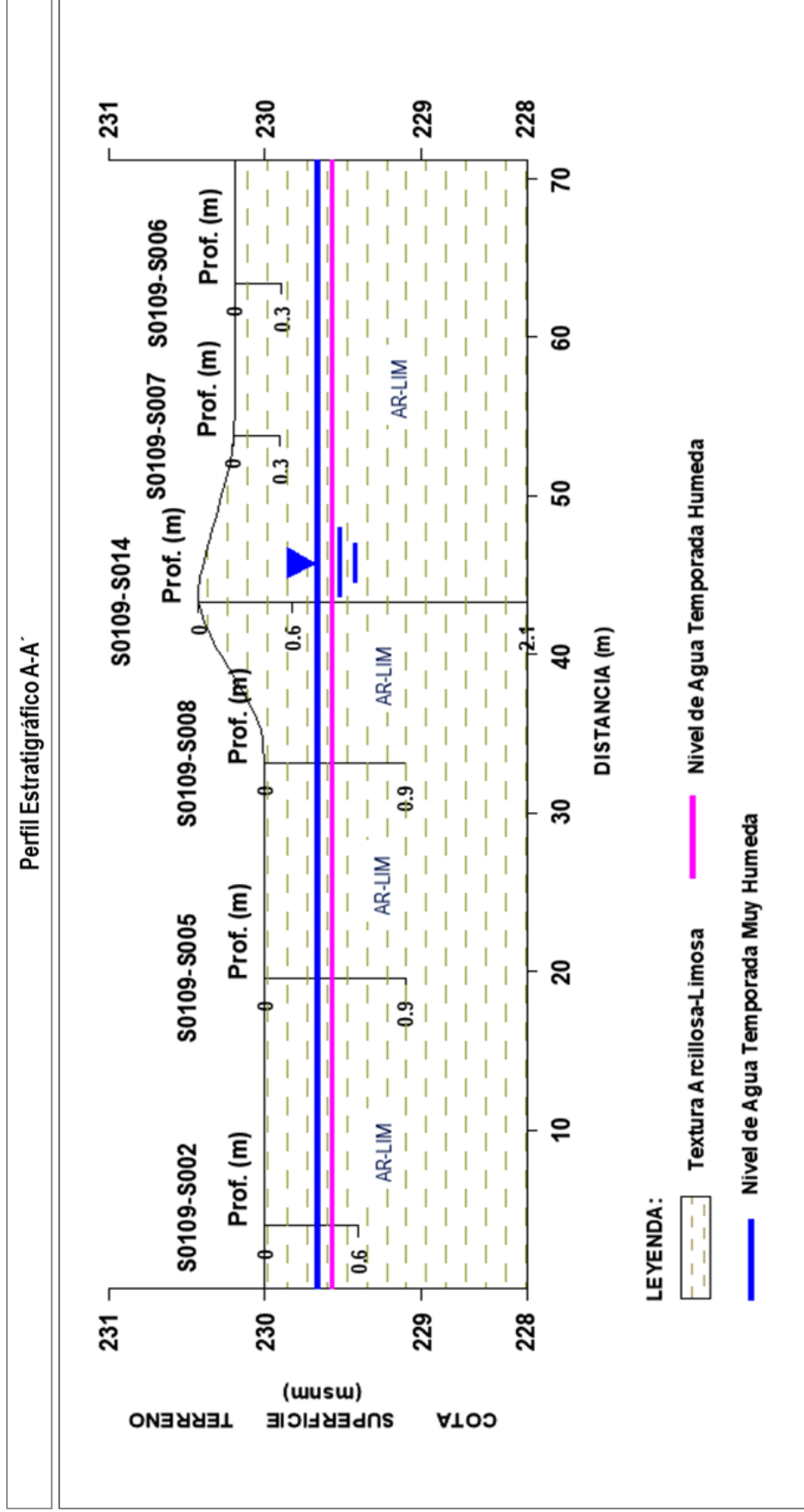
La conceptualización de la dinámica hidrogeológica para el sitio impactado S0109 (Sitio 3) se muestra en la Figura 3-30.

Figura 3-29 Sitio impactado S0109 (Sitio 3)



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

Figura 3-30 Conceptualización dinámica hidrogeológica S0109 (Sitio 3)



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

3.10.1 Determinación de los contaminantes

Como se presentó en el ítem 3.9.7 los resultados de campo que formaron parte de este análisis aquellos que excedían los estándares de calidad ambiental nacionales e internacionales previamente acordados para este estudio. En el sitio S0109 (Sitio 3) se determinaron como relevantes los siguientes contaminantes:

Suelos

Arsénico	1 muestras	Textura predominante Arcillosa	Profundidad máxima 2,7 metros Profundidad de la mayoría de los hallazgos 0,3 – 1,5 m
Bario total	2 muestras		
Cobre	3 muestras		
Plomo	3 muestras		
Vanadio	3 muestras		
Zinc	4 muestras		
Selenio	17 muestras		

28 muestras de suelo / 24 puntos de muestreo

Sedimentos

Arsénico	5 muestras / 6 puntos	Aguas arriba
----------	-----------------------	--------------

Aguas subterráneas

Aluminio	4 muestras / 2 puntos	Aguas abajo Aguas arriba
Mercurio	1 muestras / 2 puntos	
Manganeso	4 muestras / 2 puntos	
Hierro	3 muestras / 2 puntos	
Zinc	1 muestras / 2 puntos	

3.10.2 Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.

Existen diversas condicionantes del sitio S0109 (Sitio 3) que contribuyen a la degradación ambiental. A continuación, se mencionan los más determinantes:

- Terreno plano, con poca pendiente.
- Anegado prácticamente todo el año.
- Cuerpos de agua superficiales con caudal importante que colindan con el área.
- Dinámica hidrogeológica positiva, que facilita la migración de contaminantes solubilizados.
- Fácil acceso al sitio por carretera y por el corredor de tubería.
- Pendiente pronunciada en la vertiente del área operacional.

Todas las características anteriores son aspectos que contribuyen potencialmente a la degradación ambiental.

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)

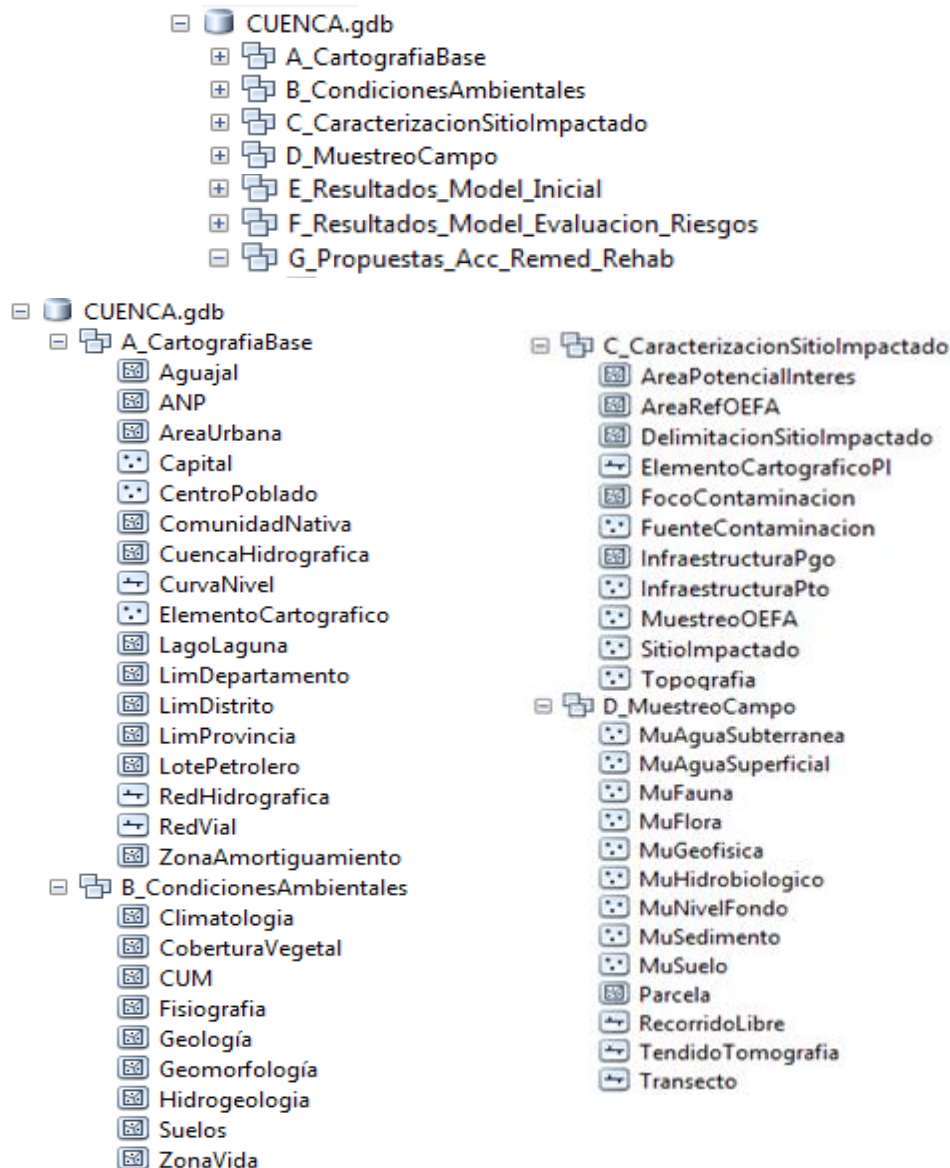
La base de información en donde se almacenará toda la información recopilada durante el desarrollo de proyecto será una **Geodatabase**, en donde se coleccionan datos espaciales, alfanuméricos y reglas de comportamiento, los cuales estarán interrelacionados.

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 PERSONA^z

El ERSA es un instrumento de orientación que tiene como objetivo evaluar si la contaminación existente en el Sitio S0109 (Sitio 3) 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 S0109 (Sitio 3) 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 S0109 (Sitio 3). 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.

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

^z 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 S0109 (Sitio 3) 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.

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:

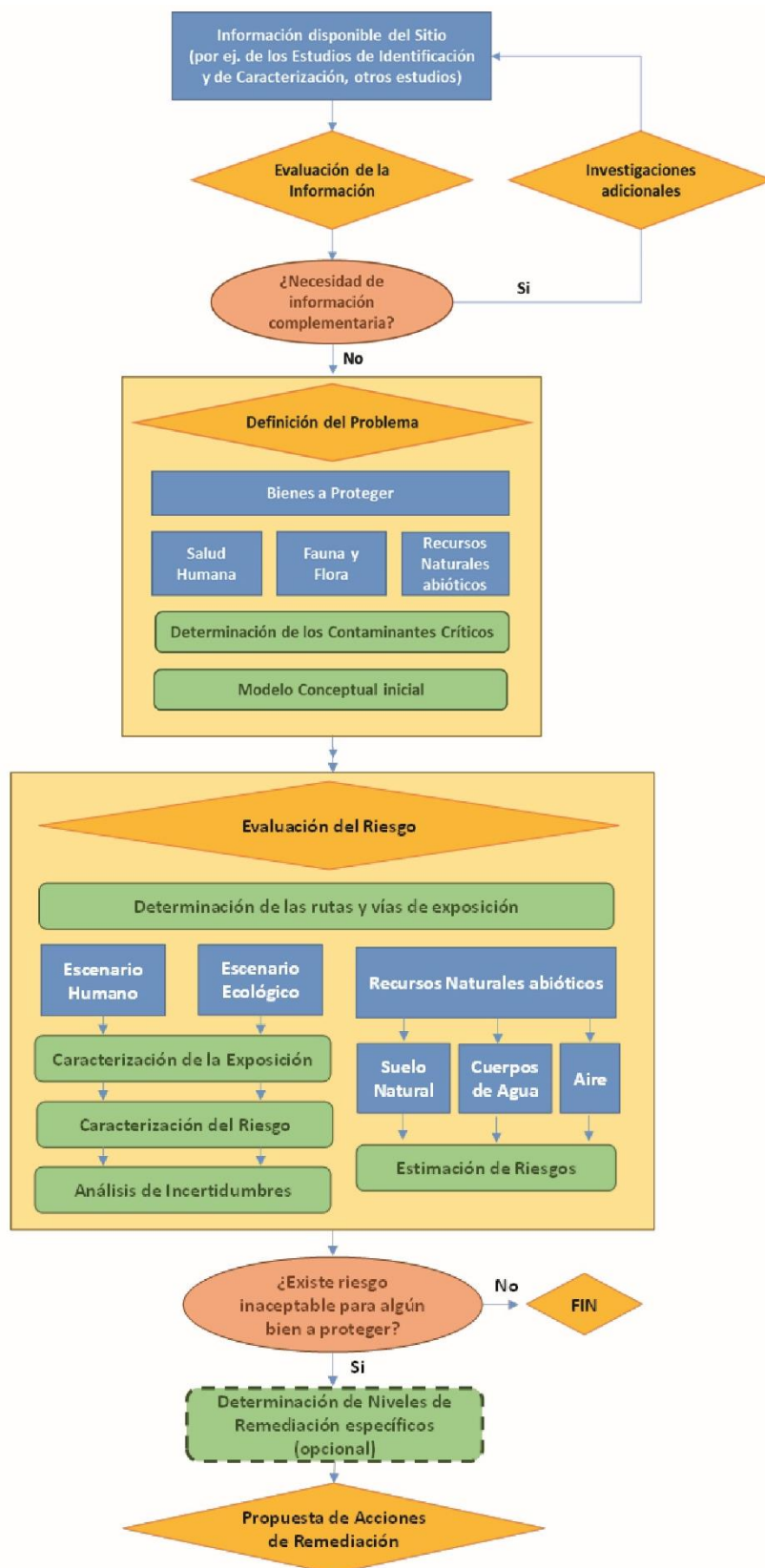
- Identificación de las rutas y vías de exposición.
- Caracterización de los receptores y escenarios de exposición.
- Selección de factores de exposición.
- Cálculo de la dosis de exposición.

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

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. En abril de 2005, el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) a fin de remediar las zonas contaminadas del Lote 192; las cuales no habían sido remediadas con las medidas propuestas en el PAMA.

En el año 2013 OEFA, realizó dos (2) campañas de evaluación ambiental de calidad de suelos e identificación de sitios contaminados en el Lote 192 (Ex Lote 1-AB), correspondiente a la Cuenca Corrientes, en ambas campañas los puntos de muestreo y los sitios contaminados fueron identificados tanto dentro del área comprendida por el PAC (área PAC), como fuera de ella (área NO PAC). De dichas evaluaciones se tiene que el Sitio S0109 (Sitio 3) se ubica en área NO PAC.

El 6 de abril del 2016 el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN remite el Informe N.º 421-2016-OS/DSHL respecto a derrames y fugas ocurridos en el Lote 192 (ex Lote 1-AB) y en el Lote 8 en los últimos veinte (20) años. Del total de 95 eventos reportados en el Lote 192, diez (10) ocurrieron en el yacimiento Huayurí, existiendo una posible relación con el Sitio S0109 (Sitio 3) por el tipo de evento (derrames de petróleo crudo, fluido de producción, diésel, mezcla de agua y petróleo, entre otros) y la magnitud de estos.

Además, OEFA del 26 de enero al 9 de febrero de 2017, a solicitud del FONAM realizó el acompañamiento en el reconocimiento de los sitios impactados y botaderos identificados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre. En el reporte de campo CUC N° 0001-01-2017-22 describen que el Sitio S0109 (Sitio 3) está ubicado en un aguajal con cobertura vegetal tipo chala, por encima cruza el oleoducto; además, en el entorno de aguajal observaron vegetación (arbustos y árboles).

Cuadro 4-1 Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0109 (Sitio 3)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Evidencias
	Este (m)	Norte (m)		
Plataforma de los pozos HUYS 13D, HUYS 12D, HUYS 14 D	36723	97125206	Activo	Relevamiento en campo
Tuberías asociadas a los pozos	363696	9710551	Activo	Relevamiento en campo

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

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 S0109 (Sitio 3), 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 S0109 (Sitio 3).

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.

La información de caracterización relevante para la definición del problema se presenta a continuación:

El sitio S0109 (Sitio 3) se encuentra aledaño al área de operaciones de los pozos HUYS 13D, HUYS 12D y HUYS 14D, así como las tuberías que llevan el hidrocarburo hacia la Batería Huayurí. OEFA del 26 de enero al 9 de febrero de 2017, a solicitud del FONAM realizó el acompañamiento en el reconocimiento de los sitios impactados y botaderos identificados en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes y Tigre. En el reporte de campo CUC N° 0001-01-2017-22 describen que el Sitio S0109 (Sitio 3) está ubicado en un aguajal con cobertura vegetal tipo chala, por encima cruza el oleoducto; además, en el entorno de aguajal observaron vegetación (arbustos y árboles).

B) Características generales naturales del sitio

Geológicamente está integrado por formaciones rocosas sedimentarias cuyas edades van desde el terciario superior hasta el cuaternario reciente. La unidad geológica base es la Formación Nauta conformado litológicamente por areniscas con inter-estratificaciones de lodolitas y superficialmente corresponde a una litología de los cuaternarios antiguos y recientes, compuesta por limo-arenas, limos, arcillas con escasa consolidación y no consolidadas (preferentemente en las quebradas).

Hidrogeológicamente el flujo del agua subterránea se da en un medio poroso, el cual está controlado básicamente por las características detríticas de la zona, con una litología detrítica que domina el movimiento del flujo subterráneo. La característica detrítica fue comprobada en campo (sondeos manuales y sondeos con equipos) y con los resultados de laboratorio (granulometría).

La morfología de las profundidades del nivel del agua subterránea y la dirección de flujo fue determinado a través del monitoreo del nivel freático del piezómetro en las campañas de campo realizadas en Junio/julio y Setiembre del 2018 (se observó una fluctuación del nivel dependiendo de la época del año), y con el análisis indirecto de los resultados de tomografía eléctrica (la diferencia de la resistividades eléctricas establecidas por los cuerpos, se puede inferir la litología y las zonas favorables para la instalación de los piezómetros) y los sondeos realizados (manuales y con equipos). Para el sitio impactado S0109 (Sitio 3) ubicado al suroeste de los pozos HUYS 13D, HUYS 12D y HUYS 14D a una distancia de 200 metros, la profundidad del agua subterránea no supera los tres (3) metros y la dirección de flujo del agua subterránea es sureste – noroeste hacia la quebrada Machupichu que se encuentra cercana.

El área de estudio se sitúa dentro de la cuenca del río Corrientes el cual tiene sus orígenes en los andes ecuatorianos y se tiene como principales afluentes a los 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.

La geomorfología de la zona se presentan colinas altas desarrolladas en los sedimentos cuaternarios de la formación nauta. También ocurren con buena extensión las colinas bajas desarrolladas en sustratos rocosos terciarios. Cerca del río corrientes se desarrolla el conjunto de terrazas altas disectadas y un sistema de terrazas bajas a lo largo del cauce del río.

La cobertura vegetal de la zona esta predominado por bosques de colinas bajas, involucrando a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas), con presencia de caminos de herradura y tuberías que forman una cadena de oleoductos que van de sur a norte.

La vegetación presenta una cobertura mayormente arbustiva y arbórea, con presencia de pequeñas quebradas que inundan parcialmente la zona en época húmeda. La unidad de vegetación predominante fue identificada en el área de estudio a un nivel macro según el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015).

C) Caracterización de la contaminación

• Descripción de resultados en suelo

Se analizaron treinta y dos (32) muestras de suelo, de las cuales veintidós (22) muestras se capturaron en época húmeda y diez (10) muestras se capturaron en época seca.

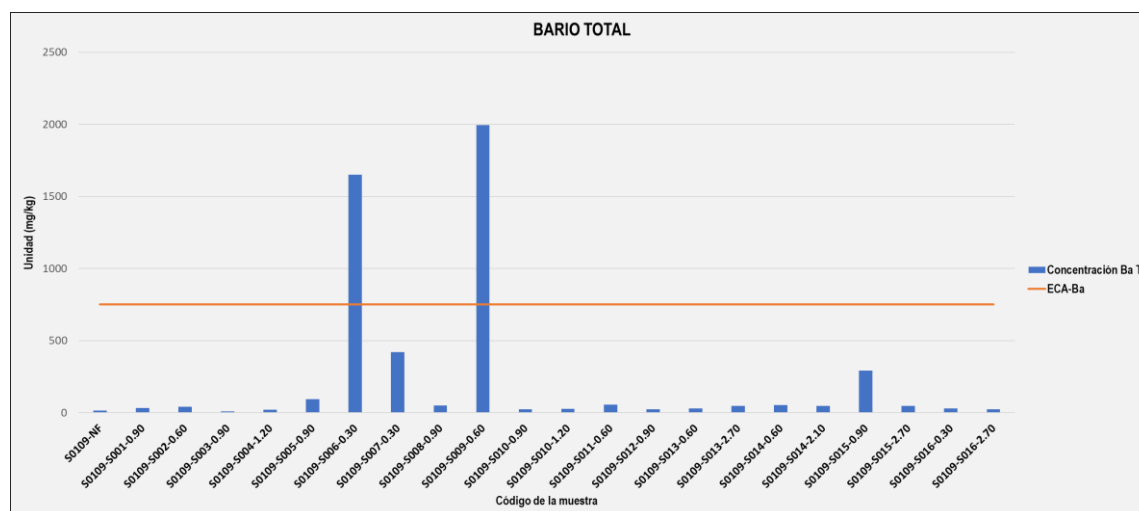
Los metales fueron comparados con el ECA para suelos, y para aquellos parámetros no contemplados en la normativa vigente se compararon de manera orientativa con normas internacionales (Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural) (por tratarse de estándares utilizados en regiones donde las condiciones climáticas, ecosistemas, tipos de bosque y suelos, distan mucho de los existentes en la selva amazónica peruana), encontrándose que no superan los estándares de la Norma Internacional el cobalto (Co), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb), talio (Tl), vanadio (V) y zinc (Zn); sin embargo, solo en una (1) muestra de veintitrés (23) muestras supera el cobre (Cu), por lo que no se considera significativo. Hay presencia en forma natural de boro (B.), no obstante; el selenio (Se) reporta valores que superan el estándar internacional en un 45% de las muestras analizadas en el sitio S0109 (Sitio 3).

Según los resultados de los análisis de laboratorio se pudo interpretar lo siguiente:

El **bario** total fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (750 mg/kg) en dos (2) muestras de la época húmeda:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S006-0.30	1652
S0109-S009-0.60	1996

Figura 4-2 Excedencias de Bario - Época húmeda

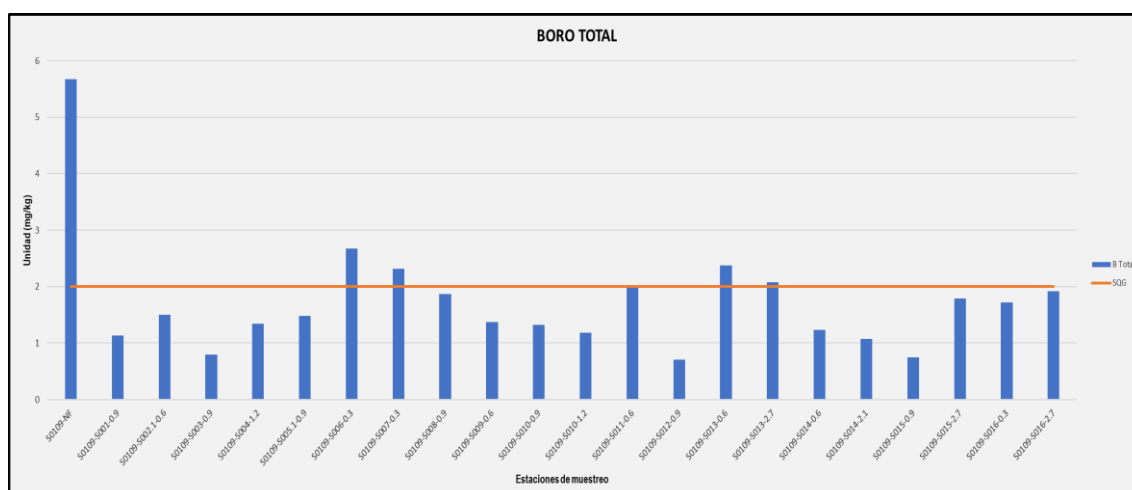


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **boro** total fue detectado excediendo el SQG para suelo de uso agrícola (2 mg/kg) en cinco (5) muestras de la época húmeda:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S011-0.60	2,028
S0109-S013-2.70	2,075
S0109-S007-0.30	2,311
S0109-S013-0.60	2,377
S0109-S006-0.30	2,673

Figura 4-3 Excedencias de Boro - Época húmeda

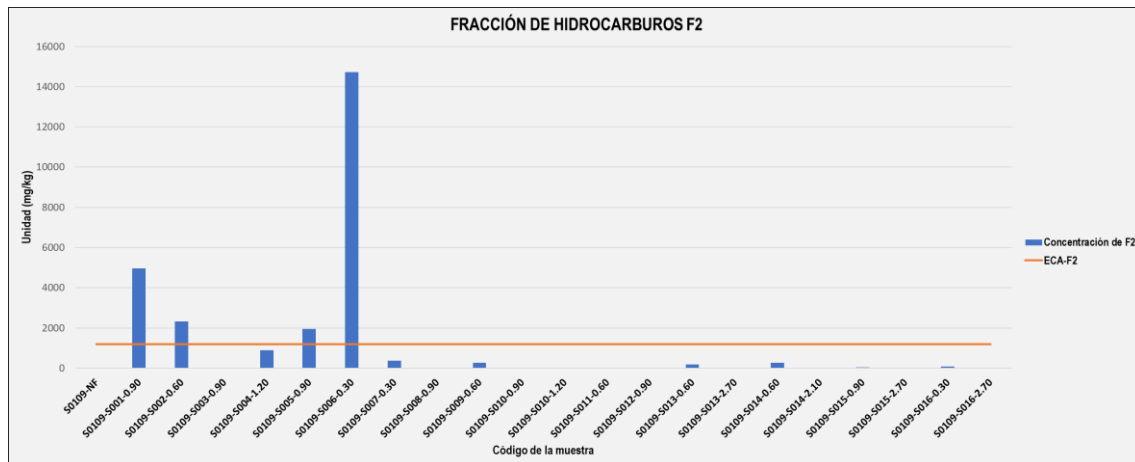


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La **fracción de hidrocarburo F2** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1 200 mg/kg) en 4 muestras de la época húmeda:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S001-0,90	4969
S0109-S002-0,60	2332
S0109-S005-0,90	1946
S0109-S006-0,30	14 721

Figura 4-4 Excedencias de fracción de hidrocarburo F2 - Época húmeda

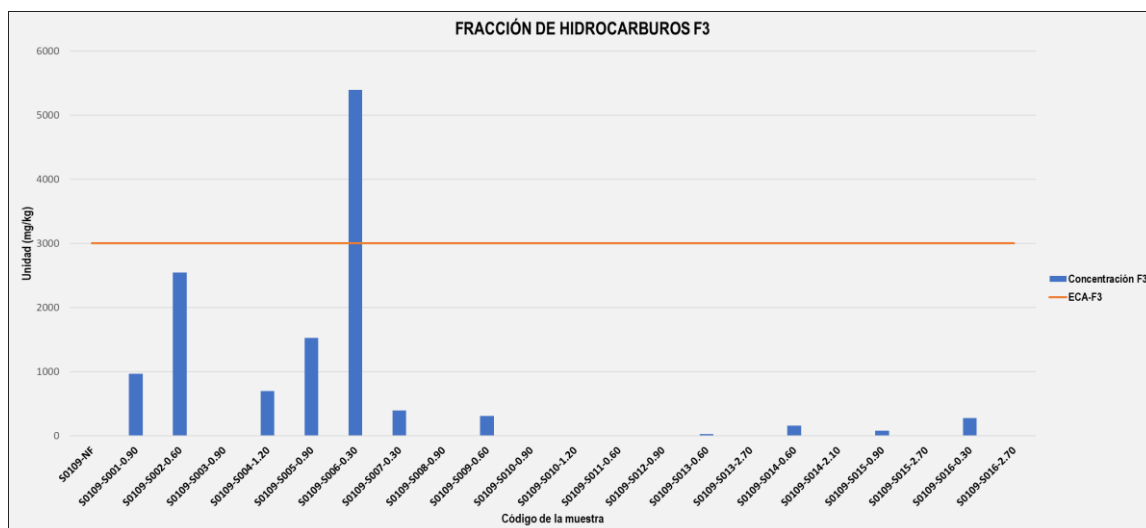


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

La **fracción de hidrocarburo F3** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (3 000 mg/kg) en un sondeo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S006-0,30	5395

Figura 4-5 Excedencias de fracción de hidrocarburo F3 - Época húmeda

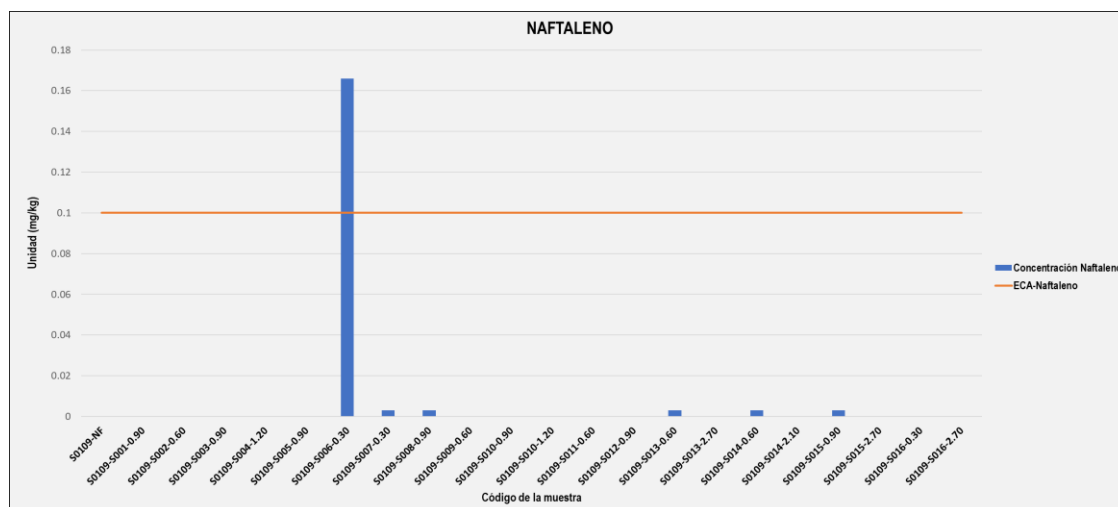


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **naftaleno** fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0,10 mg/kg) en un sondeo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S006-0,30	0,166

Figura 4-6 Excedencias de naftaleno - Época húmeda

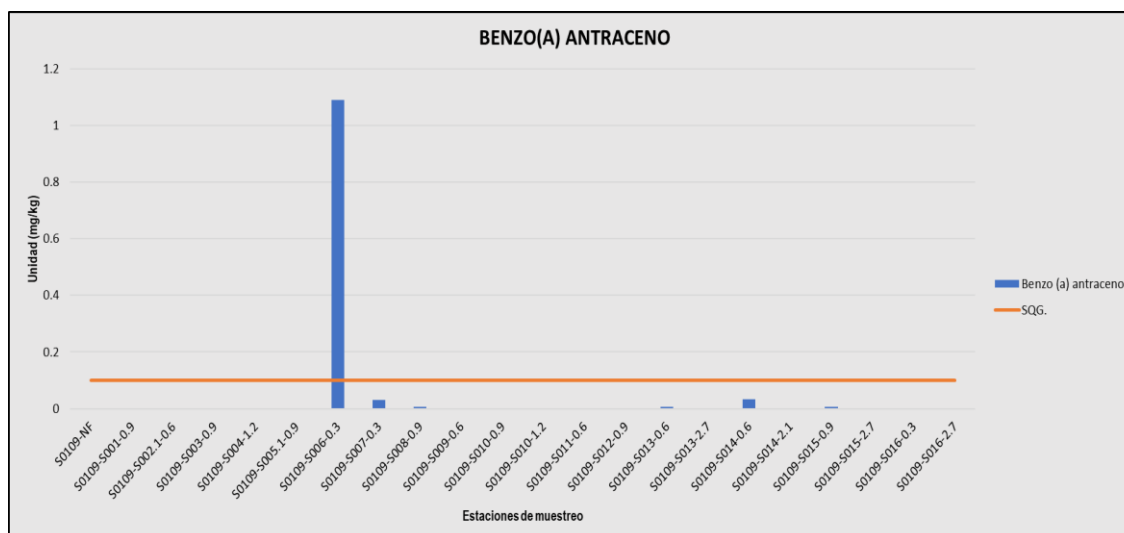


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **benzo(a) antraceno** fue detectado excediendo el SQG para suelo en la categoría agrícola (0,1 mg/kg) en un sondeo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S006-0.30	1,09

Figura 4-7 Excedencias de Benzo(a) antraceno - Época húmeda

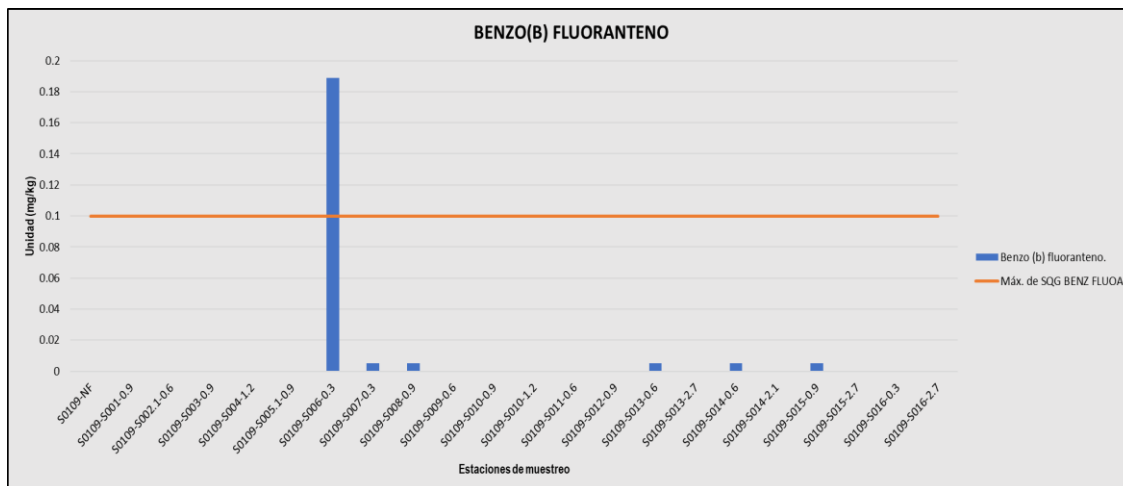


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **benzo(b) fluoranteno** fue detectado excediendo el SQG para suelo en la categoría agrícola (0,1 mg/kg) en un sondeo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S006-0.30	0,189

Figura 4-8 Excedencias de Benzo(b) fluoranteno - Época húmeda

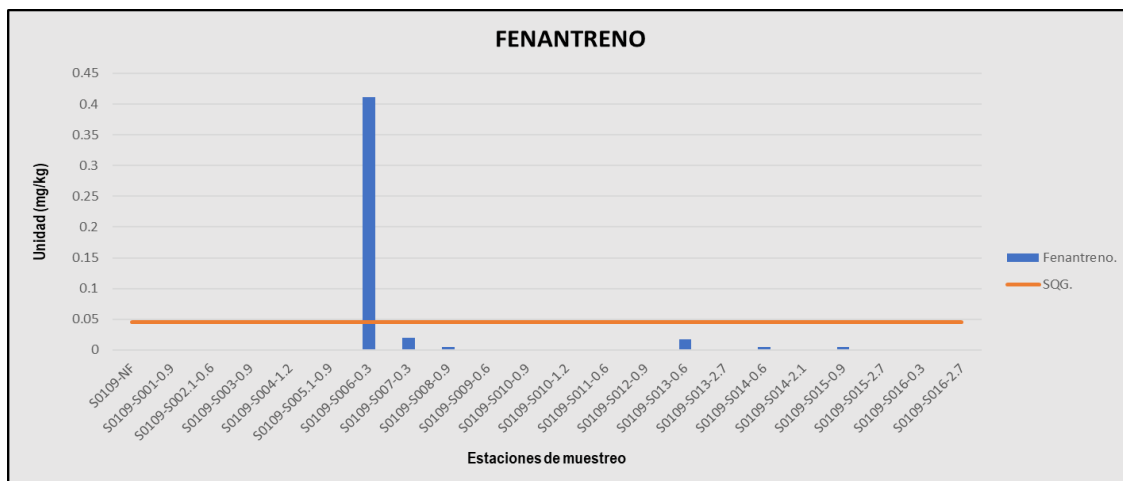


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

El **fenantreno** fue detectado excediendo el SQG para suelo en la categoría agrícola (0,046 mg/kg) en un sondeo:

Sondeo	Concentración mg/kg
S0109-S006-0.30	0,411

Figura 4-9 Excedencias de Fenantreno - Época húmeda



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

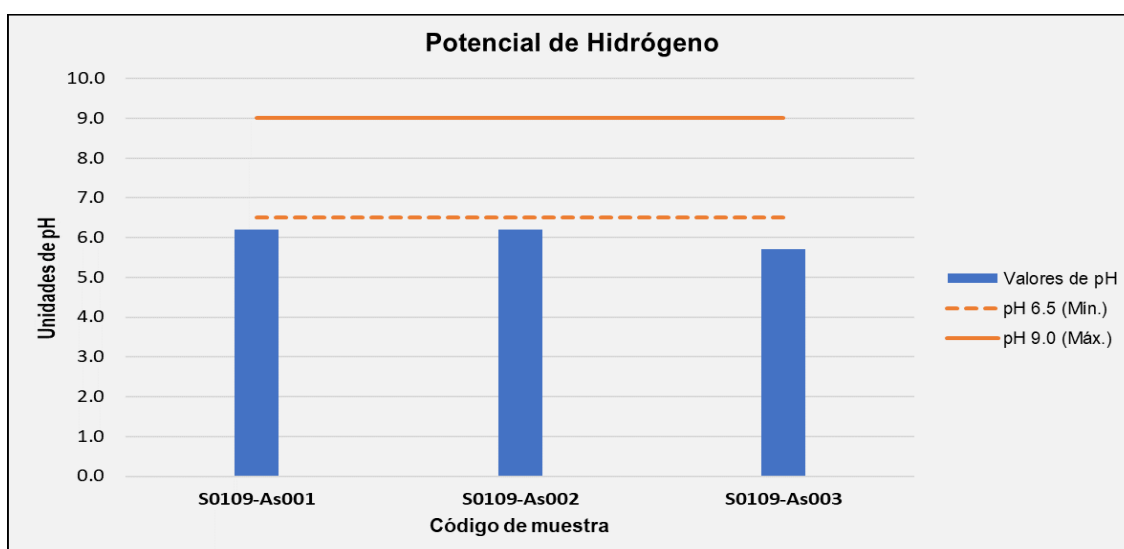
• Descripción de resultados de agua superficial

Se analizaron cinco (5) muestras de agua superficial: dos (2) en época húmeda y tres (3) en época seca, cuyas concentraciones se compararon con el ECA para agua Categoría 4: E2 ríos de la Selva para todos los parámetros a excepción del arsénico que fue comparado con la Categoría 1 A1 aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

Según los resultados de los análisis de laboratorio se pudo interpretar lo siguiente:

El **pH** fue detectado fuera del rango ECA (6,5 – 9,0 unidades de pH) en tres (3) muestra para época seca, siendo las muestras: S0109-As001 (6,2 pH), S0109-As002 (6,2 pH) y S0109-As003 (5,7 pH).

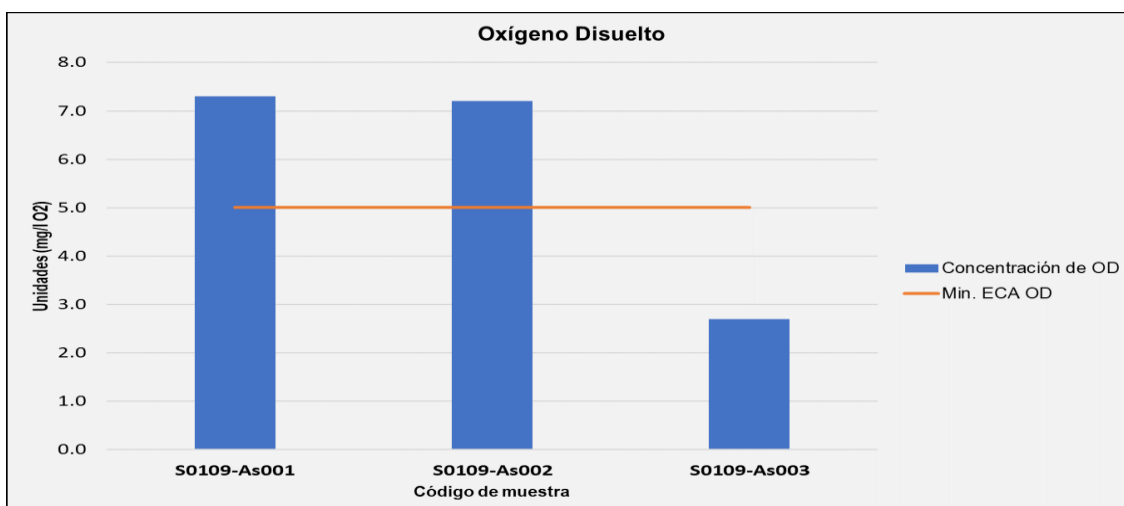
Figura 4-10 Excedencias de pH – Época Seca



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

El **O.D.** fue detectado fuera del rango ECA (≥ 5 mg/L) en una (1) muestra para época seca, siendo las muestras: S0109-As003 (2,7 mg/L).

Figura 4-11 Excedencias de O.D. – Época Seca



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

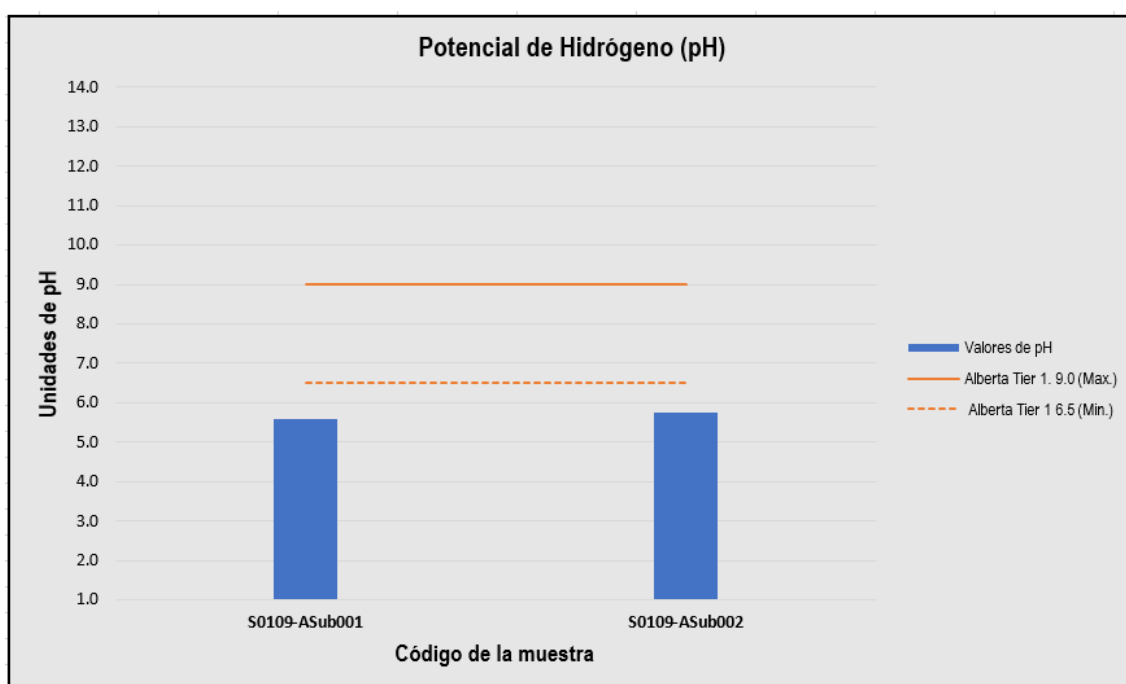
Descripción de resultados de agua subterránea

Se analizaron en total cuatro (4) muestras de agua subterránea: dos (2) en época húmeda y dos (2) en época seca, estas muestras fueron tomadas de los dos (2) piezómetros de la zona de estudio. A continuación, la interpretación de los parámetros que registraron excedencias respecto a los valores establecidos en Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá.

Según los resultados de los análisis de laboratorio se pudo interpretar lo siguiente:

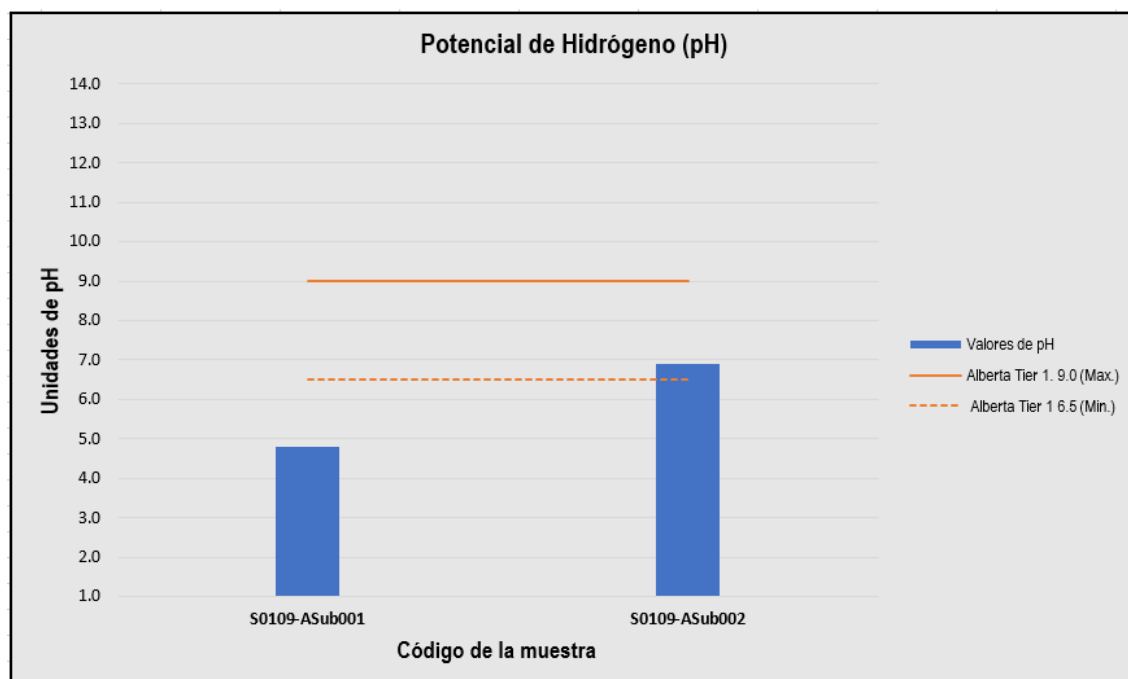
El pH fue detectado fuera del rango de Alberta Tier (6,5 – 9,0 unidades de pH) en dos (2) muestras, para la época húmeda las muestras: S0109-ASub001 presentó 5,59 pH y S0109-ASub002 presentó 5,76 pH, y en la época seca la muestra: S0109-ASub001 presentó 4,8 pH.

Figura 4-12 Excedencias de pH – Época Húmeda



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

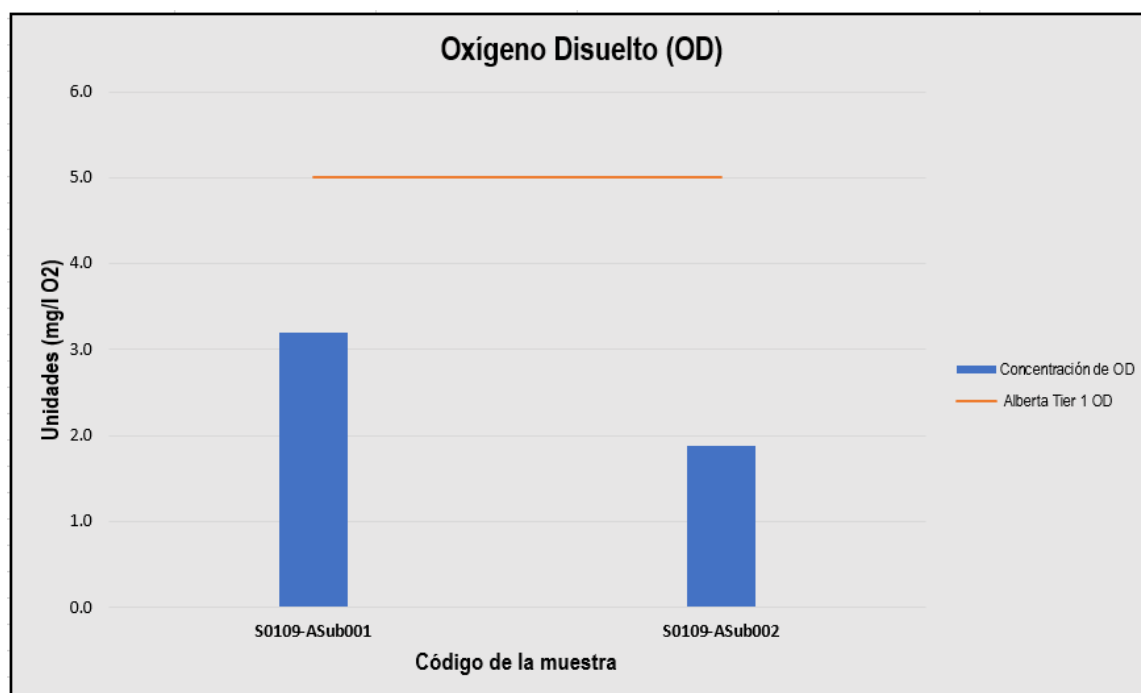
Figura 4-13 Excedencias de pH – Época Seca



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

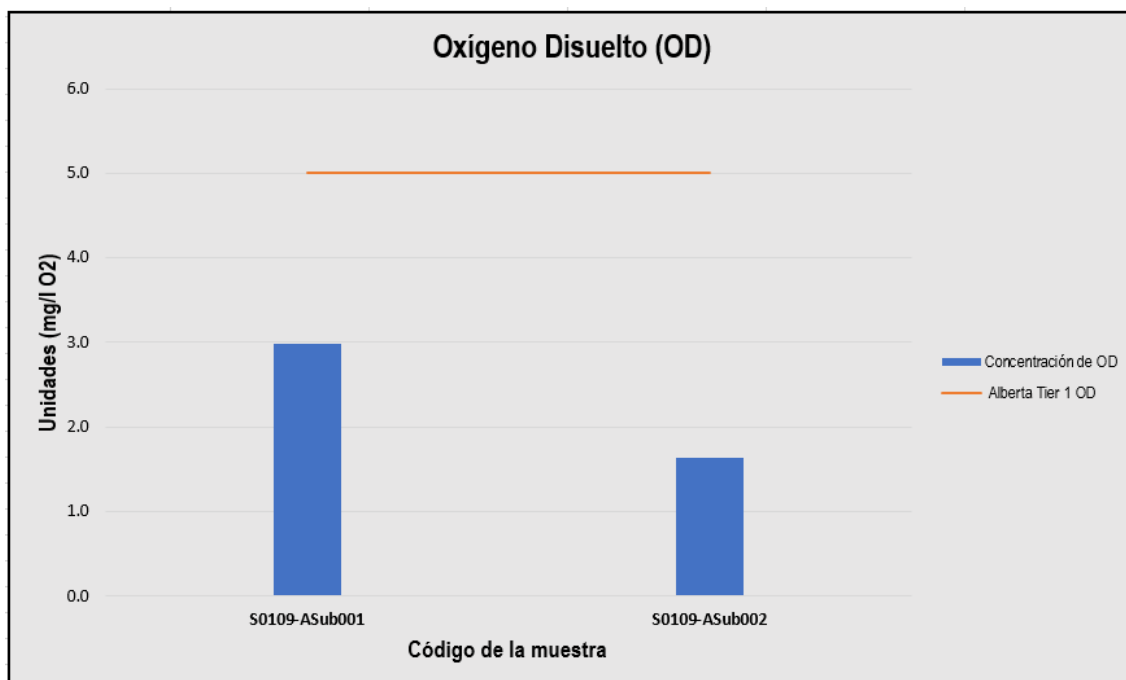
El O.D. fue detectado por debajo del rango del Alberta Tier (≥ 5 mg/L) en dos (2) muestras, para la época húmeda las muestras: S0109-ASub001 presentó 3,2 mg/L y S0109-ASub002 presentó 1,88 mg/L, y en la época seca las muestras: S0109-ASub001 presentó 2,98 mg/L y S0109-ASub002 presentó 1,64 mg/L.

Figura 4-14 Excedencias de O.D. – Época Húmeda



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

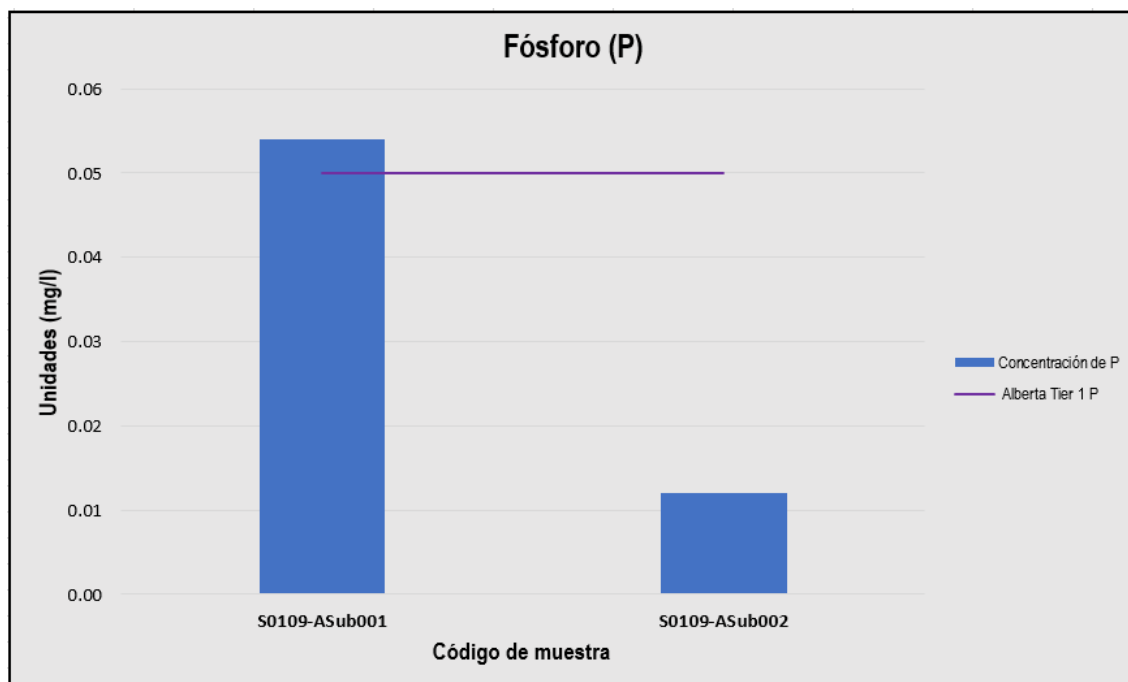
Figura 4-15 Excedencias de O.D. – Época Seca



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

El Fosforo fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,05 mg/L) en una (1) muestra, para la época seca la muestra: S0109-ASub001 presentó 0,054 mg/L.

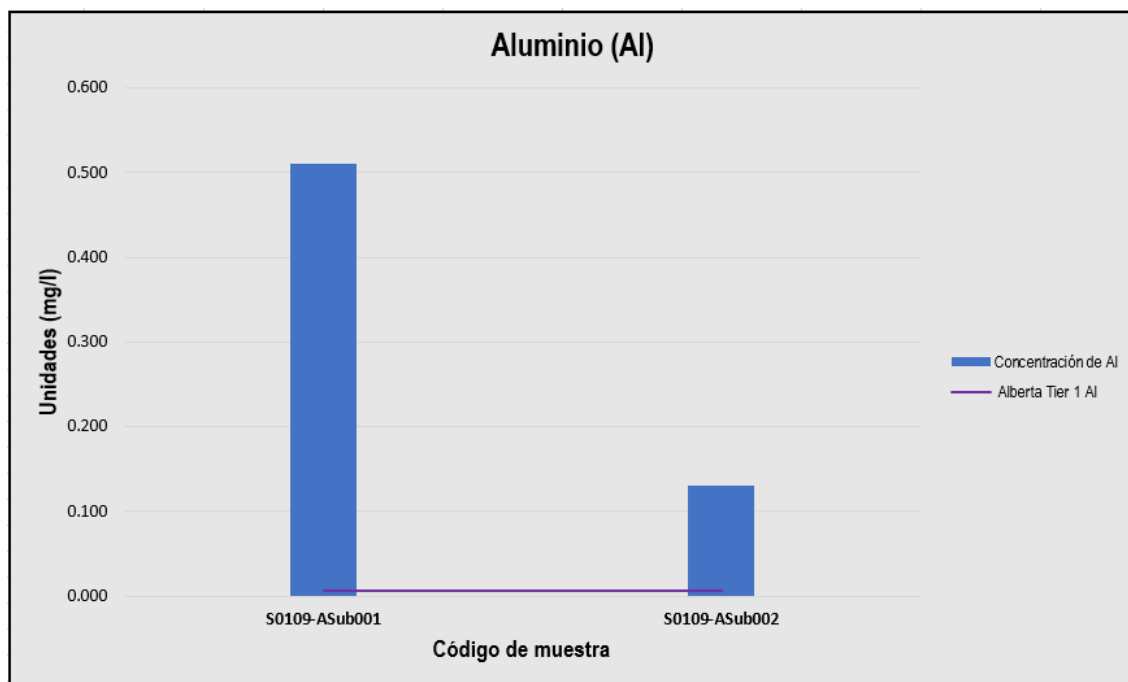
Figura 4-16 Excedencias de Fosforo – Época Seca



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

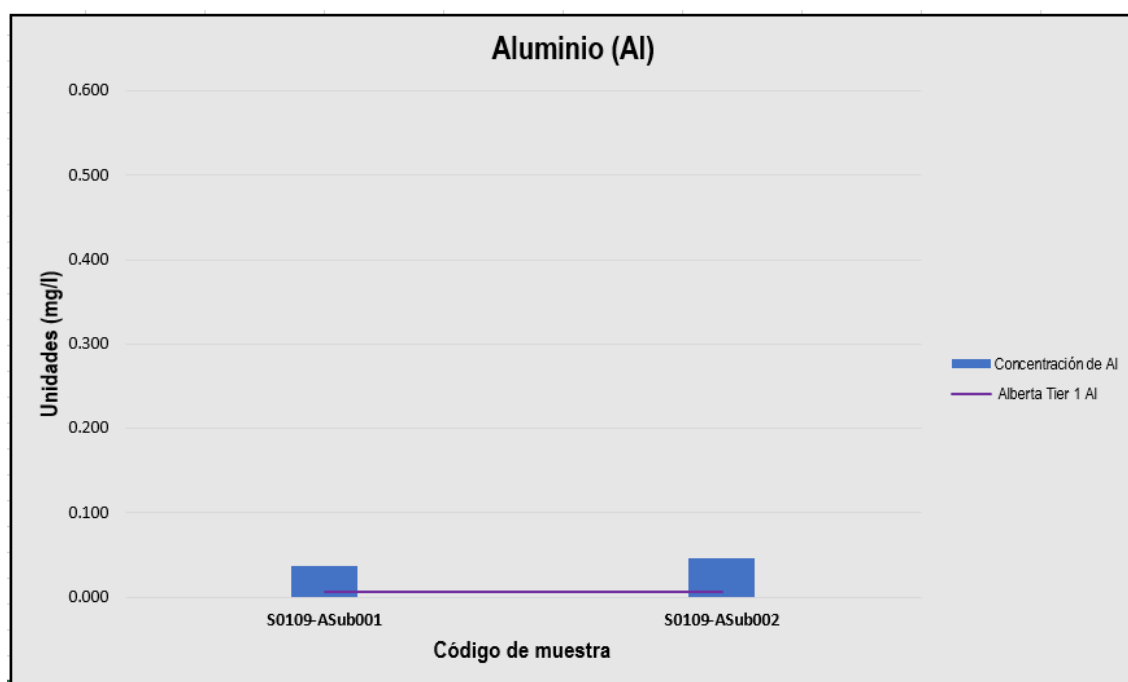
El Aluminio fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,01 mg/L) en dos (2) muestras, para la época húmeda las muestras: S0109-ASub001 presentó 0,51 mg/L y S0109-ASub002 presentó 0,13 mg/L, y en la época seca las muestras: S0109-ASub001 presentó 0,037 mg/L y S0109-ASub002 presentó 0,046 mg/L.

Figura 4-17 Excedencias de Aluminio – Época Húmeda



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

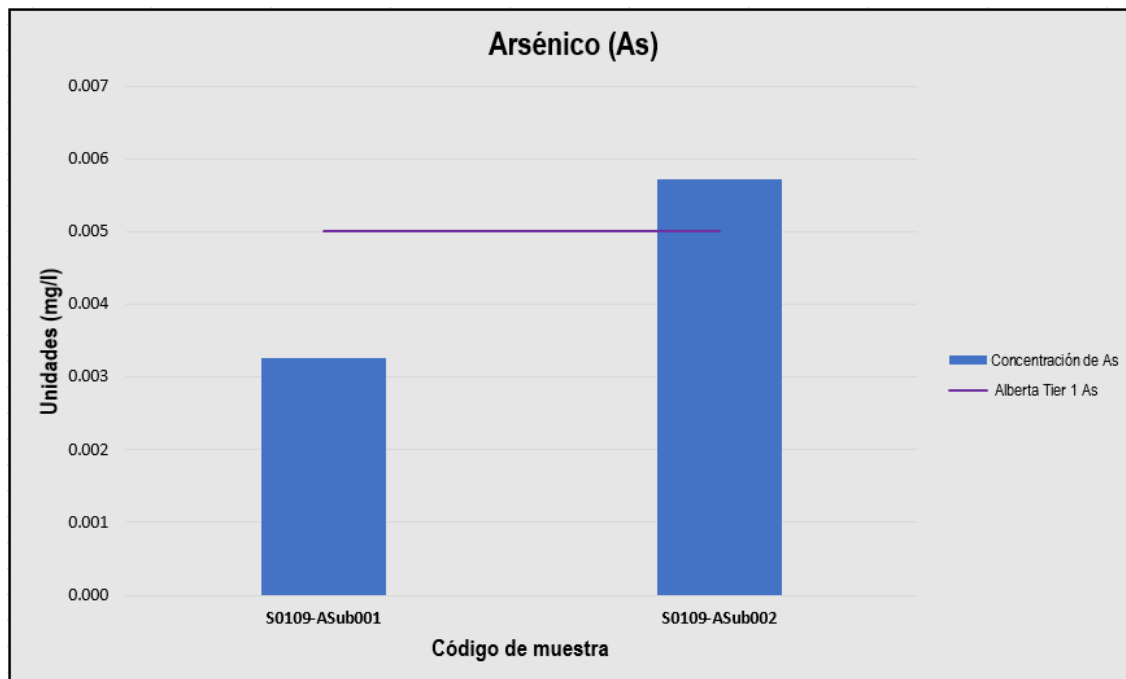
Figura 4-18 Excedencias de Aluminio – Época Seca



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

El Arsénico fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,005 mg/L) en una (1) muestra, para la época seca la muestra: S0109-Sub002 presentó 0,0572 mg/L.

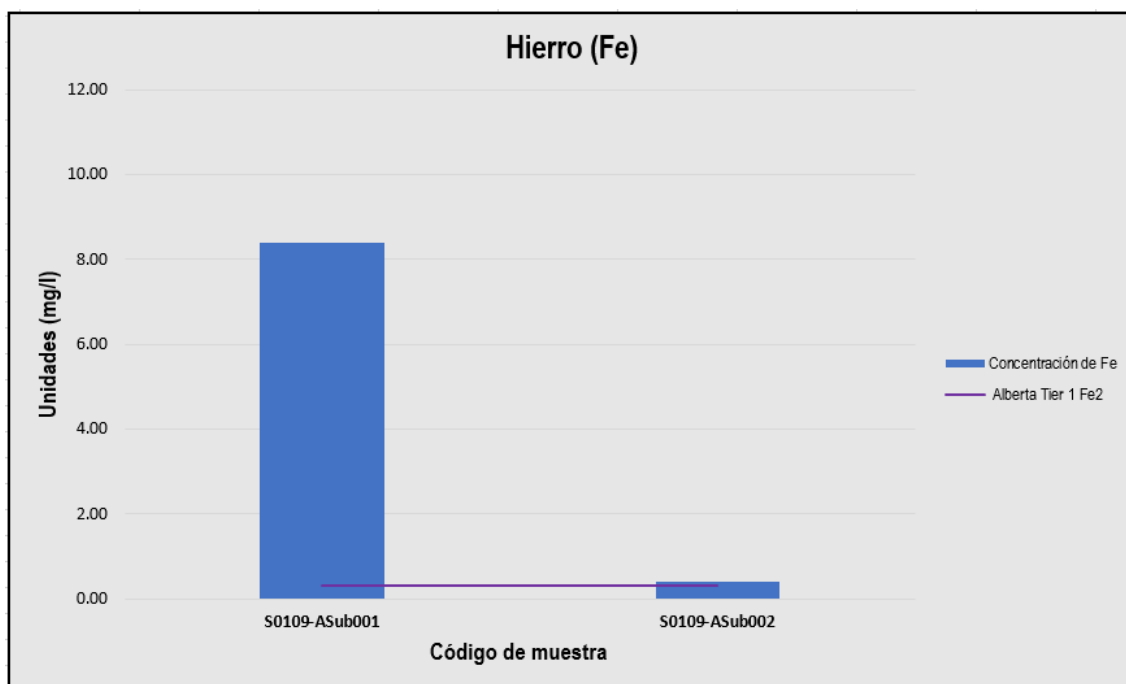
Figura 4-19 Excedencias de Arsénico – Época Seca



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

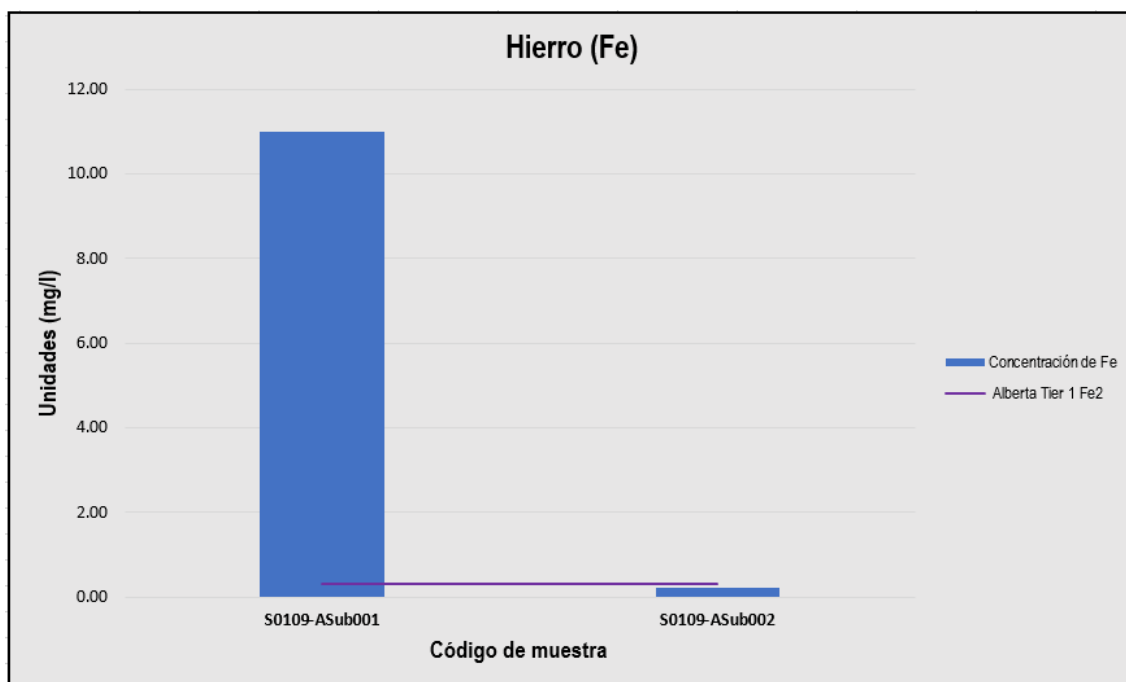
El Hierro fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,30 mg/L) en dos (2) muestras, para la época húmeda las muestras: S0109-Sub001 presentó 8,4 mg/L y S0109-Sub002 presentó 0,41 mg/L, y en la época seca la muestra: S0109-Sub001 presentó 11 mg/L.

Figura 4-20 Excedencias de Hierro – Época Húmeda



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

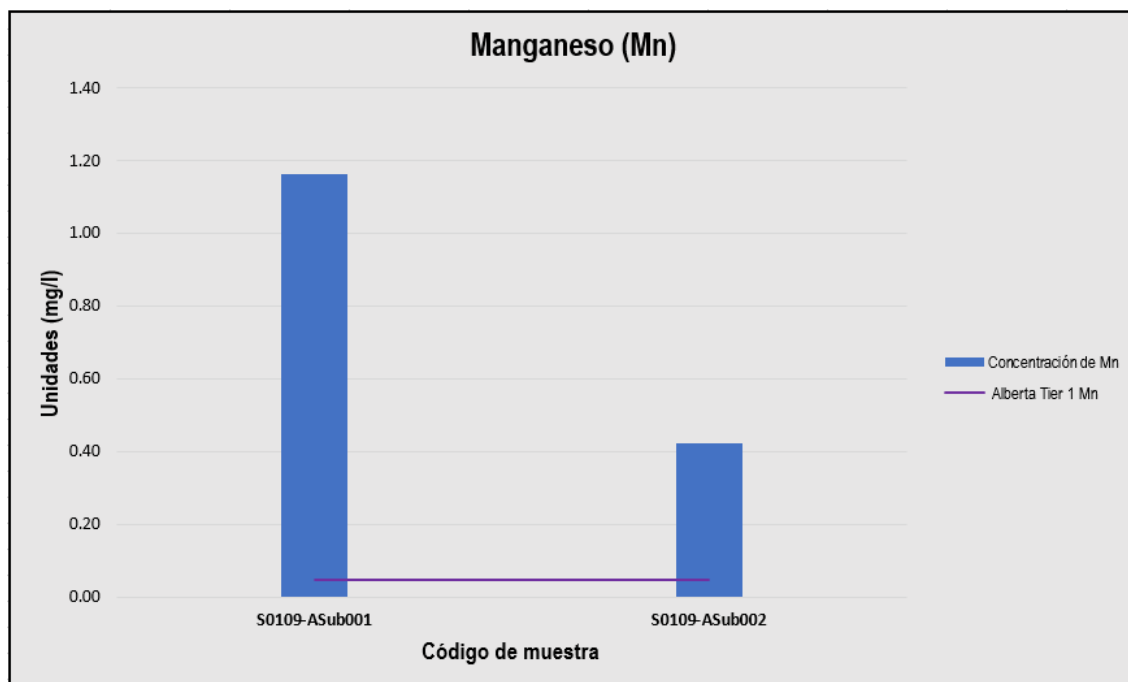
Figura 4-21 Excedencias de Hierro – Época Seca



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

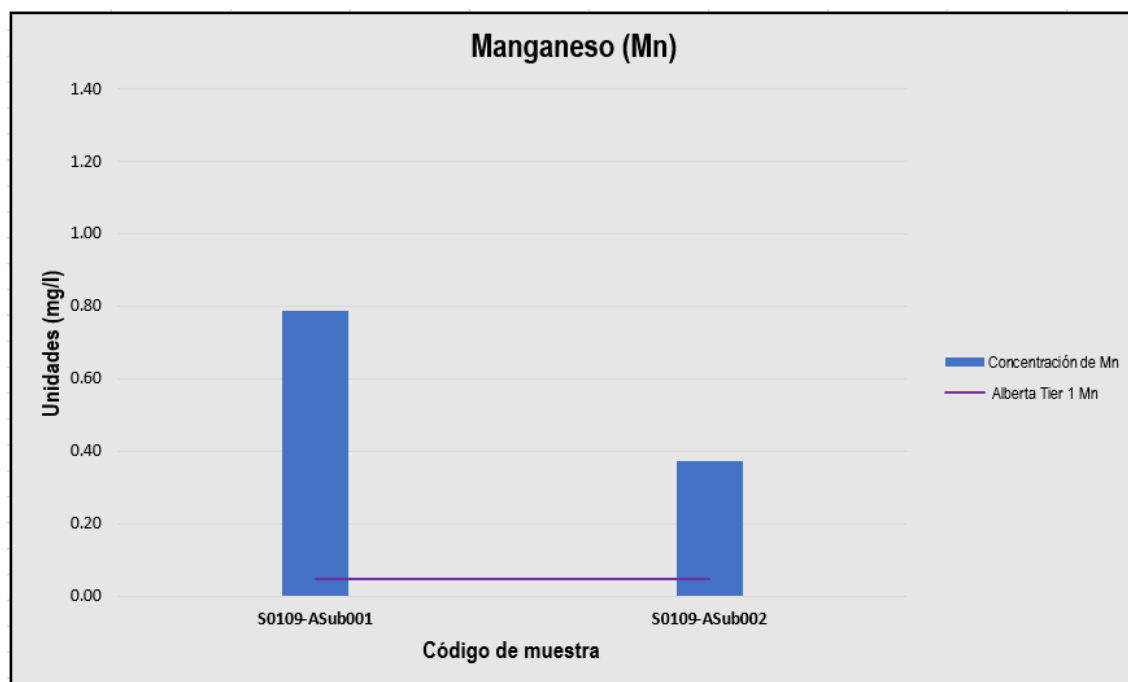
El Manganeseo fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,05 mg/L) en dos (2) muestras, para la época húmeda las muestras: S0109-ASub001 presentó 1,1648 mg/L y S0109-ASub002 presentó 0,4228 mg/L, y en la época seca las muestras: S0109-ASub001 presentó 0,78677 mg/L y S0109-ASub002 presentó 0,37396 mg/L.

Figura 4-22 Excedencias de Manganeso – Época Húmeda



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

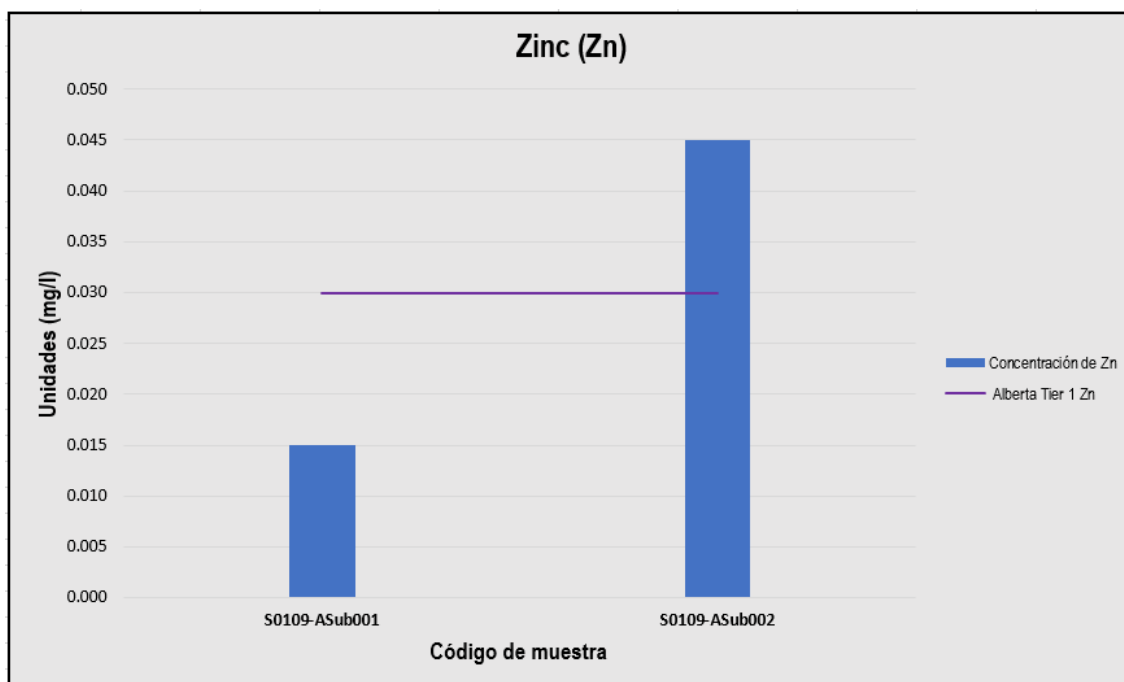
Figura 4-23 Excedencias de Manganeso – Época Seca



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

El Zinc fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,03 mg/L) en una (1) muestra, para la época húmeda la muestra: S0109-ASub002 presentó 0,045 mg/L.

Figura 4-24 Excedencias de Zinc – Época Húmeda



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

Los metales (Al, Fe, Mn y Zn) presente en la muestra, se infiere es producto del mismo suelo que presenta en la zona, que por procesos de lixiviación y la interacción de suelo/agua origina que estos metales se presenten en el agua subterránea.

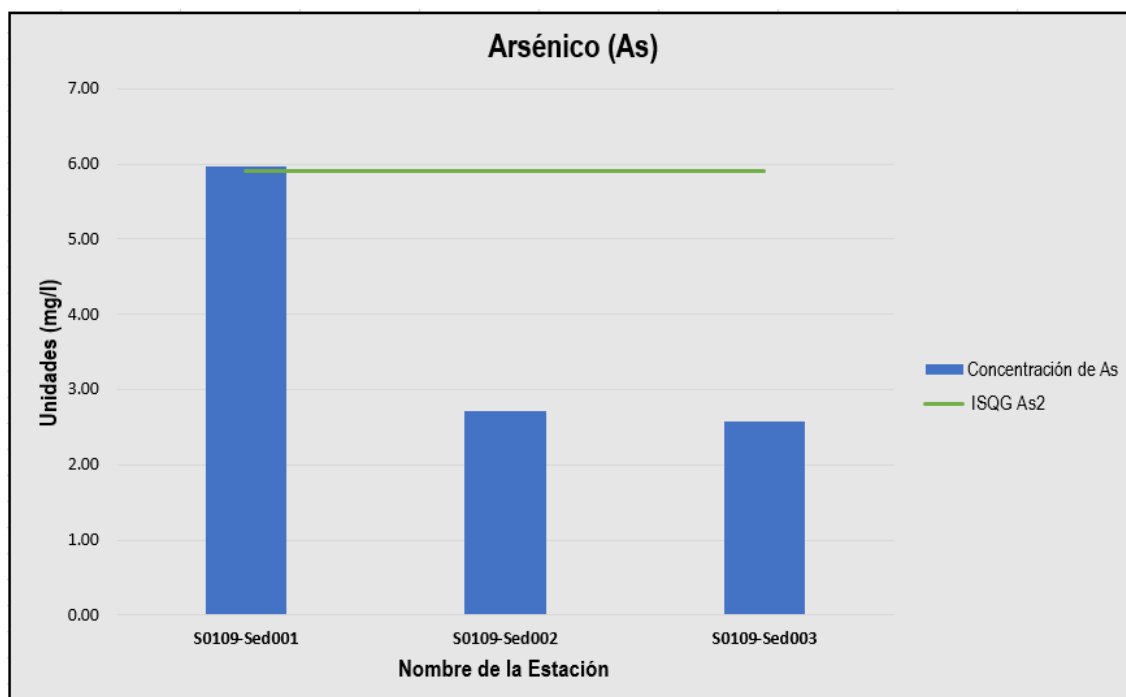
• Descripción de resultados de sedimentos

Se analizaron en total cinco (5) muestras de sedimentos, de las cuales dos (2) corresponden a la época húmeda y tres (3) corresponden a la época seca, las muestras de la época húmeda se repiten en la época seca. A continuación, la interpretación de los parámetros que registraron excedencias respecto a los Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life.

Según los resultados de los análisis de laboratorio se pudo interpretar lo siguiente:

El Arsénico total fue detectado fuera del rango de los Estándares Canadá de sedimentos (5,90 mg/kg) en una (1) muestra, para la época seca la muestra: S0109-Sed001 presentó 5,97 mg/L.

Figura 4-25 Excedencias de O.D. – Época Seca



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

La información existente en el monitoreo de calidad de sedimentos no es representativa para realizar un análisis consistente.

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 permiten 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 S0109 (Sitio 3), 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 S0109 (Sitio 3).

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 S0109 (Sitio 3), 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 definir estos CP.

- **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 (S0109-NF) 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 consideran preliminarmente a todos los parámetros analizados como contaminantes de preocupación.

Se precisa que la muestra de nivel de fondo (S0109-NF) es el resultado de la combinación de tres submuestras tomadas en los alrededores del área impactada con características geológicas, climáticas y vegetación similar^{aa}. La misma que fue comparada adicionalmente con 13 muestras de niveles de fondo de los demás sitios impactados.

Esto no se aplicó para las otras matrices (agua superficial, sedimentos, hidrobiología y agua subterránea) 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**

Para el caso de suelo, se compararon las muestras evaluadas con los niveles de fondo, ECA y Estándares Internacionales. Asimismo, para las demás matrices evaluadas, se consideraron los ECA y Estándares Internacionales, a fin de identificar 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.

^{aa} 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.

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 ^{bb}. El análisis estadístico a través del software ProUCL 5.1 para los CPP 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.

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*).

Las tablas resumen de los CP precisando la distribución que mejor correlacionó el UCL95 en todas las matrices evaluadas y su comparación con los estándares (nacionales e internacionales) se adjuntan en el Anexo 6.6.2.

- ^{bb} ProUCL Version 5.1 User Guide. Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations. Item 1.11

Cuadro 4-2 Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo

CP	Valor Min, (mg/kg)	Valor Max, (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx, (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Boro	0,012	5,677	5,677	2,018	2**	97,5% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Selenio	0,16	4,286	0,694	1,821	1**	95% Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Hidrocarburos Totales C10-C28	5	14 721	-	4079	1200*	97,5% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Benzo (a) antraceno	0,005	1,09	-	1,09	0,1**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Benzo (b) fluoranteno	0,005	0,189	-	0,189	0,1**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Fenantreno	0,005	0,411	-	0,411	0,046**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Naftaleno	0,003	0,166	-	0,166	0,1*	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP

* 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.

Del Cuadro 4-2 se tiene que los contaminantes de preocupación para el sitio S0109 (Sitio 3) para la matriz suelos superficiales son: Boro, Selenio, Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno y Naftaleno.

Cuadro 4-3 Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Arsénico	2,58	5,97	-	5,97*	5,9**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

** Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life

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

Del Cuadro 4-3 se tiene que el contaminante de preocupación para el sitio S0109 (Sitio 3) para la matriz sedimentos de aguas superficiales es Arsénico.

Cuadro 4-4 Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua subterránea

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Fósforo	0,02	0,054	-	0,054	0,05**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Aluminio	0,037	0,51	-	0,51	0,006**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Arsénico	0,00095	0,00572	-	0,00572	0,005**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Hierro	0,21	8,4	-	8,4	0,3**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Manganeso	0,37396	1,1648	-	1,1648	0,05**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Zinc	0,013	0,045	-	0,045	0,03**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

** Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá

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

Teniendo en cuenta los criterios expuestos anteriormente, se muestra en el siguiente cuadro aquellos parámetros evaluados los cuales no fueron considerados como CP.

Cuadro 4-5 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Elemento	Justificación
Suelo	Antimonio, Arsénico, Bario Total, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Plomo, Talio, Vanadio, Zinc, Hidrocarburos Totales C28-C40	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, Antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (k) fluoranteno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fluoranteno, Indeno (1.2.3-c,d) pireno, Pireno, Benceno, Etilbenceno, Tolueno, Xilenos	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.

Cuadro 4-5 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Elemento	Justificación
Sedimento	Bario Total, Cobre, Cromo Total, Plomo, Zinc, Hidrocarburos Totales C10-C28, Hidrocarburos Totales C28-C40	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Cadmio, Mercurio, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Criseno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno, Pireno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua subterránea	Cloruros, Antimonio, Bario Total, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Boro, Cadmio, Plata, Talio, Hidrocarburos Totales C10-C40, Hidrocarburos Totales C28-C40, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno, Benceno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua superficial	Fósforo, Antimonio, Arsénico, Bario Total, Cobre, Cromo Total, Plomo, Selenio	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Cadmio, Mercurio, Níquel, Talio, Hidrocarburos Totales C10-C40, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno, Benceno,	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.

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

La caracterización de las aguas subterráneas se realizó recolectando muestras en dos (2) estaciones de evaluación considerando la dirección predominante del flujo para época húmeda y seca. De los resultados analíticos no se presenta concentraciones relevantes de hidrocarburos (TPH y HAPs), la totalidad de estos reportaron concentraciones inferiores al LDA, aun cuando el nivel freático es elevado con variaciones de hasta un mínimo de 1 m. El agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3) reportó valores importantes de metales para fósforo, aluminio, arsénico, hierro, manganeso y zinc, concentraciones posiblemente relacionadas a la geoquímica del lugar y no a contaminantes por derrames históricos de hidrocarburos en el sitio, a excepción del arsénico que aparentemente presenta una ruta de migración por lixiviación desde los sedimentos hacia el agua subterránea.

Por lo expuesto, el agua subterránea es considerada como fuente secundaria únicamente para el CP arsénico; pues existe una ruta de exposición completa para los receptores fuera del sitio (C.N. José Olaya) los cuales distan 11,9 km del sitio impactado.

• 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 S0109 (Sitio 3), donde se exponen las vías de exposición para este escenario; se plantean dos (2) receptores: el poblador de la C.N. José Olaya y los receptores ecológicos; respecto al poblador local se identificaron tres (3) posibles escenarios humanos, los cuales estarían expuestos ante los CP: escenario humano 1 (trabajadores industriales), los cuales se encuentran realizando sus actividades de mantenimiento y vigilancia a las instalaciones industriales (tanques, almacenes, pozos, etc.); escenario humano 2 (poblador local - cazadores esporádicos), correspondiente a pobladores adulto y niño de la CN José Olaya que probablemente realicen actividades de caza en el sitio impactado o cerca a este; y finalmente el escenario humano 3 (poblador local – residente de la Comunidad Nativa José Olaya).

Las sustancias determinadas como CP 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 4-6 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad del receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno *	Descripción
Trabajadores industriales cercanos Cazadores esporádicos	Adulto Niño ***	Suelo: Contacto dérmico / ingestión / inhalación de partículas	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.
			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, bajo este concepto, se discriminan como CP para el receptor secundario (a).
			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. Es importante mencionar que los sedimentos corresponden al foco el cual carece de vida acuática.
			Benzo (b) fluoranteno	Si	
			Naftaleno	No	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, bajo este concepto, este CP se asocia únicamente al receptor primario (b).
			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.

Cuadro 4-6 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad del receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno *	Descripción
Cazadores esporádicos	Adulto Niño ***	Sedimentos de agua superficial: Contacto dérmico / ingestión	Arsénico	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.
Comunidad Nativa José Olaya	Adulto / Niño	Agua superficial: Uso recreacional (contacto dérmico e ingestión)	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.
			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.

* 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

*** Considerado para el escenario humano 2, correspondiente a cazadores esporádicos.

Importante:

No hay certeza que los cuerpos de agua superficial y sus respectivos sedimentos sea utilizados para fines de uso humano (caza, pesca, recreacional, etc.), sin embargo, se asume que los pobladores más cercanos (CN. José Olaya) mantienen un contacto limitado (2 días/semana o 96 días/año) con las matrices afectadas durante dichas actividades. Asimismo, se ha considerado la exposición del trabajador industrial en actividades de mantenimiento (supervisión de pozas y tuberías, reparación de plataformas, inspecciones a los accesos, entre otros.).

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. En el Cuadro 4-7 se presenta los CP para el escenario ecológico en suelos del sitio S0109 (Sitio 3):

Cuadro 4-7 Contaminantes de Preocupación para Escenario Ecológico – Suelo en el Sitio S0109 (Sitio 3)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar de Referencia (mg/kg)	Comentarios
Boro	0,012	5,677	5,677	2,018	2**	97,5% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Selenio	0,16	4,286	0,694	1,821	1**	95% Adjusted Gamma UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Hidrocarburos Totales C10-C28	5	14 721	-	4079	1200*	97,5% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Benzo (a) antraceno	0,005	1,09	-	1,09	0,1**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Benzo (b) fluoranteno	0,005	0,189	-	0,189	0,1**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP

Cuadro 4-7 Contaminantes de Preocupación para Escenario Ecológico – Suelo en el Sitio S0109 (Sitio 3)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar de Referencia (mg/kg)	Comentarios
Fenantreno	0,005	0,411	-	0,411	0,046**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP
Naftaleno	0,003	0,166	-	0,166	0,1*	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP

*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 seleccionar los CP de la matriz 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. De acuerdo al ítem 3 del Informe de Caracterización del sitio S0109 (Sitio 3), casi la mayoría de las concentraciones de los metales pesados presentaron niveles inferiores al límite de detección de análisis (LDA); de la misma forma los compuestos orgánicos HTP, antraceno, benzo (a) pireno, fluoranteno y benceno. Además, no se obtuvieron muestras de tejido muscular en peces, toda vez que el caudal de la quebrada era intermitente. Por lo expuesto, no se considera ningún contaminante de preocupación (CP) para la matriz agua superficial, pues la totalidad de parámetros de evaluación presentaron concentraciones inferiores a los estándares de referencia e incluso inferiores al LDA, tanto en época húmeda y seca.

• 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.

Para los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) se contemplaron los valores establecidos en la Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life, específicamente el Interim Sediment Quality Guidelines (ISQG) para cuerpos de agua continental, el cual corresponde al límite por debajo de los cuales no se espera efectos biológicos adversos en la vida acuática. Los HAPs: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, criseno, dibenzo (a,h) antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno y naftaleno son indicadores de la calidad de sedimentos y/o protección de la vida acuática conforme a la normativa canadiense. De acuerdo al ítem 3 del Informe de Caracterización del sitio S0109 (Sitio 3), las concentraciones de estos HAPs registran niveles inferiores al LDA y por ende al ISQG; asimismo, los niveles de

metales pesados (cadmio, cobre, cromo, mercurio, plomo y zinc) registraron concentraciones inferiores al ISQG, a excepción del arsénico el cual registró una concentración de máxima de 5,97 mg/kg. Por lo tanto, este parámetro se considera como un CP para este escenario.

Cuadro 4-8 Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Arsénico	2,58	5,97	-	0.00542*	5,9**	El conjunto de datos es menor a 10 muestra, siendo no apto para calcular el UCL95, se utiliza la concentración más alta para la determinación del CP

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

** [Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life](#)

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

• Agua Subterránea

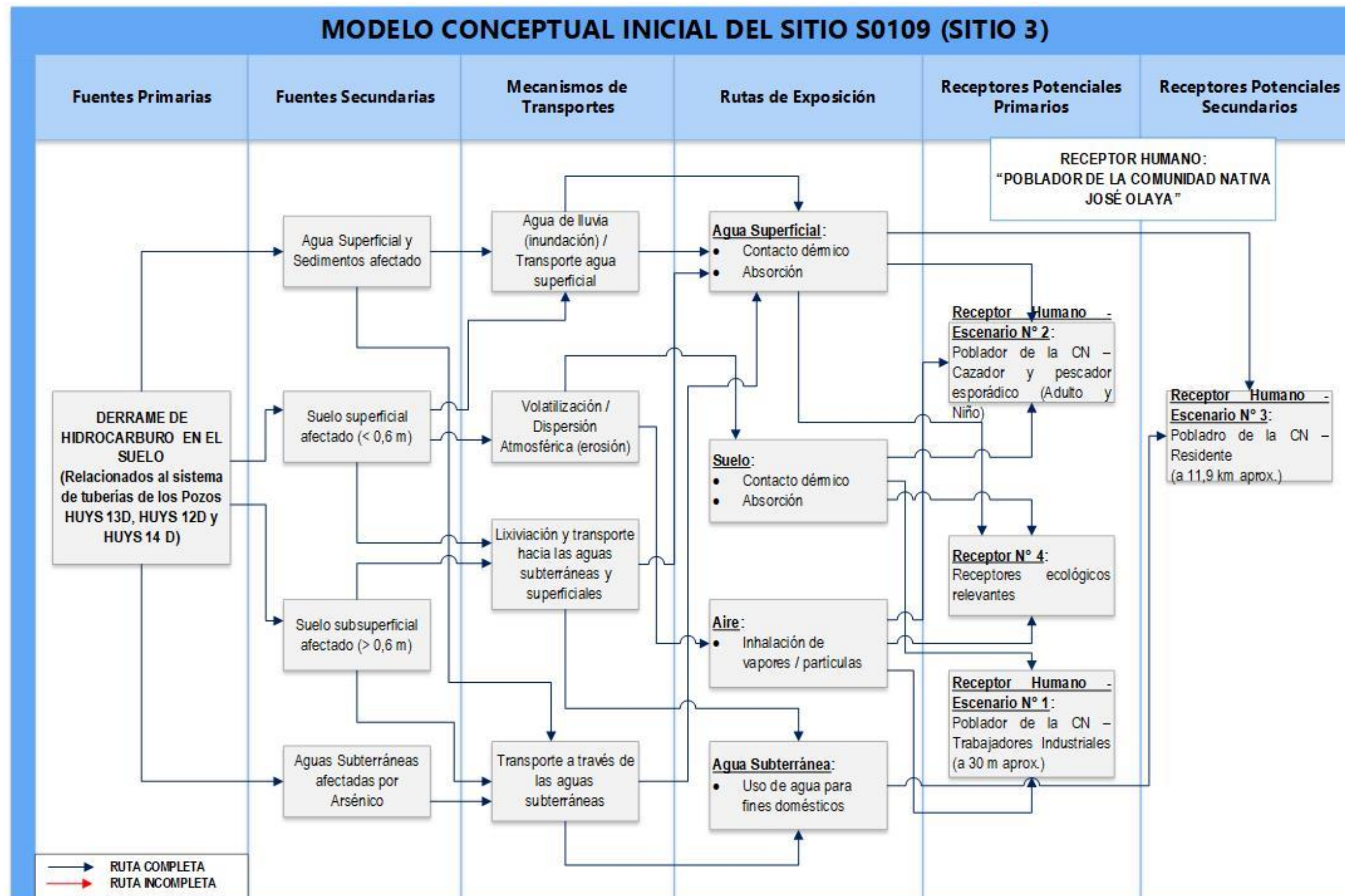
Si bien es cierto que se detectaron UCL95 (para esta matriz se contempló el valor máximo registrado en las muestras) las cuales superaron los estándares internacionales, se debe tener en cuenta que muchos de estos elementos; específicamente el hierro, aluminio y manganeso reportan altas concentraciones junto a otros elementos como los iones amonio (NH_4^+), fósforo y silicio^{cc}. Estas excedencias estarían relacionadas a la geología e hidrogeología del lugar, así como posible aporte de los suelos (para el caso de aluminio y hierro) y por lo tanto no podría atribuirse como CP para este escenario. No obstante, el arsénico presenta concentraciones en sedimentos y en las mismas aguas subterráneas, debiéndose a una posible lixiviación de los suelos hacia la napa freática; sin embargo, no se tiene una ruta completa hacia estos receptores ecológicos, por lo que tampoco podría considerarse como un CP para este escenario.

A) 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 S0109 (Sitio 3).

^{cc} Caroline M.C. et al (2017). Arsenic, manganese and aluminium contamination in groundwater resources of Western Amazonia (Peru). Science of the Total Environment 607-608 (2017), 1437-1450.

Figura 4-26 Modelo conceptual inicial del sitio S0109 (Sitio 3)



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

4.2.2 Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial

- **Fuentes primarias**

La fuente primaria de contaminación corresponde a la interconexión del sistema de oleoductos de los Pozo HUYS-12D, 13D y 14D con el sistema de oleoductos de los Pozos HUAY-01X y 02CD, dado que pendiente abajo se ubica el foco de contaminación por derrames de hidrocarburos históricos, con una superficie de 557,46 m².

De estas fuentes históricas se pueden identificar con las curvas de isoconcentraciones la presencia de suelo impactado hasta una profundidad de 0,9 m con fracción de hidrocarburos F2. El suelo superficial (profundidad entre 0 a 0,6 m) presenta concentraciones superiores al ECA de hasta 14 721 mg/kg a una profundidad de 0,3 m; seguidamente el subsuelo (profundidad mayor a 0,6 m) presenta concentraciones de F2 de hasta 4 969 mg/kg (profundidad de 0,9 m) y en su mayoría concentraciones inferiores a los límites de detección analítico (LDA), además, presenta concentraciones detectables de Boro y Selenio hasta una profundidad de 2,7 m. Adicionalmente, los HAPs, sustancias químicas relacionados a derrames de hidrocarburos, reportaron concentraciones de Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno y Naftaleno a nivel superficial, hasta profundidades de 0,3 m.

El Selenio (Se) y Boro (Bo) se encuentra en el rango de los 0,3 m hasta los 2,7 m, es importante mencionar que este metal es considerado como contaminante de preocupación (CP), a pesar de no existir la certeza de una relación directa entre los contaminantes de hidrocarburos y este metal. Existe la probabilidad que el selenio esté relacionado a condiciones geológicas y/o naturales, ya que los resultados reportaron concentraciones de selenio en más del 55 % de las muestras de suelos analizadas e incluso los niveles de fondo de Boro (5,677 mg/kg) presenta una concentración superior a la normativa canadiense (2 mg/kg).

Por lo descrito, el principal foco de contaminación correspondería a los suelos afectados por derrames de hidrocarburos.

- **Fuentes secundarias**

Se identificaron como fuentes secundarias de contaminación aquellas matrices ambientales que por su carga contaminante a través de evidencia analítica se vieron afectadas, convirtiéndose en focos (fuentes secundarias) y medio de depósito de contaminación que posteriormente puede trasladarse a otro lugar; ya sea en la misma matriz o una de diferente naturaleza por acción de 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.

Se identifica al suelo superficial como una fuente secundaria afectada, entendiéndose a este suelo como aquel que se encuentra hasta una profundidad máxima de 0,6 m; y respecto al subsuelo, aquel que se encuentra a profundidades mayores a 0,6 m. Mediante los resultados de las perforaciones realizadas se evidencia la afectación del suelo superficial hasta una profundidad máxima de 0,6 m y afectación del suelo subsuperficial hasta una profundidad máxima de 2,7 m.

El agua superficial podría verse afectada por el arrastre de contaminantes desde la superficie del sitio impactado (suelo) durante eventos de precipitación, es decir un transporte mecánico asistido por la lluvia o por difusión característica de cada contaminante.

Se considera también como fuente secundaria a los sedimentos del sitio S0109 (Sitio 3) por el contenido registrado de arsénico (As), el cual fue determinado como contaminantes de preocupación.

El agua subterránea podría verse afectada por lixiviación de los CP desde el suelo y subsuelo, ya que el espesor del sitio impactado es de 2,7 m y la profundidad del nivel freático elevado, desde 1 m en la zona baja y cercana a la Quebrada S/N hasta los 3 m en zona alta y en dirección oeste.

La caracterización de las aguas subterráneas se realizó recolectando muestras en dos (2) estaciones de evaluación, tanto en época húmeda y seca. De los resultados analíticos no se identificaron 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 un (1) m, por lo que se concluye que no existe migración de estos contaminantes del suelo al agua subterránea. Por otro lado, el agua subterránea reportó valores importantes de metales como arsénico, fósforo, aluminio, hierro, manganeso y zinc, concentraciones posiblemente relacionadas a la geoquímica del lugar, a excepción del arsénico, y no a contaminantes por derrames históricos de hidrocarburos en el sitio S0109 (Sitio 3).

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 (cazadores esporádicos), pues el consumo de agua potable no proviene del agua subterránea del sitio S0109 (Sitio 3), sin embargo se plantea una ruta de exposición completa para los receptores fuera del sitio correspondiente a la C.N. José Olaya, los cuales distan 11,9 km del sitio impactado.

El agua subterránea es considerada como medio de transporte para la lixiviación de CP desde el suelo y subsuelo afectado.

Asimismo, no se considera como fuente secundaria el agua superficial, pues no se identificaron contaminantes de preocupación en esta matriz ambiental (Ver ítem 4.2.1. Determinación de contaminantes de preocupación).

• Receptores identificados

En el modelo conceptual presentado se identifican dos (2) receptores:

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0109 (Sitio 3)

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

- 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 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 afectadas. Otros escenarios como pobladores locales que transitan por el sitio eventualmente como los monitores ambientales o personas que lavan ropa con suelo impregnado, representan escenarios con una exposición directa, pero de menor frecuencia y exposición indirecta respectivamente.

• Receptores en 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 S0109 (Sitio 3).

A pesar que la infraestructura más cercana al sitio S0109 (Sitio 13) es la plataforma de los pozos HUYS-12D, 13D y 14d, a una distancia de 184 m aproximadamente, se ha planteado a este escenario como un receptor en el sitio (0 m), dado que es probable que 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, se expongan a los contaminantes de preocupación del suelo por las vías de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental; asimismo, por contacto dérmico e ingestión accidental de sedimentos de agua superficial afectados, pero no se considera el consumo de agua (superficial y subterránea) sin tratar, ni ingestión de pescado al interior del sitio S0109 (Sitio 3). Cabe resaltar que no se determinaron CP en la matriz de agua superficial.

Es importante mencionar que el trabajador industrial pasa la mayor parte del tiempo en actividades exteriores distantes 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 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 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). 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.

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 sitio**

Receptor residencial (Habitantes de la C.N. José Olaya)

Se han identificado como receptores secundarios (fuera del sitio) a los residentes de la población José Olaya ubicados a 11,9 km de distancia, considerando que los CP de los suelos lixivian al subsuelo, se transportan al agua subterránea y descargan a algún cuerpo de agua superficial de importancia para la población local, como el río Corrientes. Por lo tanto es probable una eventual exposición por el contacto con los CP del sitio que han sido transportados a aguas superficiales de relevancia para la comunidad (Río Corrientes), debido al uso para fines recreacionales como natación, el cual incluye la inmersión (contacto dérmico) y la ingestión accidental de agua superficial.

La distancia entre el Sitio S0109 (Sitio 3) y el asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. José Olaya es de aproximadamente 11,9 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 (escenario humano N° 1) y caza (escenario humano 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 agua superficial de los cuerpos de agua de importancia para la comunidad, alejados del sitio impactado, que actúan como cuerpos receptores para los CP que lixivian desde el suelo afectado del Sitio S0109 (Sitio 3), recorriendo una distancia aproximadamente de 11,9 km. No se ha considerado la exposición a agua superficial y sedimentos afectados del sitio, dado que

probablemente la zona de mezcla de los contaminantes es de aproximadamente 50 m desde el foco de contaminación en el Sitio S0109 (Sitio 3), por ende, no existe una ruta de exposición completa entre el escenario residencial y los CP por el efecto de dilución y la distancia.

Se define como receptor residencial aquel que pasa la mayor parte de su 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 (11,9 km) a la que se encuentra dicha comunidad, del sitio.

Es importante mencionar que, existe una relación entre el receptor primario ecológico y el receptor secundario, debido al hábito de la caza en este sector.

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:

- Texas Risk Reduction Program, RG-366 TRRP-19, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, June 2001; (toxicity and physical/chemical properties tables dated May 24, 2011)
- USEPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Third Edition, OSWER, November 1986.
- USEPA, Method 8270C, Revision 3, "Semivolatile Organic Compounds by GC/MS", December 1996.
- USEPA Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST), July, 1997
- Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0.
- National Primary Drinking Water Regulations, EPA 816-F-03-016, June 2003, downloaded February 2007
- Occupational Safety and Health Administration, downloaded June 2003
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1997
- Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 1, downloaded June 2003
- Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 3, downloaded June 2003
- USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007
- Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM report 711701 023. February 2001
- EPA SSL Guidance: Tech. Bkgd. Doc., EPA/540/R-95/128
- USEPA, Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications, ORD, EPA/600/8-91/011B.

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). De esta clasificación, el Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno y Arsénico fueron categorizados como CP carcinógenos.

En el Anexo 6.6.3, se presenta las propiedades químicas de los CP seleccionados, incluyendo los parámetros sobre toxicidad.

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 USEPA f (Ecotox) 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 para el sitio S0109 (Sitio 3), solo se ha considerado la evaluación de la comunidad hidrobiológica con relación a la presencia de arsénico en sedimentos, así como las concentraciones en agua superficial (a pesar de que no hay CP para esta matriz ambiental);.. En lo que respecta a peces, no se consideró en la evaluación toda vez que no se registraron especies en el sitio S0109 (Sitio 3).

Asimismo, para la evaluación de la comunidad hidrobiológica en la matriz agua superficial, se tuvo en cuenta la información proveniente de la EPA Ecotox para aquellas especies (análogas) que en la medida de lo posible correspondieran a alguno de los géneros y/o familias reportados en los resultados de la comunidad hidrobiológica del sitio S0109 (Sitio 3); además de las concentraciones de Arsénico presentes en el agua superficial. Teniendo en cuenta ello, se emplearon los valores de referencia proveniente de la Ecotox:

Cuadro 4-9 EPA Ecotox usados - sitio S0109 (Sitio 3)

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	Scenedesmus quadricauda	Green Algae	Algae	NR	NR	Lab	61	AI mg/L
Zooplankton	Arsenic	Ceriodaphnia reticulata	Water Flea	Crustaceans	NR	NR	Lab	1,8	AI mg/L
Bentos	Arsenic	Cloeon dipterum	Mayfly	Insects/Spiders	NR	NR	Lab	0,25	AI mg/L

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

La comunidad bentónica se compone por todos aquellos organismos que se encuentran adheridos al sustrato asociado con el fondo de los ríos, caños, ciénagas, lagos etc.; ya sea esta arena, lodo, roca y/o material vegetal entre otros. A diferencia de los macroinvertebrados asociados a macrófitas, dentro de los organismos bentónicos es poco probable encontrar adultos especialmente nadadores y/o patinadores (Margalef, 1983; Wetzel & Likens, 2000; Roldán, 2003).

El fitoplancton está compuesto por organismos netamente autótrofos que permanecen todo su ciclo de vida suspendidos en la columna de agua. Son de pequeño tamaño (desde 0,2 μm < hasta 2 mm), tienen tasas de crecimiento rápido y constituye el principal componente de la red trófica, siendo por ende el primer eslabón en el flujo de energía en los ecosistemas acuáticos (Reynolds et al, 2002).

Las variables físicas y químicas del agua también determinan la composición y estructura de esta comunidad; dentro de las variables físicas se destacan la temperatura y la luz y a nivel químico, la disponibilidad de nutrientes y el pH (Reynolds, 1984).

El zooplankton es un componente fundamental de la red trófica pelágica de ríos, lagos y planos de inundación, puesto que une productores (fitoplancton) a consumidores secundarios como los peces (Velho et al., 1999; Amoros & Bornette, 2002). La comunidad zooplanctónica se ve fuertemente afectada por cambios en parámetros químicos (ej. oxígeno disuelto, pH, conductividad) influenciados por la hidrología del sistema (Van den Brink et al., 1994). Estos cambios químicos además de ser de origen natural pueden ser de origen antrópico (ej. vertimientos industriales, pesticidas, aguas domésticas).

Para evaluar la toxicidad del Arsénico en fitoplancton, se utilizó como referencia a la especie *Scenedesmus quadricauda*, una alga verde, por otro lado en el caso del zooplankton se utilizó a la especie *Ceriodaphnia reticulata* y para el bentos, se usó como referencia a la especie *Cloeon dipterum* debido a la ausencia de otro organismo perteneciente a la comunidad bentónica asociado a estos parámetros en la matriz de agua superficial (EPA Ecotox).

Dentro de la comunidad béntica, los Ephemeropteros se caracterizan por su preferencia por aguas con buenas condiciones ecológicas (Fernández & Domínguez, 2001; Flowers & De la Rosa, 2010), por lo que el valor usado como referente, podría darnos una aproximación bastante real de la afectación que la concentración actual de Arsénico

Los resultados de la evaluación de toxicidad en la comunidad hidrobiológica se presentan a continuación, teniendo en cuenta las concentraciones de Arsénico en agua superficial:

Cuadro 4-10 Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del sitio S0109 (Sitio 3)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Húmeda	S0109-HB-FIT-1-001	NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	mg/L	0,00050	61	Valor por debajo del límite Ecotox
			EUGLENALES	PHACACEAE	<i>Phacus</i> sp.	mg/L	0,00050	61	
			EUGLENALES	EUGLENACEAE	<i>Trachelomonas</i> sp.	mg/L	0,00050	61	
		S0109-HB-FIT-1-002	NAVICULALES	PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia</i> sp.	mg/L	0,00040	61	
			NAVICULALES	NAVICULACEAE	<i>Navicula</i> sp.	mg/L	0,00040	61	
			SYNECHOCOCCALES	PSEUDANABAENACEAE	<i>Pseudanabaena</i> sp.	mg/L	0,00040	61	
	Seca	S0109-HB-FIT-1-001	EUGLENALES	EUGLENACEAE	<i>Trachelomonas</i> sp.	mg/L	0,00040	61	
			EUGLENALES	PHACACEAE	<i>Phacus</i> sp.	mg/L	0,00040	61	
			BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigma</i>	mg/L	0,00239	61	
			BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia</i> sp.	mg/L	0,00239	61	
			SURIRELLALES	SURIRELLACEAE	<i>Surirella</i> sp.	mg/L	0,00239	61	
			OSCILLATORIALES	HOMOEOTRICHACEAE	<i>Homoeothrix</i> sp.	mg/L	0,00239	61	
			OSCILLATORIALES	ND	ND	mg/L	0,00239	61	
			EUGLENALES	EUGLENACEAE	<i>Trachelomonas</i> sp.	mg/L	0,00239	61	
			EUNOTIALES	EUNOTIACEAE	<i>Eunotia</i> sp.	mg/L	0,0033	61	
		S0109-HB-FIT-1-002	OSCILLATORIALES	HOMOEOTRICHACEAE	<i>Homoeothrix</i> sp.	mg/L	0,0033	61	

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

Cuadro 4-11 Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0109 (Sitio 3)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua superficial	Húmeda	SO109-HB-ZOO-1-001	PERITRICHIDA	VORTICELLIDAE	<i>Vorticella</i> sp.	mg/L	0,00050	1,8	Valor por debajo del límite Ecotox
			CHAETONOTIDA	CHAETONOTIDAE	<i>Chaetorotus</i> sp.	mg/L	0,00050	1,8	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00050	1,8	
			ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0,00050	1,8	
			ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Trinema</i> sp.	mg/L	0,00050	1,8	
			ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.	mg/L	0,00050	1,8	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00050	1,8	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> sp.	mg/L	0,00050	1,8	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane cf. flexilis</i>	mg/L	0,00050	1,8	
			PLOIMA	NOTOMMATIDAE	<i>Cephalodella</i> sp.	mg/L	0,00050	1,8	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane cf. bulla</i>	mg/L	0,00050	1,8	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00040	1,8	
			ACONCHULINIDA	EUGLYPHIDAE	<i>Euglypha</i> sp.	mg/L	0,00040	1,8	
			ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0,00040	1,8	
			ARCELLINIDA	NEBELIDAE	<i>Nebela</i> sp.	mg/L	0,00040	1,8	
			PLOIMA	LECANIDAE	<i>Lecane</i> sp.	mg/L	0,00040	1,8	
			PLOIMA	TRICHOTRIIDAE	<i>Trichotria</i> sp.	mg/L	0,00040	1,8	
			PLOIMA	LEPADELLIDAE	<i>Colurella</i> sp.	mg/L	0,00040	1,8	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00040	1,8	
		SO109-HB-ZOO-1-001	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.			1,8	
	Seca	SO109-HB-ZOO-1-002	ND	ND (Larva nauplio)		mg/L	0,00234	1,8	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00235	1,8	
			ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0,00236	1,8	
			PLOIMA	NOTOMMATIDAE	<i>Cephalodella</i> sp.	mg/L	0,00237	1,8	
			PLOIMA	LEPADELLIDAE	<i>Colurella</i> sp.	mg/L	0,00238	1,8	
			ND	ND	ND	mg/L	0,00239	1,8	

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

Cuadro 4-12 Evaluación de toxicidad de la comunidad bentónica en agua superficial del sitio S0109 (Sitio 3)

Matriz	Época	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante		
							Arsénico		Interpretación
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	
Agua Superficial	Húmeda	SO109-Hb-BEN1-001	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00050	0,25	Valor por debajo del límite Ecotox
		SO109-Hb-BEN1-002	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,00040	0,25	
	Seca	SO109-Hb-BEN1-001	Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0,00239	0,25	
			Trichoptera	Polycentropodidae	ND	mg/L	0,00239	0,25	
			Coleóptera	Elmidae	<i>Austrelmis sp. (Larva)</i>	mg/L	0,00239	0,25	
			Subclase: Oligochaeta	ND	ND	mg/L	0,00239	0,25	
		SO109-Hb-BEN1-002	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0,0033	0,25	

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 95 sitio S0109 (Sitio 3), 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*^{dd}, 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, a fin de 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 es 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)^{ee} 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. A continuación, se detalla los niveles de toxicidad en función a los valores de NOAEL de una especie análoga a la especie representativa y sensible del sitio S0109 (Sitio 3) a estos CP.

^{dd} Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments - US EPA

^{ee} Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revisión. - U.S. Department of Energy.

Cuadro 4-13 NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0109 (Sitio 3)

CP	NOAEL* (mg/kg)	Descripción
Boro	7,9	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.
Selenio	0,056	
Suma Total HAP's	0,15 ^a	
Hidrocarburos C10-C28	25 ^b	

* Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revisión. Tabla N°12.

a Se consideró el valor del Benzo(a) pireno como valor representativo de la suma total de los HAP's

b Se empleó el valor del 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.

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

De acuerdo a la información obtenida en la fase de caracterización, como parte de la fauna del sitio S0109 (Sitio 3) se registraron las siguientes especies: *Panthera onca* (otorongo), *Cuniculus sp.* (Majaz, picuro) y *Ameiva sp.* (lagartija). Sin embargo, para fines del presente estudio, se consideró como especie representativa al *Tapirus terrestris*, por ser una especie más apreciada por los cazadores de la selva amazónica, así como su vulnerabilidad a la caza, largo periodo de gestación y longevidad (Bodmer *et al.* 1997).^{ff} Es importante tener en cuenta que estos valores son referenciales, los cuales se basan en estudios de toxicidad (obteniendo así valores NOAEL de algunas especies); es por ello que se consideró al *Odocoileus virginianus* como una especie análoga respecto al *Tapirus terrestris*, a fin de tener una idea del grado de toxicidad que podría generarle.

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

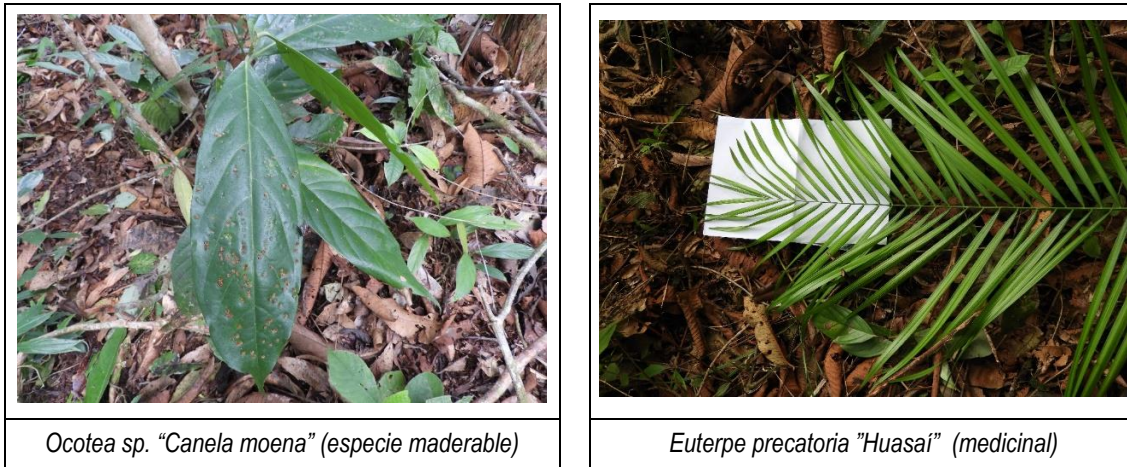
Se ha identificado un (1) un posible receptor ecológico, el cual agrupa tanto a ecosistemas así como a la fauna y flora silvestre del sitio S0109 (Sitio 3); pudiendo esta verse afectada por la presencia de estos CP. De acuerdo con el análisis de toxicidad, se han determinado que estos CP son tóxicos a ciertos umbrales de acuerdo con cada especie, y en base al modelo conceptual del sitio se define tres (03) 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 algunas especies de flora como *Ocotea sp.* (Canela moena) con fines maderables; *Simarouba amara* (Marupá) con fines medicinales; y *Euterpe precatoria* (Huasai) que se emplea para consumo (alimento).

^{ff} Montenegro, O. (1999). Observaciones sobre la estructura de una población de tapires (*Tapirus terrestris*) en el sureste de la Amazonía peruana. In: T.G. Fang, O.L. Montenegro & R.E. Bodmer (eds.) Manejo y conservación de fauna silvestre en América Latina, pp.437-442. Instituto de Ecología, La Paz, Bolivia.

Fotografía 4-1 Especies de flora identificada en el sitio S0109 (Sitio 3)



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

Como parte de la fauna del sitio S0109 (Sitio 3) se registraron tres (3) especies, correspondientes a tres órdenes y tres familias taxonómicas. Las especies de fauna silvestre con uso conocido y que fueron registradas están representadas por *Cuniculus sp.* (Majaz, picuro) el cual es un roedor grande y *Panthera onca* (otorongo) un felino grande; los cuales son cazados de manera incidental como alimento y para extraer su piel con fines ornamentales. Con ambos registros se cierra la cadena trófica entre consumidores primarios (presas) y consumidores secundarios (predadores). La tercera especie registrada la conforma un reptil, siendo este el *Ameiva sp. (lagartija)*.

- **Aire**

La flora del sitio S0109 (Sitio 3) 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 y sedimentos**

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. Ante un escenario donde exista un posible contacto con los CP en agua superficial y sedimentos, sería por ingesta directamente y contacto directo (hidrobiología y 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* (época húmeda); para el zooplancton se registraron especies pertenecientes al phylum *Rotifera*. En cuanto al perifiton, se registraron en ambas épocas más de 10 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. Para el sitio S0109 (Sitio 3) no se recolectaron muestras de tejido muscular de peces, toda vez que el caudal de la quebrada es de tipo intermitente.

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 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 escenario humano 1 corresponde a los trabajadores industriales de los Pozos HUYS-12D, 13D y 14D, por ende, es probable que estos receptores transiten por las cercanías del sitio impactado para realizar actividades estrictamente de carácter industrial (verificación, inspección, etc.) o en zonas cercanas. En el Cuadro 4-14 se presenta los datos generales u otros datos del escenario humano 1:

Cuadro 4-14 Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0109 (Sitio 3)

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	N.A.

N.A.: No Aplica.

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

Escenario Humano N° 2: Poblador Local – Cazadores 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 4-15).

Cuadro 4-15 Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0109 (Sitio 3)

Escenario Humano 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 11,9 km de distancia del Sitio S0109 (Sitio 3); 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 4-16).

Cuadro 4-16 Receptor/Escenario humano 3 – sitio S0109 (Sitio 3)

Escenario Humano N.º 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 00 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.

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 ciertos parámetros como 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 4-17 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos

CP	CF	SA	PV	Log (Koc)	Log (Kd)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)	DdR (Inh)	FAP (Der)	FAP (Oral)	FAP (Inh)
Boro	2,018	ND	ND	ND	ND	1,0	ND	0,2	0,2	0,02	-	-	-
Selenio	1,821	0	0,00E+00	ND	1,35E+00	1,0	ND	0,005	0,005	0,0126	-	-	-
Hidrocarburos Totales C10-C28	4079	5,8	3,65E-02	3,70E+00	ND	1,0	ND	0,04	0,04	0,2	-	-	-
Benzo (a) antraceno	1,09	0,01	1,54E-07	5,55E+00	ND	1,0	9200	0,005	0,005	ND	0,73	0,73	0,000088
Benzo (b) fluoranteno	0,189	0,0015	8,06E-08	6,08E+00	ND	1,0	26000	0,005	0,005	ND	0,73	0,73	0,000088
Fenantreno	0,411	0,994	6,80E-04	4,15E+00	ND	1,0	2630	0,03	0,03	ND	-	-	-
Naftaleno	0,166	31,4	8,89E-02	3,19E+00	ND	1,0	430	0,02	0,02	0,003	-	-	-

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:

DdR (Derm.): Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR (Oral): Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

FAP (Der): Factor de pendiente de cáncer por exposición oral (mg/kg/día)

FAP (Oral): Factor de pendiente de cáncer por contacto dérmico (mg/kg/día)

FAP (Inh): Factor de pendiente de cáncer por inhalación (µg/m³)

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

Cuadro 4-18 Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos

CP	CF	SA	PV	Log (Koc)	Log (Kd)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)	DdR (Inh)	FAP (Der)	FAP (Oral)	FAP (Inh)
Arsénico	5,97	0	0	ND	1,39E+00	7,80E-01	ND	0,0003	0,0003	0,001	1,5	1,5	0,0043

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:

DdR (Derm.): Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR (Oral): Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

FAP (Der): Factor de pendiente de cáncer por exposición oral (mg/kg/día)

FAP (Oral): Factor de pendiente de cáncer por contacto dérmico (mg/kg/día)

FAP (Inh): Factor de pendiente de cáncer por inhalación (µg/m³)

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

Cuadro 4-19 Parámetros de los contaminantes de preocupación para agua subterránea

CP	CF	SA	PV	Log (Koc)	Log (Kd)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)	DdR (Inh)	FAP (Der)	FAP (Oral)	FAP (Inh)
Arsénico	0,00572	0	0	ND	1,39E+00	7,80E-01	ND	0,0003	0,0003	0,001	1,5	1,5	0,0043

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

DdR (Derm.): Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR (Oral): Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

FAP (Der): Factor de pendiente de cáncer por exposición oral (mg/kg/día)

FAP (Oral): Factor de pendiente de cáncer por contacto dérmico (mg/kg/día)

FAP (Inh): Factor de pendiente de cáncer por inhalación (µg/m³)

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

El Anexo 6.6.4 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 4-20 Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos

Parámetro de exposición	Receptor humano 1	Receptor humano 2 Cazador esporádico		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.

Varios de estos parámetros fueron tomados de literatura relevante para el presente ERSa, algunos de estos se encuentran preestablecidos en el programa RBCA Toolkit y fueron descritos anteriormente en la sección 4.1.

Cuadro 4-21 Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición

Parámetro	Normativa / estándar (nacionales)	Descripción
Compuesto de preocupación	RG-366 TRRP-19 (TX11)	Texas Risk Reduction Program, RG-366 TRRP-19, Toxicity Factors and Chemical/Physical Parameters, June 2001; (toxicity and physical/chemical properties tables dated May 24,2011
	EPA SW-846	USEPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW-846, Third Edition, OSWER, November 1986.
	EPA 8270C	USEPA, Method 8270C, Revision 3, "Semivolatile Organic Compounds by GC/MS", December 1996.
	EPA-H	USEPA Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST), July, 1997
	ISBN -0-07-039175-0	Handbook of Chemical Property Estimation Methods, 1982, W.J. Lyman, (McGraw-Hill, New York), ISBN -0-07-039175-0.
	EPA 816-F-03-016	National Primary Drinking Water Regulations, EPA 816-F-03-016, June 2003, downloaded February 2007
	---	Occupational Safety and Health Administration, downloaded June 2003
	---	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1997
	30 TAC 307	Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 1, downloaded June 2003
		Texas Surface Water Quality Criteria, 30 TAC 307 Table 3, downloaded June 2003
	---	USEPA Integrated Risk Information System (IRIS), as of March 31, 2007
	---	Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM report 711701 023. February 2001
	---	Contaminated Land Exposure Assessment (CLEA) Model
	EPA/540/R-95/128	EPA SSL Guidance: Tech. Bkgd. Doc., EPA/540/R-95/128
	EPA/600/8-91/011B	USEPA, Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications, ORD, EPA/600/8-91/011B.
	---	EPA Water Quality Criteria, downloaded June 2003
Fisiología y biología del receptor	Guía ERSA (R.M. N° 034-2015-INAM)	Anexo C: Tabla de datos para el cálculo de la exposición
Escenario de Exposición	NA	La frecuencia de exposición para el receptor humano 1 (trabajadores industriales) se ha considerado 230 días (acorde a los valores recomendados en la Guía ERSA); para el receptor humano 2, una frecuencia de 96 días al año; para el receptor humano 3 (C.N. José Olaya), una frecuencia de 365 días, debido a que los fines recreacionales y de consumo son frecuentes durante todo el año.

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 a los fenómenos físicos que intervienen en la translocación de los contaminantes en el área de estudio.

Para el sitio S0109 (Sitio 3), se identificó el mecanismo de transporte por erosión y dispersión de partículas para el Boro, Selenio, TPH F2 y HAP's, los cuales fueron encontrados en el suelo superficial (menor a 0,6 m) y, poco probable, pero podrían ser transportadas por acción del viento desde el foco hasta el receptor industrial, cazador esporádico y receptores ecológicos. Estos mecanismos de transporte se ven debilitados por la presencia de cobertura vegetal que actúa como barrera natural, así como la topografía del terreno, la dirección y velocidad del viento.

Solamente los CP Boro y Selenio se encontraron en el subsuelo hasta profundidades de 2,7 m, por lo que se puede dar el mecanismo de lixiviación y transporte al agua subterránea y superficial, de estos metales.

Respecto al CP Arsénico identificado en la matriz sedimentos y agua subterránea, se considera el potencial mecanismo por lixiviación y transporte hacia las agua subterráneas y superficiales desde la matriz sedimentos de agua superficial.

Finalmente, se considera como un mecanismo de transporte el escurrimiento de agua superficial proveniente de las fuertes precipitación (3 057 mm anuales), la cual arrastraría contaminantes del suelo superficial a cuerpos de agua superficial. Este mecanismo de transporte tiende a ser netamente mecánico; dado que las fuertes precipitaciones podrían generar la fragmentación de los sedimentos impactados, formando sólidos suspendidos que contengan ciertos contaminantes de preocupación adheridos a dichas partículas; así como acción mecánica antropogénica (remoción del medio) y el posible paso de animales. Se tiene en cuenta que 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 un matiz compleja.

Estos mecanismos de transporte descritos forman parte de la evaluación del riesgo humano, para cada receptor humano y ecológico identificado, según aplique.

- **Rutas de exposición**

Entendiendo como exposición todo contacto de los límites exteriores de un determinado receptor con los componentes del medio que lo rodea. Estas 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 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 biológica⁹⁹.

En este orden de ideas, cuando una sustancia tiene una presión de vapor baja, 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.

Pese que existen muchas otras características fisicoquímicas que permiten predecir el comportamiento de las sustancias químicas potencialmente contaminantes, las descritas anteriormente son un indicador básico y se consideran suficiente para hacer este tipo de análisis.

Dentro de las vías de exposición, se tienen las vías más comunes o extensas en función de su interacción con los componentes ambientales y sus posibles contaminantes; siendo estas 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; sin embargo, no son objeto de análisis en este documento.

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. De manera general,

⁹⁹ Fleming Martínez et al (2001). Efecto de la miscibilidad parcial entre octanol y agua sobre la solubilidad y el reparto de algunas sulfonamidas.

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 la estimación de este flujo de penetración es difícil de calcular, se sabe que es función del K_p 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 S0109 (Sitio 3), 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-12D, 13D y 14D, 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 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, dado que no se determinaron contaminantes de preocupación en la matriz ambiental agua superficial.

Para el escenario humano N° 3 (residente de la 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 S0109 (Sitio 3), considerando que los CP de los suelos y sedimentos lixivian al subsuelo, se transportan al agua subterránea y descargan a algún cuerpo de agua superficial de importancia para la población local. Esta exposición puede generarse, considerando que tanto las aguas superficiales como las subterráneas tienen una potencial relación respecto a la descarga de las aguas subterráneas afectadas en las aguas del río Corrientes, el cual pasa por las cercanías de la CN José Olaya donde se frecuente 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 11,9 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) y escenario humano 2 (cazadores s esporádicos), no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0109 (Sitio 3), 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 2,0 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 S0109 (Sitio 3) 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 S0109 (Sitio 3). 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.

A partir de las una (1) fuente secundaria identificada se determinó que existen cuatro (4) mecanismo de transporte y varias vías de exposición potenciales para el escenario humano y ecológico, sin embargo, se definieron como rutas completas o incompletas según la relación entre dicha vía, el receptor y el escenario planteado.

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.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Estos compuestos son relativamente insolubles en agua y tienen una gran afinidad por la materia orgánica, por lo que tienden a permanecer enlazados en partículas de suelo y se disuelven muy lentamente en agua. Usualmente, el transporte de este contaminante ocurre en suelo, sedimentos y partículas suspendidas^{hh}, lo cual corresponde con los resultados obtenidos dado que, estos compuestos se encontraron en concentraciones que superan los límites de referencia solo en suelo. De acuerdo con estos argumentos su migración al agua subterránea y superficial es muy 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's es posible dado que, existen algunas zonas con poca cobertura vegetal y se encontraron concentraciones de dicho contaminante sobre el límite de referencia en suelo superficial (< 0,6 m), a una profundidad de 0,3 m, cabe precisar que a mayor profundidad las concentraciones encontradas de HAPs fueron inferiores al límite de detección analítico (LDA).

Hidrocarburos de Petróleo

Las fracciones encontradas F2, correspondiente a cadenas de más de 10 carbonos, generalmente 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, los hidrocarburos presentes en el sitio S0109 (Sitio 3) se encuentran meteorizados y representan las fracciones recalcitrantes, lo cual

^{hh} ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Based Corrective Actions

hace prácticamente nula su movilidad a través del suelo, que además posee baja permeabilidad, pues las concentraciones de este compuesto se hallaron en el rango de profundidad de 0,3 a 0,9 m, y al igual que los HAPs a mayor profundidad las concentraciones fueron inferiores al límite de detección analítico (LDA).

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 cargadasⁱⁱ.

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.

La movilidad de selenio en suelo, 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 5ⁱⁱ. Aunque se encontraron concentraciones detectables de este contaminante de interés tanto en agua subterránea como en el agua superficial, estas nos superaron los estándares de referencia considerados.

Los metales (Boro y Selenio) considerados para el sitio S0109 (Sitio 3), 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 encontraron concentraciones sobre los niveles de fondo y ECA para Boro y Selenio en el suelo superficial (<0,6m).

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 Selenio y Boro, y de la matriz sedimentos de agua superficial se transporte el CP Arsénico, 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 11,9 km.

Cuadro 4-22 Vías de exposición del sitio S0109 (Sitio 3)

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.

ⁱⁱ ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Based Corrective Actions

^{jj} Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados, 2015.

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.

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 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 indica la ausencia de dichos contaminantes en el entorno; a pesar de que puedan estar relacionados con la contaminación histórica de hidrocarburos en el sitio y que no representan un riesgo a la salud de las personas y al ambiente. Asimismo, 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 una situación de riesgo.

Cuadro 4-23 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Elemento	Justificación
Suelo	Antimonio, Arsénico, Bario Total, Berilio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Plomo, Talio, Vanadio, Zinc, Hidrocarburos Totales C28-C40	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, Antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (k) fluoranteno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fluoranteno, Indeno (1.2.3-c,d) pireno, Pireno, Benceno, Etilbenceno, Tolueno, Xilenos	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Sedimento	Arsénico, Bario Total, Cobre, Cromo Total, Plomo, Zinc, Hidrocarburos Totales C10-C28, Hidrocarburos Totales C28-C40	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Cadmio, Mercurio, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Criseno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Naftaleno, Pireno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua subterránea	Fósforo, Cloruros, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario Total, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeseo, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio, Zinc	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Boro, Cadmio, Plata, Talio, Hidrocarburos Totales C10-C40, Hidrocarburos Totales C28-C40, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno, Benceno	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua superficial	Fósforo, Antimonio, Arsénico, Bario Total, Cobre, Cromo Total, Plomo, Selenio	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Cadmio, Mercurio, Níquel, Talio, Hidrocarburos Totales C10-C40, Antraceno, Benzo (a) pireno, Fluoranteno, Benceno,	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.

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

4.9 Factores culturales y sociales^{kk}.

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 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 4-24, se presenta la ficha social de relevamiento.

Cuadro 4-24 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 (enfatar motivos referidos a la actividad de hidrocarburos). - 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.

^{kk} 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 4-25 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, - o Eventos de restauración en el área, - o 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 4-26 Ficha de Percepciones

N°	Temas	Preguntas y/o Uso de Mensajes Clave
1	Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora	d. ¿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"? e. ¿Conoce a la empresa JCI – HGE? De ser necesario se brindará información en relación con el proyecto. f. ¿Qué opinión tiene sobre el servicio?
2	Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos)	d. ¿Qué entiende usted por remediación? ¿Qué entiende usted por rehabilitación? Explicación sobre las diferencias y solicitud de opinión. e. ¿Qué espera usted de los trabajos de remediación o rehabilitación? f. ¿Qué cosas positivas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
3	Detalles del servicio	c. ¿Conoce usted los tiempos del servicio, la ejecución en campo, la sistematización y la presentación de resultados a las comunidades? d. ¿Qué riesgos o problemas podría traer la tarea de remediación a la comunidad?
4	Recomendaciones	b. 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 6.6.10 se adjuntan las entrevistas de campo:

Cuadro 4-27 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.

- **Distancias estimadas desde el sitio S0109 (Sitio 3) a la CN José Olaya**

El sitio S0109 (Sitio 3) se ubica a 11,9 km aprox. del casco comunal de la CN José Olaya. El sitio mencion se encuentra en el Sector 2, teniendo como instalaciones cercanas a la Batería Huayurí.

Cuadro 4-28 Distancia del S0109 (Sitio 3) a la CN José Olaya

Comunidad	Sectores	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (Kilómetros)	Tipo de Recorrido
CN José Olaya	Sector 1	S0109 (sitio 3)	11,9	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 2351 habitantes, donde el 46.2% corresponde a población masculina y el 53.8% a población femenina.^{II}

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.

^{II} 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.

En el siguiente cuadro se identifica la población estimada para la CN José Olaya.

Cuadro 4-29 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	22,8 %	31,5 %	25,9 %	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 achuares viven en comunidades en donde las viviendas están aisladas, otros viven en comunidades nativas densamente nucleadas^{mm}.

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 pobladoresⁿⁿ.

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 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

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

ⁿⁿ 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.

embarcaciones familiares, etc. Esta situación 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 4-2 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 es el gas debido a la mayor capacidad adquisitiva de las familias de esta comunidad que cuentan 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 S0109 (Sitio 3) 2 es la misma que desde la comunidad (11,9 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 4-3 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^{oo}.

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 Institución Educativa N° 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 4-30 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.

^{oo} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar 2006. Dirección General de Epidemiología. Ministerio de Salud. Perú.

- **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.

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 la CN José Olaya 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).

Fotografía 4-4 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 “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”^{pp} 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 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^{qq}.

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.

La población local reconoce que no en todos los sitios existen evidencias de zonas de caza, se precisa que en el S0109 (Sitio 3) no se identificaron evidencias del desarrollo de esta actividad; sin embargo, para los análisis y fines del presente estudio, se consideró la presencia de cazadores esporádicos.

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^{rr} (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también –

^{pp} 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.

^{qq} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^{rr} 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

adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 4-5 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 tigui, timbo, gambi y semilla de asco; plantas que actúan como narcotizantes. La actividad se desarrolla de manera individual o en mingas.

Es la actividad más importante en su aporte a la dieta y nutrición familiar. Las familias consumen diariamente raciones de pescado estimado en 1000 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.

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 se identificaron en el S0109 (sitio 3) evidencias de quebradas estacionales, para fines de estudio se considera presencia de pescadores esporádicos. Sin embargo, las especies para consumo humano más representativas y que se encuentran en ríos y quebradas de la zona son:

seres humanos o no humanos (animales, vegetales, condiciones meteorológicas, espíritus, etc.), e incluso las cosas y los artefactos.

Cuadro 4-31 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 S0109 (Sitio 3) 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.).^{ss} 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.^{tt}

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,

^{ss} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

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

animal o a la violación de prescripciones rituales del postparto y la lactancia por lo que afectan – especialmente – a niños lactantes cuya salud está pautaada por el comportamiento de los padres^{uu}.

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 bebe, 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.^{vv}. 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 o Posta 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.
- 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:

- a. Enfermedades infecciosas intestinales, helmintiasis^{ww}, 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.
- b. Trastornos episódicos y paroxísticos^{xx}, 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.

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

^{vv} 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.

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

^{xx} Los trastornos paroxísticos no epilépticos (TPNE) los forman una serie de episodios de origen cerebral ó 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.

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

Cuadro 4-32 Morbilidad en la CN José Olaya

GRUPOS DE CATEGORIAS	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) ENFERMEDADES INFECCIOSAS INTESTINALES	68	1	11	7	-
(A90 - A99) FIEBRES VIRALES TRANSMITIDAS POR ARTROPODOS Y FIEBRES VIRALES HEMORRAGICAS	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, ACARIASIS Y OTRAS INFESTACIONES	1	-	2	-	-
(D50 - D53) ANEMIAS NUTRICIONALES	1	-	1	-	-
(E65 - E68) OBESIDAD Y OTROS DE HIPERALIMENTACION	1	-	1	-	-
(E70 - E90) TRASTORNOS METABOLICOS	-	-	-	1	-
(F80 - F89) TRASTORNOS DEL DESARROLLO PSICOLOGICO	2	-	-	-	-
(G40 - G47) TRASTORNOS EPISODICOS Y PAROXISTICOS	4	7	23	14	3
(H10 - H13) TRASTORNOS DE LA CONJUNTIVA	8	1	5	6	-
(H60 - H62) ENFERMEDADES DEL OIDO EXTERNO	-	1	1	-	-
(I10 - I15) ENFERMEDADES HIPERTENSIVAS	-	-	-	1	-
(J00 - J06) INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	87	8	28	15	3
(J09 - J18) INFLUENZA (GRIPE) Y NEUMONIA	-	-	-	-	1
(J20 - J22) OTRAS INFECCIONES AGUDAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	32	1	-	-	-
(J30 - J39) OTRAS ENFERMEDADES DE LAS VIAS RESPIRATORIAS SUPERIORES	1	-	-	-	-
(J40 - J47) ENFERMEDADES CRONICAS DE LAS VIAS RESPIRATORIAS INFERIORES	-	-	3	2	-
(K00 - K14) ENFERMEDADES DE LA CAVIDAD BUCAL, DE LAS GLANDULAS SALIVALES Y DE LOS MAXILARES	32	4	31	16	-
(K20 - K31) ENFERMEDADES DEL ESOFAGO, DEL ESTOMAGO Y DEL DUODENO	-	-	6	8	1
(K55 - K63) OTRAS ENFERMEDADES DE LOS INTESTINOS	-	-	1	-	-
(K80 - K87) TRASTORNOS DE LA VESICULA BILIAR, DE LAS VIAS BILIARES Y DEL PANCREAS	1	-	-	-	2
(L00 - L08) INFECCIONES DE LA PIEL Y DEL TEJIDO SUBCUTANEO	6	2	2	10	-
(L20 - L30) DERMATITIS Y ECZEMA	1	-	1	-	-
(L60 - L75) TRASTORNOS DE LAS FANERAS	1	-	1	-	-
(M00 - M25) ARTROPATIAS	2	1	7	10	1
(M40 - M54) DORSOPATIAS	-	-	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 ORGANOS PELVICOS 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 OBSTETRICAS NO CLASIFICADAS EN OTRA PARTE	-	-	5	1	-
(R10 - R19) SINTOMAS Y SIGNOS QUE INVOLUCRAN EL SISTEMA DIGESTIVO Y EL ABDOMEN	3	14	9	6	-
(R50 - R69) SINTOMAS 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 REGION 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 Antioquía donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud. 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.

Grupos de Interés

El sitio S0109 (Sitio 3) 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 4-33 se encuentra información sobre el reconocimiento y la titulación de la comunidad. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.9: Mapa de comunidades cercanas al sitio S0109 (Sitio 3).

Cuadro 4-33 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 José Olaya motivados por mejorar su situación económica, abandonando el lugar en la década de los 70.

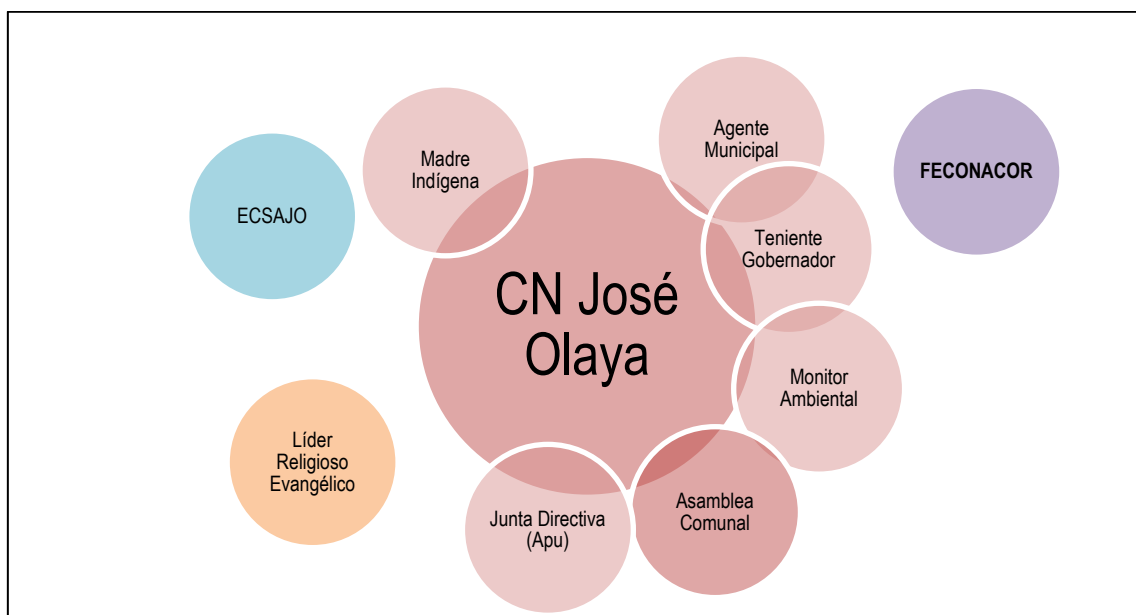
A continuación, un extracto de la historia comunal recogida por el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Perforación de 1 Pozo Exploratorio, 2 Pozos de Desarrollo y Facilidades de Producción en el Yacimiento Carmen - Lote 1AB elaborado por Walsh Perú S.A en noviembre del 2006:

“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, pajiiles, 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 02 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”^{yy}.

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^{zz}.

Gráfico 4-1 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 sitio S0109 - Sitio 3).

^{yy} 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.

^{zz} 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.

- 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. 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^{aaa}. 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 Sr. 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

^{aaa} <http://observatoriopetrolero.org/pronunciamiento-de-feconacor-federacion-de-comunidades-nativas-de-la-cuenca-del-corrientes/>

- 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.

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 señor 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 de 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^{bbb} 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.

^{bbb} 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.

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^{ccc} 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.^{ddd}

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

- Eval Salas García
- Natanael Sandi Chimborás
- Javier Díaz Chimborás
- César Piñola Llaja
- 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^{eee}, 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:

^{ccc} Organización histórica, previa a FECONACOR.

^{ddd} 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.

^{eee} Informe de Sostenibilidad 2014. Pluspetrol S.A.

- 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
- 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, extrapolando 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 S0109 (Sitio 3) 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 4-34 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 4-34 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	Quebradas cercanas al sitio impactado / Río Corrientes
Contacto Dérmico Agua superficial	-	X	X	Quebradas cercanas al sitio impactado / Río Corrientes

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 S0109 (sitio 3); 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 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 4-35 Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo

Riesgo	Rango	Descripción
Riesgo aceptable	$IRT \leq 1E-5$	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0109 (Sitio 3) 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 S0109 (Sitio 3) 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 S0109 (Sitio 3) 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.

• Escenario Humano 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

El CP benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno son probables carcinógenos humanos (B2/ 2B) acorde a la clasificación de la *Integrated Risk Information System* (IRIS) y la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC), estos contaminantes se evidenciaron en la matriz suelos.

A continuación, se presenta el análisis de riesgo por exposición al benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno para el trabajador industrial, el cual es considerado un receptor fuera del sitio (*ex situ*).

En el Cuadro 4-36 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 Huayurí.

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 los índices de riesgos individual (IR) para cada CP presentan un valor inferior al RECV fijado en $1,0E10^{-5}$, siendo un riesgo aceptable.

La vía de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas del suelo provenientes del Sitio S0109 (Sitio 3) para los trabajadores industriales presenta potenciales rutas completa conforme a lo descrito en el modelo conceptual, por la distancia entre receptor y el foco de contaminación. Los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por contacto dérmico, ingestión e inhalación de partículas de las sustancias cancerígenas, pues el valor del IR_j es de $5,8E-7$, $5,8E-7$ y $3,8E-11$ respectivamente..

El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, es $1,2E6$, por ende, es un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0109 (Sitio 3), 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 media del nivel freático de 2 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-36 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	6,8E-7	7,3E-1	4,9E-07	5,8E-07	1,2E-06
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,2E-7	7,3E-1	8,6E-08		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	6,8E-7	7,3E-1	5,0E-07	5,8E-07	
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,2E-7	7,3E-1	8,6E-08		
Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	4,0E-10	8,8E-5	3,6E-11	3,8E-11	
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,0E-11	8,8E-5	2,6E-12		
RECV					1,0E-05		

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

RECV: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

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

• Escenario Humano 2: Poblador Local - Cazadores esporádicos

En el Cuadro 4-37 y Cuadro 4-38 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 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. La distancia considerada entre el foco y el receptor fue de cero (0) metros, con el fin de evaluar un escenario crítico.

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; 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.

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 $1,0E10^{-5}$, siendo un riesgo aceptable.

El índice de riesgo (IR) por contacto dérmico e ingestión accidental de benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno en la matriz suelos, y arsénico en los sedimentos de agua superficial, presentan un riesgo aceptable; asimismo, el IR por inhalación de benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno presenta un riesgo aceptable, tanto para el receptor adulto (Ver Cuadro 4-37) y niño (Ver Cuadro 4-38)

Para el receptor adulto, los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por inhalación de partículas, pues el valor del IR_j para esta vía de exposición es de $1,6E-11$; asimismo, el índice de riesgo por exposición a través de la vía dérmica es de $7,4E-7$ y para la vía por ingestión $2,1E-6$, valores muy alejados al RVEC, siendo un riesgo aceptable.

Respecto al receptor niños, los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican que no existe riesgo potencial de efectos carcinógenos por contacto dérmico, pues el valor del IR_j para esta vía de exposición es de $9,6E-7$; para la vía de exposición por ingestión de $2,3E-6$; y para la vía de exposición por inhalación de $8,0E-12$, valores muy alejados al RVEC, siendo un riesgo aceptable.

El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, es de $2,8E-6$ y $3,3E-6$ para el receptor adulto y niño respectivamente, por ende, es un riesgo aceptable, ya que estos índices son inferiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0109 (Sitio 3), si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor del escenario humano 2 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 media del nivel freático de 2 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 con el agua superficial, ya que no se determinaron contaminantes de preocupación en el agua superficial.

En el Anexo 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-37 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 (IR _i)	Índice de Riesgo Total (IR _T)
Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,8E-7	7,3E-1	2,1E-07	7,4E-07	2,8E-06
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	4,9E-8	7,3E-1	3,6E-08		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	5,2E-10	7,3E-1	3,8E-10		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	4,6E-11	7,3E-1	3,4E-11		
	Sedimentos	Arsénico	3,3E-07	1,5E+00	5,0E-07		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,8E-7	7,3E-1	2,1E-07		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	4,9E-8	7,3E-1	3,6E-08	2,1E-06	
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	3,3E-10	7,3E-1	2,4E-10		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	4,7E-11	7,3E-1	3,4E-11		
	Sedimentos	Arsénico	1,2E-06	1,5E+00	1,8E-06		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,7E-10	8,8E-05	1,5E-11		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,3E-11	8,8E-05	1,1E-12		
Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,7E-10	8,8E-05	1,5E-11	1,6E-11	
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,3E-11	8,8E-05	1,1E-12		
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 Vía

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

Cuadro 4-38 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 (IR _T)
Dérmica	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	3,7E-7	7,3E-1	2,7E-07	9,6E-07	3,3E-06
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	6,3E-8	7,3E-1	4,6E-08		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	5,2E-10	7,3E-1	3,8E-10		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	4,6E-11	7,3E-1	3,4E-11		
	Sedimentos	Arsénico	4,3E-7	1,5E+0	6,5E-07		
Ingestión	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	3,2E-7	7,3E-1	2,3E-07	2,3E-06	
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	5,5E-8	7,3E-1	4,0E-08		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	3,3E-10	7,3E-1	2,4E-10		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	4,7E-11	7,3E-1	3,4E-11		
	Sedimentos	Arsénico	1,4E-6	1,5E+0	2,0E-06		
Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	8,4E-11	8,8E-5	7,4E-12	8,0E-12	
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	6,3E-12	8,8E-5	5,5E-13		
RECV							1,0E-05

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

RECV: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

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

• Escenario humano 3: Poblador Local - Residente de la CN José Olaya

El escenario humano N° 3 correspondiente a los residentes de la C.N. José Olaya, es un receptor fuera del sitio (*ex situ*), pues la distancia entre el foco de contaminación y la población es de 11,9 km.

En el modelo conceptual planteado se considera que los contaminantes de preocupación del suelo y sedimentos 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).

El benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno contaminantes categorizados como sustancias cancerígenas, son HAPs que presentan una solubilidad acuosa muy baja o prácticamente insolubles en agua; además, 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. Por lo tanto, la migración de estos contaminantes al agua subterránea es poco probable, sumado a la baja permeabilidad de los suelos del sitio impactado, el cual presenta una textura predominante arcillosa-limosa.

En el Cuadro 4-39 se presentan los resultados del Índice de Riesgo (IR) para el escenario humano 3 por exposición vía dérmica (inmersión) y oral (ingestión) de sustancias cancerígenas en el agua superficial. Del cálculo del índice de riesgo se determina que para ninguno de los contaminantes de preocupación el valor del IR supera el RVEC, siendo un riesgo aceptable. El IR por contacto dérmico (inmersión) para arsénico no fue calculado, debido a la falta de información bibliográfica relacionada a la exposición.

Los cálculos del IR integral por vía (IR_j) indican un riesgo aceptable, pues el valor del IR_j para la vía de exposición por contacto dérmico (inmersión) fue de $1,5E-14$ y para la vía de exposición por ingestión (inmersiones) fue de $2,9E-11$, siendo valores muy por debajo del $RECV = 1,0E-05$.

El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados, presenta un valor de $2,9E-11$, por ende, es un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV).

No se ha evaluado una exposición del receptor humano con agua subterránea, ya que la C.N. 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 6.6.6 se presentan los cálculos de riesgo 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 6.6.7. Asimismo, en el Anexo 6.6.8 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-39 Índice del riesgo cancerígeno para CP - Escenario humano 3

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	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,9E-14	7,3E-01	1,4E-14	1,5E-14	2,9E-11
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,7E-15	7,3E-01	1,2E-15		
	Agua Superficial ^B	Arsénico	NC	1,5E+00	NC		
Ingestión	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,2E-14	7,3E-01	8,7E-15	2,9E-11	2,9E-11
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,7E-15	7,3E-01	1,2E-15		
	Agua Superficial ^B	Arsénico	1,9E-11	1,5E+00	2,9E-11		
RECV					1,0E-05		

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

(B) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz sedimentos.

Fuente: RECA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

RECV: Riesgo Extra de Cáncer de por Vía

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

A) 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). 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 4-40 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 S0109 (Sitio 3). 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 S0109 (Sitio 3).

Cuadro 4-40 Riesgo no cancerígeno - Criterios

Riesgo	Rango	Descripción
		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 S0109 (Sitio 3). 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 – Trabajador industrial**

En el Cuadro 4-41 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 Huayuri; expuestos por contacto dérmico, ingestión e inhalación a los contaminantes de preocupación CP del suelo del Sitio S0109 (Sitio 3) considerado 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.

Los CP benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno a pesar de clasificarse como sustancias posiblemente cancerígenas para humanos por la IARC y la *Integrated Risk Information System* de la EPA; han sido incluidas en esta evaluación, debido a sus posibles efectos tóxicos a una dosis de 0,005 mg/kg/día mediante la vía de exposición oral, de acuerdo al estudio *Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater* (RIVM, 2001).

El cociente de peligrosidad (CdP) para el Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28), Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno y Naftaleno para la vía de exposición por contacto dérmico e ingestión, presentan un riesgo aceptable, pues los cocientes de peligrosidad son inferiores a la unidad.

Por otro lado, vía de exposición por inhalación de partículas de polvo del suelo presenta cocientes de peligrosidad inferiores a uno (1) para todos los CP, siendo el riesgo aceptable. No se determinaron coeficientes de peligrosidad por inhalación de partículas para Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno y Fenantreno, debido a la falta de información de fuentes bibliográficas para la dosis de referencia por inhalación.

El IP_j para la vía de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación, indica que el riesgo es aceptable, pues el valor del IP_j es de $2,7E-1$, $2,0-01$ y $2,1E-04$ respectivamente, valores inferiores al cociente de 1.

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, es de $4,7E-01$, siendo un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad.

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0109 (Sitio 3), si bien es cierto se determinaron CP para estas matrices, no existe una ruta de exposición completa entre el escenario humano 1 (trabajador industrial) y el agua superficial y subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad media del nivel freático de 2 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo.

En el Anexo 6.6.6 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 6.6.7. Asimismo, en el Anexo 6.6.8 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-41 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 (IP _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)		
Dérmica	Suelo Superficial	Boro	3,0E-7	2,0E-1	1,5E-06	2,7E-01	4,7E-01		
	Suelo Superficial	Selenio	4,8E-7	5,0E-3	9,6E-05				
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1,1E-2	4,0E-2	2,7E-01				
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,1E-6	5,0E-3	4,2E-04				
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,6E-7	5,0E-3	7,3E-05				
	Suelo Superficial	Fenantreno	7,9E-7	3,0E-2	2,6E-05				
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,2E-7	2,0E-2	1,6E-05				
	Suelo Superficial	Boro	3,9E-6	2,0E-1	2,0E-05				
Ingestión	Suelo Superficial	Selenio	3,5E-6	5,0E-3	7,1E-04	2,0E-01	4,7E-01		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	7,9E-3	4,0E-2	2,0E-01				
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,1E-6	5,0E-3	4,2E-04				
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,7E-7	5,0E-3	7,3E-05				
	Suelo Superficial	Fenantreno	8,0E-7	3,0E-2	2,7E-05				
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,2E-7	2,0E-2	1,6E-05				
	Suelo Superficial	Boro	1,2E-12	2,0E-2	6,0E-11				
	Suelo Superficial	Selenio	1,1E-12	1,3E-2	8,7E-11				
Inhalación	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	4,3E-5	2,0E-1	2,1E-04	2,1E-04	4,7E-01		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	1,3E-9	SI	NC				
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	9,3E-11	SI	NC				
	Suelo Superficial	Fenantreno	2,2E-9	SI	NC				
	Suelo Superficial	Naftaleno	2,7E-9	3,0E-3	8,9E-07				
	Cociente de Peligrosidad							1,0E+00	

SI: Sin información bibliográfica.

NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

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

• Escenario humano 2: Poblador Local - Cazadores esporádicos

En el Cuadro 4-42 y Cuadro 4-43 se presentan los resultados del Índice de Peligrosidad (IP) por exposición a las CP identificados en la matriz ambiental suelos y sedimentos para el escenario humano 2, referente a los cazadores 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.

La vía de exposición por contacto dérmico, inhalación e ingestión para suelos, y por contacto dérmico e ingestión de sedimentos para el escenario humano 2; presentan potenciales rutas completas conforme a lo descrito en el modelo conceptual por exposición de los receptores en el sitio impactado (*in situ*).

Del cálculo del índice de peligrosidad individual se determina que la exposición a los contaminantes de preocupación para el receptor adulto (Ver Cuadro 4-42) y niño (Ver Cuadro 4-43) representan un riesgo aceptable, dado que los valores del cociente no superan la unidad (1).

No se determinaron coeficientes de peligrosidad por inhalación de partículas para el Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno y Fenantreno para el receptor adulto y niño, debido a la falta de información generalmente obtenidas a través de bibliografía para dosis de referencia.

Los cálculos del IP integral por vía (IP_j) para el receptor adulto indican que no existe peligro por exposición, pues el valor del IP_j es de $1,2E-01$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $9,6E-02$, para la vía de exposición oral; y de $8,9E-05$ para la vía de exposición por inhalación, valores inferiores al cociente de 1. Respecto al IP_j para el receptor niño para vía de exposición por contacto dérmico es de $3,0E-01$; de $2,1E-1$, para la vía de exposición por ingestión; y de $8,9E-5$, para la vía de exposición por inhalación de partículas, representando un riesgo aceptable.

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, presenta un valor de $2,1E-01$ y $5,2E-1$ para el receptor adulto y niño respectivamente, siendo un riesgo aceptable, ya que estos índices son inferiores al cociente de peligrosidad.

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0109 (Sitio 3), si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el escenario humano 2 (cazador esporádico adulto y niño) 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 media del nivel freático de 2 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo significativo.

En cambio, es probable que exista una ruta de exposición directa entre el escenario humano 2 con las matrices suelos y sedimentos, por actividades de caza en el sitio impactado o cerca a este.

En el Anexo 6.6.6 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 6.6.7. Asimismo, en el Anexo 6.6.8 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-42 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 (IP _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
Dérmica	Suelo Superficial	Boro	1,2E-7	2,0E-1	6,2E-07	1,2E-01	2,1E-01
	Suelo Superficial	Selenio	2,0E-7	5,0E-3	4,0E-05		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	4,5E-3	4,0E-2	1,1E-01		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	8,8E-7	5,0E-3	1,8E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,5E-7	5,0E-3	3,0E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	3,3E-7	3,0E-2	1,1E-05		
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,3E-7	2,0E-2	6,7E-06		
	Agua Superficial ^A	Boro	NC	2,0E-1	NC		
	Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	NC	4,0E-2	NC		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,1E-9	5,0E-3	4,2E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,9E-10	5,0E-3	3,7E-08		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	4,0E-9	3,0E-2	1,3E-07		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	3,4E-9	2,0E-2	1,7E-07		
Ingestión	Sedimentos	Arsénico	1,0E-6	3,0E-04	3,5E-03	9,6E-02	
	Suelo Superficial	Boro	1,6E-6	2,0E-1	8,2E-06		
	Suelo Superficial	Selenio	1,5E-6	5,0E-3	2,9E-04		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	3,3E-3	4,0E-2	8,3E-02		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	8,8E-7	5,0E-3	1,8E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	1,5E-7	5,0E-3	3,1E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	3,3E-7	3,0E-2	1,1E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	3,3E-7	3,0E-2	1,1E-05		

Cuadro 4-42 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 (IP _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,3E-7	2,0E-2	6,7E-06		
	Agua Superficial ^A	Boro	0,0E+0	2,0E-1	0,0E+00		
	Agua Superficial ^A	Selenio	1,2E-6	5,0E-3	2,4E-04		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1,4E-5	4,0E-2	3,4E-04		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,4E-9	5,0E-3	2,7E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,9E-10	5,0E-3	3,8E-08		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	4,0E-9	3,0E-2	1,3E-07		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	4,0E-9	2,0E-2	2,0E-07		
	Sedimentos	Arsénico	3,8E-6	3,0E-04	1,3E-02		
	Suelo Superficial	Boro	5,0E-13	2,0E-02	2,5E-11		
	Suelo Superficial	Selenio	4,6E-13	1,3E-02	3,6E-11		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1,8E-5	2,0E-01	8,9E-05		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,2E-10	SI	NC		
Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,9E-11	SI	NC	8,9E-05	
	Suelo Superficial	Fenantreno	9,0E-10	SI	NC		
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,1E-9	3,0E-03	3,7E-07		
	Cociente de Peligrosidad					1,0E+00	

SI: Sin información bibliográfica.

NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

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

Cuadro 4-43 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 (IP _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
Dérmica	Suelo Superficial	Boro	3,2E-7	2,0E-1	1,6E-06	3,0E-01	5,2E-01
	Suelo Superficial	Selenio	5,2E-7	5,0E-3	1,0E-04		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1,2E-2	4,0E-2	2,9E-01		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,3E-6	5,0E-3	4,5E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,9E-7	5,0E-3	7,9E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	8,6E-7	3,0E-2	2,9E-05		
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,5E-7	2,0E-2	1,7E-05		
	Agua Superficial ^A	Boro	NC	2,0E-1	NC		
	Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-3	NC		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	NC	4,0E-2	NC		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	2,1E-9	5,0E-3	4,2E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,9E-10	5,0E-3	3,7E-08		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	4,0E-9	3,0E-2	1,3E-07		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	3,4E-9	2,0E-2	1,7E-07		
	Sedimentos	Arsénico	2,7E-6	3,0E-4	9,0E-03		
Ingestión	Suelo Superficial	Boro	3,7E-6	2,0E-1	1,8E-05	2,1E-01	
	Suelo Superficial	Selenio	3,3E-6	5,0E-3	6,6E-04		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	7,4E-3	4,0E-2	1,8E-01		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	2,0E-6	5,0E-3	4,0E-04		
	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,4E-7	5,0E-3	6,9E-05		
	Suelo Superficial	Fenantreno	7,5E-7	3,0E-2	2,5E-05		

Cuadro 4-43 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 (IP _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
	Suelo Superficial	Naftaleno	3,0E-7	2,0E-2	1,5E-05		
	Agua Superficial ^A	Boro	0,0E+0	2,0E-1	0,0E+00		
	Agua Superficial ^A	Selenio	1,2E-6	5,0E-3	2,4E-04		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1,4E-5	4,0E-2	3,4E-04		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	1,4E-9	5,0E-3	2,7E-07		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	1,9E-10	5,0E-3	3,8E-08		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	4,0E-9	3,0E-2	1,3E-07		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	4,0E-9	2,0E-2	2,0E-07		
	Sedimentos	Arsénico	8,4E-6	3,0E-4	2,8E-02		
	Suelo Superficial	Boro	5,0E-13	2,0E-2	2,5E-11		
	Suelo Superficial	Selenio	4,6E-13	1,3E-2	3,6E-11		
	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1,8E-5	2,0E-1	8,9E-05		
	Suelo Superficial	Benzo (a) antraceno	5,2E-10	SI	NC		
Inhalación	Suelo Superficial	Benzo (b) fluoranteno	3,9E-11	SI	NC	8,9E-05	
	Suelo Superficial	Fenantreno	9,0E-10	SI	NC		
	Suelo Superficial	Naftaleno	1,1E-9	3,0E-3	3,7E-07		
	Cociente de Peligrosidad					1,0E+00	

SI: Sin información bibliográfica.

NC: No calculado

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

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

• Escenario Humano 3: Poblador Local - Residentes de la CN José Olaya

Para la estimación del riesgo no cancerígeno, para el escenario humano 3 correspondiente a los residentes de la CN José Olaya. Se ha planteado que las aguas subterráneas, afectadas por lixiviación de CP del 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 campesina, 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.

En el Cuadro 4-44 se presentan los resultados del Índice de Riesgo (IR) para el escenario humano 3, es decir, los pobladores de la C.N. José Olaya, por exposición vía dérmica (inmersión) y oral (ingestión accidental) de agua superficial. Del cálculo del índice de peligrosidad se determina que para ninguno de los contaminantes de preocupación el valor del cociente supera a 1, siendo un riesgo aceptable.

La vía de exposición por contacto dérmica e ingestión de agua superficial para el receptor humano 3 presenta una potencial ruta completa conforme a lo descrito en el modelo conceptual. Los cálculos del IP integral por vía (IP_j) indican un riesgo aceptable, pues el valor del IP_j para la vía de exposición por contacto dérmico (inmersión) es de $2,8E-11$ y para la vía de exposición por ingestión de $4,6E-7$, valores muy inferiores al cociente de 1.

El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, es de 4,6-7 equivalente a un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad.

No se ha evaluado una exposición del receptor humano con agua subterránea, ya que la C. N. 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 6.6.6 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 6.6.7. Asimismo, en el Anexo 6.6.8 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-44 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 _i)	Índice de Peligrosidad Total (IP _T)
Dérmica	Agua Superficial ^A	Boro	NC	2,0E-01	NC	2,8E-11	4,6E-07
	Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-03	NC		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	NC	4,0E-02	NC		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	7,7E-14	5,0E-03	1,5E-11		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	6,8E-15	5,0E-03	1,4E-12		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	1,5E-13	3,0E-02	4,9E-12		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,3E-13	2,0E-02	6,3E-12		
	Agua Superficial ^B	Arsénico	NC	3,0E-04	NC		
Ingestión	Agua Superficial ^A	Boro	0,0E+0	2,0E-01	0,0E+00	4,6E-07	
	Agua Superficial ^A	Selenio	4,4E-11	5,0E-03	8,7E-09		
	Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	5,0E-10	4,0E-02	1,3E-08		
	Agua Superficial ^A	Benzo (a) antraceno	5,0E-14	5,0E-03	1,0E-11		
	Agua Superficial ^A	Benzo (b) fluoranteno	7,0E-15	5,0E-03	1,4E-12		
	Agua Superficial ^A	Fenantreno	1,5E-13	3,0E-02	4,9E-12		
	Agua Superficial ^A	Naftaleno	1,4E-13	2,0E-02	7,2E-12		
	Agua Superficial ^B	Arsénico	1,3E-10	3,0E-04	4,4E-07		
Cociente de Peligrosidad					1,0E+0		

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

(B) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz sedimentos.

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

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

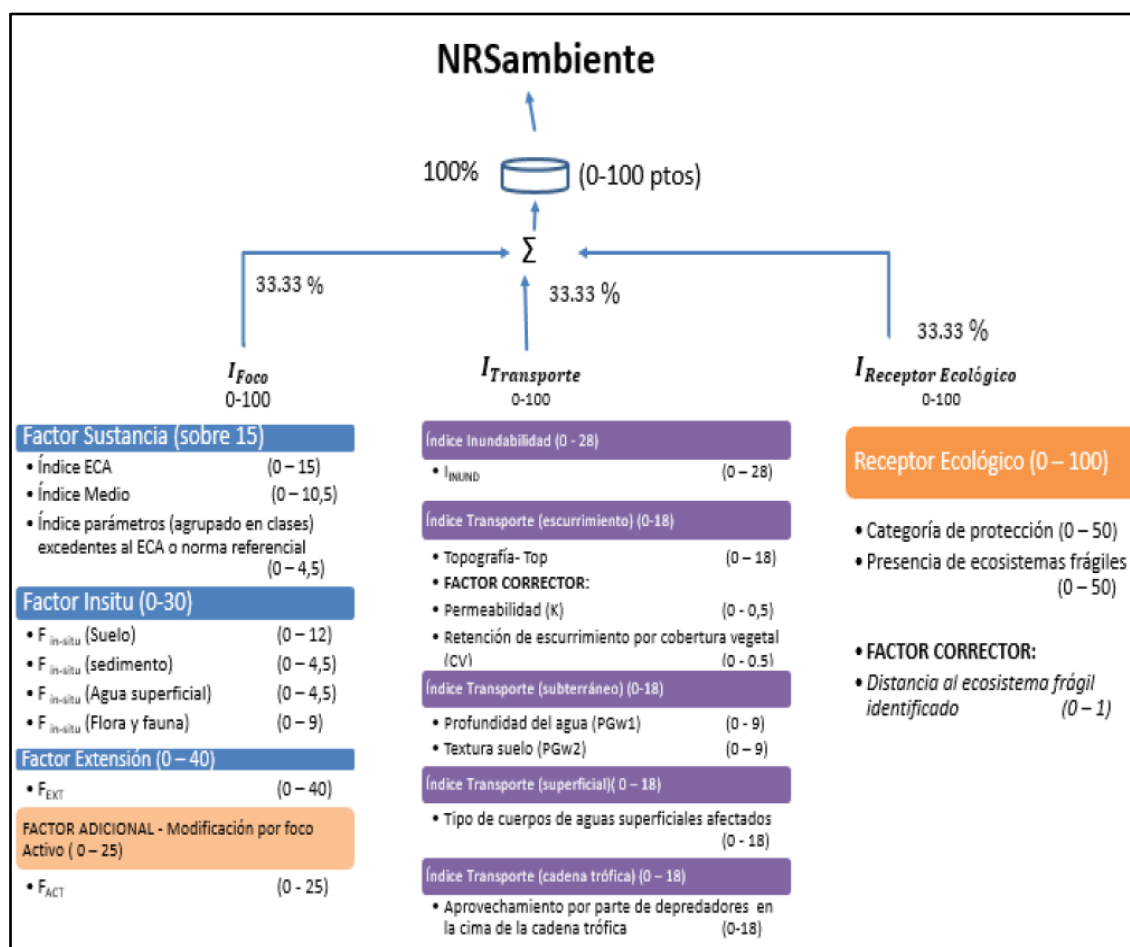
B) Caracterización del riesgo ecológico

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 S0109 (Sitio 3), se tuvo como CP al Arsénico presente en sedimentos y al realizar la comparación con los estándares canadienses, se determinó una posible afección a la comunidad bentónica del lugar. Sin embargo, teniendo en cuenta los valores de Ecotox de ciertas especies análogas a las especies registradas de la comunidad béntica, las concentraciones de arsénico en agua superficial no representan un riesgo para este receptor; toda vez que no se registraron excedencias sobre el umbral máximo tolerable de Ecotox.

Asimismo, para poder tener un panorama sobre este escenario y realizar la caracterización del riesgo ecológico donde se contempla los CP en el sitio S0109 (Sitio 3), se empleó la “*Metodología para la estimación del nivel de riesgo a la salud y al ambiente de sitios impactados*” establecida por OEFA; en la cual se consideró 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 4-27 se presentan los criterios de valoración y puntuación del nivel de riesgo por sustancias respecto al ambiente.

Figura 4-27 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:

$$NRS_{ambiente} = \frac{(I_{Foco} \cdot 0.33) + (I_{Transporte \text{ asociado a receptor ecológico}} \cdot 0.33) + (I_{Receptor ambiente} \cdot 0.33)}{1}$$

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.

$I_{transporte \text{ asociado a receptor ecológico}}$: 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 S0109 (Sitio 3), 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: 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: 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: 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 4-45 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 4-46 Parámetro I_{ECA}

Cociente ECA	Valor
Cociente ECA >20	15
10<Cociente ECA <20	10
1<Cociente ECA <10	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 4-47 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 4-47 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 4-48 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 4-49 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 4-50 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 4-51 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 4-52 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/o 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 4-53 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 4-54 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 4-55 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:

$$I_{Trans (ESC)} = Top \times (K + CV)$$

Donde:

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 4-56 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 4-57 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 4-58 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:

$$I_{Trans (SUBT)} = PGw1 + PGw2$$

Donde:

PGw1: Factor profundidad del agua.

PGw2: Factor textura del suelo (facilidad infiltración en zona no saturada y conductividad hidráulica en zona saturada).

Cuadro 4-59 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 4-60 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 4-61 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 000m.	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 4-62 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.

$$I_{RECEPTOR\ ECOLÓGICO} = RE1 + RE2 \times RE3$$

Donde:

RE1: Categoría de protección.

RE2: Presencia de ecosistemas frágiles.

RE3: Distancia al ecosistema frágil más cercano identificado.

Cuadro 4-63 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 4-64 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.	20
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 4-65 Distancia a ecosistemas frágiles (RE3)

Distancia al ecosistema frágil identificado	Valor
En el mismo sitio.	1
Cerca (menos de 3 km. del sitio impactado).	0,8
Lejos (a más de 3 km. 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, se tuvo en cuenta los valores regulados para suelo: el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM) y el Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural, y en el Agua Subterránea: Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá, considerando los CP identificados en el ítem 3 se obtuvieron los cocientes ECA presentados en el Cuadro 4-66.

Cuadro 4-66 Cálculo del NRS - I_{foco}

CP	Valor Min. (mg/kg)	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	0,012	5,677	5,677	Suelo	2,018	2	1,0090
Selenio	0,16	4,286	0,694	Suelo	1,821	1	1,8210
Hidrocarburos Totales C10-C28	5	14721	-	Suelo	4079	1200	3,3992
Benzo (a) antraceno	0,005	1,09	-	Suelo	1,09	0,1	10,9000
Benzo (b) fluoranteno	0,005	0,189	-	Suelo	0,189	0,1	1,8900
Fenantreno	0,005	0,411	-	Suelo	0,411	0,046	8,9348
Naftaleno	0,003	0,166	-	Suelo	0,166	0,1	1,6600
Aluminio	0,153	1,47	-	Agua Subterránea	1,47*	0,006	245,0
Hierro	0,31	0,92	-	Agua Subterránea	0,92*	0,3	3,0667
Manganeso	0,07124	0,10243	-	Agua Subterránea	0,10243*	0,05	2,0486
Zinc	0,018	0,097	-	Agua Subterránea	0,097*	0,03	3,2333

Suelo: Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Suelo: Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural

Agua Subterránea: Alberta Tier 1 (Groundwater) Remediation Guidelines de Canadá

* Concentración máxima seleccionada al no ser apto el tamaño muestral para realizar el cálculo del UCL 95 %.

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 4-67 Cálculo del I_{ECA} , I_{medio} e I_{clases}

Índices		Valor	Suma
Índice ECA		15	15
Índice medio	I-suelo	2,75	9,75
	I-ag sup	1,75	
	I-sedim	2,75	
	I-ag subt	2,5	
Índice clases		3,0	3,0

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

Para el Índice medio las matrices suelo y agua subterránea presentan al menos 3 parámetros que superan el ECA (Valor 2,75 y 2,5, respectivamente), a diferencia de la matriz sedimentos que presenta al menos un (1) parámetro que supera el valor referencial de la norma Alberta Tier

(Valor 2,75) y para agua superficial que supera al menos un parámetro le corresponde 1,75. Es así que el valor resultante para el factor sustancia es de 27,75 para el sitio S0109 (Sitio 3).

Asimismo, para el cálculo del factor *in situ*, se procedió a otorgar los siguientes puntajes a las variables asociadas a los diferentes vectores observados:

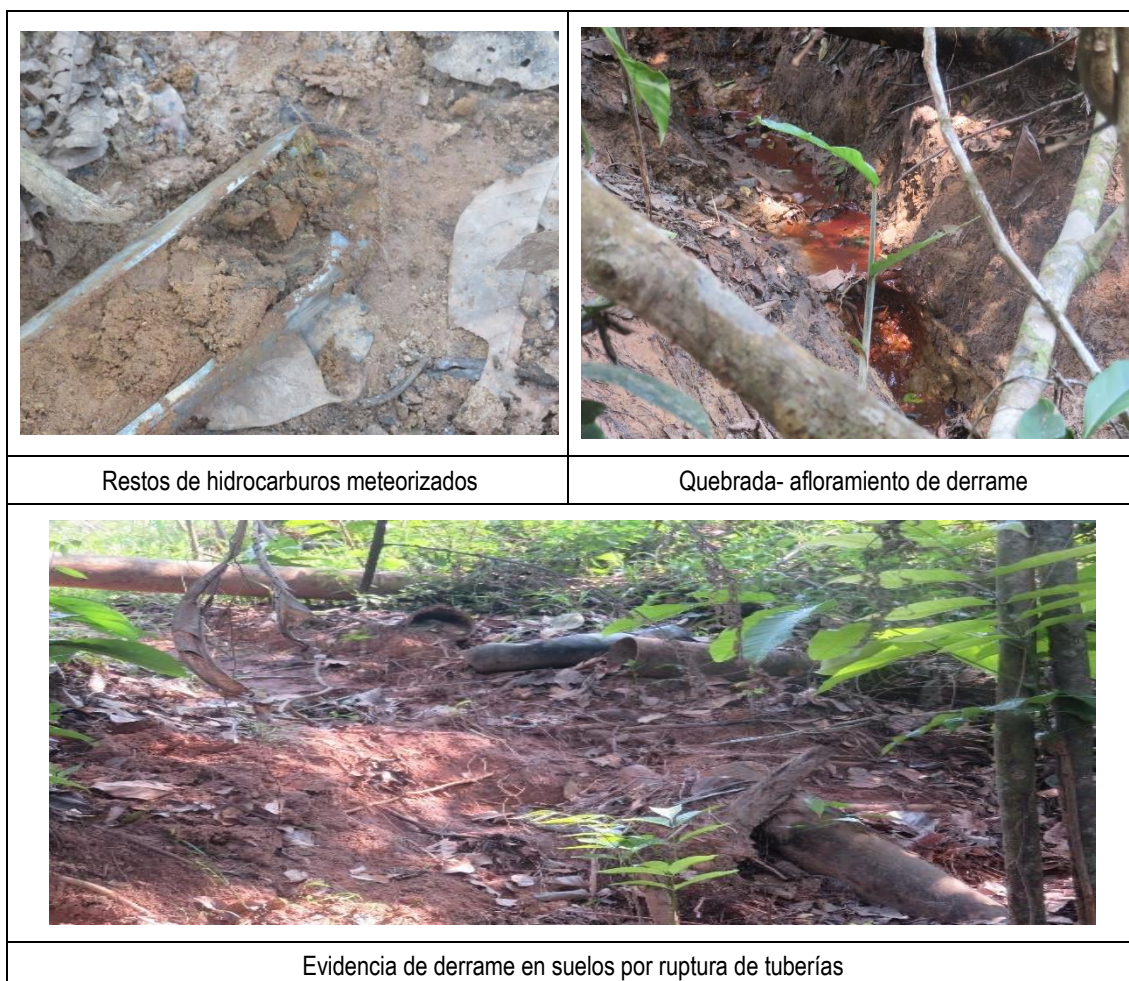
Cuadro 4-68 Cálculo del factor *in situ*

F in situ (suelo)	F in situ (sedimento)	F in situ (agua superficial)	F in situ (flora y fauna)	Total factor In Situ
9	3,25	3,5	4	19,75

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

El valor resultante del factor *in situ* es de 19,75 para el sitio S0109 (Sitio 3). Ello se debe a que durante los trabajos de campo se evidenció restos de hidrocarburo en superficie de suelo y quebrada, olor y derrames visibles en el sitio, lo cual permite valorar a los componentes suelo y agua superficial con 12 y 3,5 puntos, respectivamente. Ver Fotografía 4-6.

Fotografía 4-6 Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua



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

Así mismo, hubo indicios organolépticos de HC en sedimento colectado (valor 3,25). Mientras que para el caso de flora y fauna aparentemente se apreciaron cambios en la fauna y flora (valor 4). Aplicando la fórmula para el factor *in situ* se obtuvo un puntaje de 19,75.

Posteriormente, se procedió a determinar el puntaje asociado a la extensión del sitio S0109 (Sitio 3) que, atendiendo las observaciones realizadas en campo, corresponde a un área de 336,59 m² (0,0336 ha) por lo que el Factor extensión es de 7,28 puntos. Para ello se tomó en consideración la información recopilada en la etapa de caracterización en la cual se ubicaron puntos de muestreo en el área considerada como sitio impactado, considerando para ello variables como: relieve, topografía del terreno, dirección de flujo, cuerpos de agua (lénticos y lóticos) y la posible ruta de transporte del contaminante, así como la ubicación de las posibles fuentes de contaminación. Así mismo, se dispuso sondeos en las áreas límites del polígono donde se encontró excedencias de algún contaminante de preocupación.

El foco potencial se considera como activo por lo que el valor asignado a Fact es de 25 puntos. Ello debido a que, durante las labores de campo tanto en la fase de reconocimiento como en la fase de caracterización, se identificó potenciales fuentes de contaminación como los pozos HUYS 13 D, HUYS 12D y HUYS 14D y tuberías asociadas al transporte del hidrocarburo.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos y la aplicación de la fórmula para Índice Foco, se obtiene un valor de 79,78 para el sitio S0109 (Sitio 3).

• Cálculo del NRS - I transporte

Dado que el sitio S0109 (Sitio 3) se ubica en las unidades fisiográficas: terrazas bajas eventualmente inundables, Colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y Colinas bajas moderadamente disectadas en rocas Terciarias, se otorga un valor de 18 puntos para el parámetro Inund.

Para el cálculo del Índice de Transporte (escurrimiento), se obtuvieron los siguientes subcriterios: topografía (Top), permeabilidad (K) y retención de escurrimiento por cobertura vegetal (CV).

Cuadro 4-69 Cálculo del I trans (ESC)

Top	K	CV	I _{trans} (ESC)
0	0,5	0,33	0

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

Siguiendo los criterios de la metodología, el valor 9 respecto a la topografía del lugar aplica a *sitios impactados en áreas menos elevada, sin capacidad de escurrimiento en superficie hacia otras áreas*; ello obedece a las pendientes topográficas presentes en el sitio S0109 (Sitio 3). Ello significa una capacidad de escurrimiento nula a baja (dependiendo de las precipitaciones) y no necesariamente porque el sitio se encuentre en una zona no elevada. Hay que tener en cuenta que los criterios deben adaptarse a las condiciones y particularidades del área de estudio. En función a ello, el resultado del parámetro I_{trans} (ESC) del sitio S0109 (Sitio 3) es de 0.

El valor K = 0,5, está relacionado a la permeabilidad predominante del suelo superficial, la cual es baja para el sitio. Ello debido a que geológicamente el sitio se ubica sobre depósitos aluviales antiguos (Qp-a) cuyo horizonte superior está integrado por limos y arcillas y, depósitos aluviales recientes (Qr-a) constituido por arenas, limos y arcillas.

Respecto a la cobertura vegetal (valor 0,33) se tiene que las especies representativas son de porte arbustivo y arbóreo con predominancia de vegetación herbácea y arbustiva. También existen áreas de bosques de terrazas bajas y la cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas), con presencia de caminos de herradura y tuberías que forman una cadena de oleoductos que van de sur a norte.

Para el cálculo del Índice de transporte subterráneo, se tienen en cuenta los siguientes valores numéricos:

Cuadro 4-70 **Calculo 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 S0109 (Sitio 3), la profundidad del agua subterránea está entre 0 y 2 metros para ambas épocas, y la textura del suelo de la zona con presencia de limos y arcillas tal se mencionó en los párrafos anteriores.

Para el Índice de transporte agua superficial, se otorga un puntaje de 18 puntos, dado que existe una quebrada cercana al sitio S0109 (Sitio 3) de régimen estacional.

Para el Índice de transporte cadena trófica para el receptor ecológico se tiene un valor de 18, dado que el aprovechamiento de recursos del sitio y su entorno inmediato (pesca, caza, recolección, etc.).

Teniendo en cuenta la información presentada, y aplicando la fórmula para el cálculo de Índice de transporte se obtiene un valor de 66 puntos.

• **Cálculo del NRS I - Receptor**

La evaluación del receptor ambiente se ha realizado teniendo en cuenta que el sitio S0109 (Sitio 3) se encuentra fuera de categorías de protección, sin embargo se ha identificado la existencia de la especie "*Panthera onca*" comúnmente llamado Otorongo (Ver Fotografía 4-9), la misma que se encuentra declarado como "Casi amenazado" de acuerdo a la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas (D.S. 004-2014-MINAGRI) y se encuentra en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; también se encuentra declarada como "Casi Amenazada" en IUCN. Por tanto, el valor de la Categoría de Protección (RE1) es de 33,25 para el sitio S0109 (Sitio 3).

Fotografía 4-7 Evidencia de Tapir en sitio S0109 (Sitio 3)

 Huella de "*Panthera onca*"

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

Para la evaluación se tiene en cuenta además que el emplazamiento del sitio S0109 (Sitio 3) se encuentra en un bosque de terrazas bajas, otorgándole un puntaje de 30 para el parámetro RE2; asimismo, está situado a una distancia mayor de 3 km a un ecosistema frágil (RE3 = 0,5).

Cuadro 4-71 Rangos del riesgo para I receptor ecológico

RE1	RE2	RE3	I receptor ecológico
33,25	30	0,5	31,63

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

Teniendo en cuenta estos valores, el I receptor ecológico = 31,63

Finalmente, el Nivel de Riesgo por sustancias para el ambiente es de:

$$\text{NRS ambiente} = 58,54$$

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 4-72) se tiene que el escenario ecológico presenta un nivel de riesgo medio para el sitio S0109 (Sitio 3).

Cuadro 4-72 Rangos del riesgo para escenario ecológico

Rango del nivel de riesgo	Clasificación
66,67 - 100	Nivel de Riesgo Alto
33,34 – 66,66	Nivel de Riesgo Medio
1 – 33,33	Nivel de Riesgo Bajo

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

Este nivel de riesgo asociado a sustancias potencialmente contaminantes dependerá de la magnitud de la afectación en el sitio impactado, es decir de la toxicidad de las sustancias presentes en el foco, la concentración de dichas sustancias, la extensión del sitio S0109 (Sitio 3) y el factor activo del foco. Así mismo, toma en cuenta las características del medio físico, los principales mecanismos de transporte o de migración de sustancias desde el sitio impactado, así como los aspectos con mayor influencia en el mecanismo de transporte de sustancias contaminantes.

Asimismo, se debe tener en cuenta que existe un foco activo de contaminación el cual puede propagar estos contaminantes hacia las partes bajas, debido a la pendiente del terreno (el cual es moderada) y presenta una capacidad de escurrimiento en superficie hacia las áreas aledañas. Asimismo, la infiltración del contaminante y posterior movilización a través del subsuelo se ve dificultado por la presencia de arcillas lo que hace un medio de baja permeabilidad.

Por otro lado, otras variables que deducen un nivel de riesgo medio es que el sitio S0109 (Sitio 3) se encuentra fuera de una ANP; sin embargo, se está contemplando dentro de su extensión a una sola especie considerada en categoría de conservación “vulnerable”. Asimismo, no existen ecosistemas frágiles a menos de 3 km de distancia.

C) Caracterización del riesgo para recursos naturales abióticos

La necesidad de considerar una estimación de los riesgos actuales y/o futuros que proceden de la contaminación en el sitio S0109 (Sitio 3) 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 109 (Sitio 3), la mayor afectación se encuentra en el suelo por hidrocarburos de fracción media (F2) en un rango de profundidades que va desde superficie hasta los 0,9 m, seguido de la presencia de HAP's tales como Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno y Naftaleno. Respecto a sedimentos, solo se tiene como CP al Arsénico.

Asimismo, las aguas subterráneas presentan CP (específicamente metales) los cuales pudieron haber sido aporte del suelo por lixiviación o por otras fuentes ajenas al derrame histórico del sitio; no obstante, representan un riesgo aceptable para seres humanos (como se vio en los ítems previos). Además, teniendo en cuenta que la afectación por hidrocarburos se registró solo en el suelo y el subsuelo; no se observó para este caso una afectación por estos hacia el agua subterránea ni superficial.

• 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 4-73 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 (especialmente para compuestos orgánicos)	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.).
	De Esperarse	MEDIA BIODEGRADACIÓN. El medio presenta una tasa de permeabilidad media, con recubrimiento parcial en el sitio y

Cuadro 4-73 Criterios para estimar el riesgo en el suelo

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
Contenido de contaminantes en el suelo		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.
	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

Se estimó un Riesgo No Probable para la Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) respecto a su transporte y/o movilidad por volatilización, debido a su composición química la cual tienden a ser más viscosos y por ende a infiltrarse por el subsuelo; así como su contenido en la matriz suelos, dado que solo se tiene el 13,3 % del total de las muestras las cuales están contaminadas por este elemento (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 0,9 m. En cuanto a su biodisponibilidad esta, se encuentra parcialmente disponible por evidenciarse algunas manchas de este elemento en el suelo del sitio S0109 (sitio 3); toda vez que se encuentra en parte recubiertos por material arcilloso el cual podría actuar como una especie de capa protectora hacia la superficie. 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 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) ^{fff} así como una alta saturación en ciertas partes del sitio y 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

^{fff} Resultados obtenidos en la fase de caracterización del Sitio S0109 por JCI-HGE, 2018.

nutrientes en el suelo debido a la escasa representatividad del horizonte orgánico en el sitio.⁹⁹⁹

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, Antraceno, 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 4-74 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 S0109 (Sitio 3).

Cuadro 4-75 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	
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 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 (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.

⁹⁹⁹ PNUD (2018) - Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB.

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) presentaban olores perceptibles (al momento de sacar 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 S0109 (Sitio 3).

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^{hhh}, e incluso la fotooxidación a la que están expuestos en la atmosfera para su eliminaciónⁱⁱⁱ.

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 biodegradaciónⁱⁱⁱ. 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 representan un Riesgo No Probable, toda vez que solo se tiene el 12,5 % del total de las muestras las cuales están contaminadas por estas sustancias.

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 quemaduras y/o irritación a la piel; sin embargo, estos eventos se producen muy rara vez^{kkk}. De la misma manera se considera el mismo nivel de riesgo para el Boro.

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 No Probable de este CP, dado a que el pH en el suelo del sitio S0109 (Sitio 3) oscila entre 4,64 a 4,93. Respecto al Boro, la movilidad es indirectamente proporcional al

^{hhh} 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.

ⁱⁱⁱ 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.

ⁱⁱⁱ 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.

^{kkk} Nordberg, G. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid, SEAS, 2001.

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^{III}; por lo tanto, se considera un Riesgo De Esperarse dado que podrían tener una ligera movilidad en el suelo.

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 0,16 a 4,2 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 adsorción se encuentra afectada por la presencia de otros aniones y cationes presentes en el suelo, como el caso de los fosfatos^{mmm}. 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.

Respecto a la movilidad de Boro y Selenio por dispersión atmosférica, se tiene en cuenta las condiciones topográficas del sitio S0109 (Sitio 3); 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 51,5 % y el Boro un 18,1 % 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.

^{III} Malavé Acuña, A. (2005). Los suelos como fuente de boro para las plantas. Revista UDO Agrícola 5 (1): 10-26. 2005.

^{mmm} Matamoros-Veloz, A. (2001). Spatial distribution and geochemistry of selenium in soils of Ulica and Villeta municipalities.

Cuadro 4-76 Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP

Rango del nivel de riesgo	Contaminantes de preocupación para la matriz suelos						
	Selenio	Boro	Fracción C10-C28	Benzo (b) fluoranteno	Benzo (a) antraceno	Fenantreno	Naftaleno
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	No Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Biodisponibilidad del contaminante	No Probable	No Probable	Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	No Probable	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	No Probable	De Esperarse	De Esperarse
Biodegradabilidad de los contaminantes (especialmente para compuestos orgánicos)	-	-	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Contenido de contaminantes en el suelo	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	No Probable	No Probable	No Probable	No Probable

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N° 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) 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 S0109 (Sitio 3).

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.

- **Riesgos para cuerpos de agua subterránea**

Para el agua subterránea se han encontrado concentraciones de Aluminio, Hierro, Manganeseo y Zinc 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 influenciada por el pH del sitio (4,64 a 4,93), la textura del suelo (franco arcilloso) 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 S0109 (Sitio 3) y no necesariamente impliquen un riesgo como tal, producto de una afectación antrópica. Respecto a arsénico, 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 Huayuri y la CN José Olaya, el riesgo asociado a este CP es Aceptable.

- **Riesgos para sedimentos**

Con relación a los sedimentos, se considerará el contenido de contaminantes en sedimentos, el cual se regirá bajo el mismo criterio adoptado en el contenido de contaminantes en el suelo:

Cuadro 4-77 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 20 % de las muestras (1 sola muestra) exceden los Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG); 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.

- **Riesgos para la atmosfera**

Este ítem no aplica en el presente ERSA.

D) Resumen del análisis de riesgos

- **Riesgo cancerígeno para el escenario humano**

Se determinó que la exposición de los escenarios humanos a los CP clasificados 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 (1:100 000; RVEC=1,0E-5).

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, mientras que en sedimentos la sustancia cancerígena categorizada fue el arsénico.

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 5,8E-07 para la vía de exposición por contacto dérmico; de 5,8-07 para la vía de exposición por ingestión; y de 3,8E-11 para la vía de exposición por inhalación de partículas, valores muy alejados al RVEC (1,0E-5), siento un riesgo aceptable.

Respecto al escenario humano 2 (poblador local-cazador esporádico), las vías de exposición de ingestión y contacto dérmico de suelos y sedimentos, e inhalación de partículas del suelos presenta un riesgo aceptable, igualmente el índice de riesgo total es inferior al RVEC (1,0E-5).

Escenario Humano 3 (poblador local - residente CN José Olaya), la vía de exposición de ingestión y contacto dérmico (inmersión) de aguas superficiales, ha sido evaluado para este escenario humano, pues la población de la CN José Olaya se expone al agua superficial del río Corrientes para fines recreativos (nadar, lavar y bañarse), existiendo una probable ruta de exposición completa entre los contaminantes del foco de contaminación y los receptores, planteando que los CP del suelo y sedimentos lixivian hacia las aguas subterráneas, para luego descargar y/o aflorar en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el Río Corrientes; caso contrario para el escenario 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 2 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 benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno y arsénico por las vías de contacto dérmico e ingestión no representan un riesgo de contraer cáncer para el escenario humano 3, ya que el índice de riesgo total (ERT) es inferior al RECV (<1E-5).

En línea generales para los escenarios de caracterización del riesgo cancerígeno, el riesgo es aceptable; pues el índice de riesgo total (IR_T) para el escenario 1 (trabajadores industriales) es de $1,2E-6$; para el escenario humano 2 (cazadores esporádicos), es $2,8E-06$ y $3,3E-6$ para el receptor adulto y niño respectivamente; y de $2,9E-11$ para los pobladores de la CN José Olaya, valores inferiores al RECV fijado en $1,0E-5$, cabe resaltar que estos índices acumulativos incluyen el riesgo para todas las vías de exposición de los receptores humanos, según aplique.

Para aguas superficiales no se determinaron CP categorizados como sustancia cancerígena.

- **Riesgo no cancerígeno para el escenario humano**

Se determinó que la exposición de los receptores humanos a los CP clasificados como no cancerígenos, no rebasa el umbral o valores límites a los que se espera que se tengan efectos adversos (coeficiente de peligrosidad = 1), por ende, el riesgo es aceptable.

En suelos los CP categorizados como no cancerígenos fueron Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28), Fenantreno y Naftaleno. Es importante mencionar que los CP benzo (a) antraceno y benzo (b) fluoranteno a pesar de clasificarse como sustancias posiblemente cancerígenas para humanos por la IARC y la *Integrated Risk Information System* de la EPA; han sido incluidas en esta evaluación, debido a sus posibles efectos tóxicos a una dosis de $0,005$ mg/kg/día mediante la vía de exposición oral, de acuerdo al estudio *Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater* (RIVM, 2001).

Para el escenario humano 1 (poblador local - trabajadores industriales) 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 $2,7E-1$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $2,30E-1$ para la vía de exposición por ingestión; y de $2,1E-4$, para la vía de exposición por inhalación de partículas, valores inferiores al cociente de 1, sienten un riesgo aceptable.

Respecto al escenario humano 2 (poblador local - cazadores esporádicos), las vías de exposición de ingestión y contacto dérmico de suelos y sedimentos, e inhalación de partículas del suelos presenta un riesgo aceptable.

Escenario Humano 3 (poblador local – residente CN José Olaya), la vía de exposición de ingestión accidental y contacto dérmico (inmersión) de aguas superficiales, ha sido evaluado únicamente para el receptor humano 3, pues la población de la CN José Olaya se expone al agua superficial del río Corrientes para fines recreativos (nadar, lavar y bañarse), existiendo una probable ruta de exposición completa entre los contaminantes del foco de contaminación y los receptores, planteando que los CP del suelo y sedimentos lixivian 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 el escenario 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 2 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 los CP: TPH C12-C28, boro, selenio, benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno, fenantreno, naftaleno y arsénico por las vías de contacto dérmico e ingestión no representan un riesgo de efectos tóxicos para el escenario humano 3 (C.N. José Olaya), ya que el índice de peligrosidad total (IPT) es inferior al cociente de peligrosidad.

En línea generales para los tres (3) escenarios de caracterización del riesgo no cancerígeno, el riesgo es aceptable; pues el índice de peligrosidad total (IPT) para los trabajadores industriales es de $4,7E-1$; para los cazadores esporádicos, es de $2,1E-1$ (adulto) y $5,2E-1$ (niño); y para los

residentes de la CN José Olaya, el IPT es de $4,6E-7$ valores inferiores al cociente de peligrosidad fijado en la unidad (1), cabe resaltar que estos índices acumulativos incluyen el riesgo para todas las vías de exposición de los receptores humanos, según aplique.

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 4-78 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
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			-		
		Bajo	Medio	Alto			
Receptores ecológicos			X				
3. ABIÓTICO		Riesgo Abiótico			-		
		No Probable	De esperarse	Probable			
Suelo		X	X	X			
Agua Subterránea		X					
Sedimentos				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 S0109 (Sitio 3) 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 4-78 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 4-79, ello a fin de establecer rangos de incertidumbres de manera cuantitativa.

Cuadro 4-79 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 3.1, 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 Barrio 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, se pudo haber sobrestimado la definición de los CP; toda vez que ciertos parámetros como el Aluminio, Hierro, Manganeseo y Zinc en aguas subterráneas que sobrepasaron el estándar canadiense, podría atribuirse a la predominancia de estos elementos en los suelos arcillosos como el caso del sitio S0109 (Sitio 3) 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 S0109 (Sitio 3), se tiene que el 85,71 % 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, subsuelo, sedimentos y agua superficial afectados, excluyéndose a aguas superficiales, 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 entran en contacto con las fuentes secundarias, o 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.

Para el caso del sitio S0109 (Sitio 3), el 50 % de las matrices evaluadas tienen una relación en las concentraciones reportadas (arsénico), 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 11,9 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.

Para el escenario humano 1 (trabajador industrial), la distancia hasta el foco de contaminación es de 184 m, tal es así que al estar a una distancia menor a 2 km de distancia se considera un nivel de incertidumbre moderado. Se precisa que para el presente análisis una distancia mayor a 2 km desde el sitio al receptor humano industrial, se considera un nivel de incertidumbre alto, mientras que un receptor en el sitio, su nivel de incertidumbre sería bajo.

El escenario humano 1 (trabajador industrial) y escenario humano 2 (cazador esporádico adulto y niño) presenta un nivel de incertidumbre bajo, pues se consideró una exposición directa con los CP de las distintas matrices ambientales afectadas, dado que son considerados receptores en el sitio (*in situ*).

Para el caso del escenario humano 3, referente a los residentes de la CN José Olaya, los cuales se ubican a una distancia de 11,9 km se tiene un nivel de incertidumbre baja. Un nivel de incertidumbre bajo se considera para un rango de distancia de 0 a 12 km; moderado, en el rango de 13 a 25 km; y alta a una distancia mayor a 25 km.

Para el escenario ecológico, no se tiene indicadores para definir con certeza el grado de contaminación que pueda estar presente en la flora y fauna; sin embargo, si se contó con información hidrobiológica (bentos) y valores referenciales de toxicidad provenientes de Ecotox

(de especies análogas a las del sitio), que nos permita tener una idea sobre el riesgo que implican el Arsénico presentes en sedimentos y las concentraciones en agua superficial a las que podrían estar expuestos estos receptores a fin de no sobreestimar el riesgo, por ende, un nivel de incertidumbre moderado para el escenario ecológico.

Es importante mencionar que los datos ecotoxicológicos usados para la determinación de toxicidad en organismos acuáticos, 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 éstos 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; dado que el sitio se ubica cercano a la interconexión del sistema de oleoductos de los Pozo HUYS-12D, 13D y 14D con el sistema de oleoductos de los Pozos HUAY-01X y 02CD, por ende, una incertidumbre baja.

Se consideraría un nivel de incertidumbre moderada si el sitio estuviera situado cerca a las inmediaciones de infraestructura auxiliar, dado que alguna de dichas instalaciones podría quedar sin uso sin estar ello directamente relacionado a la operatividad de una Batería; y de estar ubicado en zonas no operativas o con existencia sólo de pozos APAⁿⁿⁿ, la incertidumbre sería alta.

- **Usos del cuerpo de agua superficial**

Se asumió que existe una descarga de aguas subterráneas a las aguas superficiales de la quebrada estacionaria, la cual podría descargar en las aguas del río Corrientes; las cuales son aprovechadas para usos con fines recreativos por la CN 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 CN se ha establecido el nivel de incertidumbre, siendo los mismos rangos empleados para el aspecto receptor humano (población CN José Olaya), se establece un nivel de incertidumbre baja.

B) Incertidumbres asociadas a la caracterización del sitio

- **Muestreo**

Respecto al muestreo de aguas subterráneas se recolectaron únicamente dos (2) tipos de muestras (aguas arriba y aguas abajo), siendo esta información insuficiente para caracterizar el sitio y por ende puede existir una subestimación de las características propias de la napa freática.

Las concentraciones de las muestras fondo y contramuestras de suelos no se incluyeron durante la evaluación de los CP, pudiendo existir una subestimación de las concentraciones reportadas. Si bien es cierto que la cantidad de muestras de nivel de fondo (1 muestra compuesta para suelos) no es representativa estadísticamente para poder definir concentraciones atribuibles a las condiciones naturales del sitio; se consideró el total de muestras de nivel de fondo de los 13 sitios contaminados en la cuenca del río Corrientes, a fin de disminuir el sesgo en determinar un nivel de fondo a nivel macro, que permita contrastar si las excedencias en ciertos parámetros se deban o no a condiciones naturales o a los derrames históricos producidos en el sitio S0109 (Sitio 3).

ⁿⁿⁿ APA: Pozo Abandonado Permanentemente.

El nivel de incertidumbre para el esfuerzo de muestreo, es bajo, dado que para un área de 0,8 ha, según la Guía de Muestreo de Suelos (MINAM, 2014) el mínimo de sondeos debería ser ocho (8); sin embargo el muestreo que se desarrolló para la caracterización del sitio S0109 (Sitio 3) corresponde a un muestreo de detalle, y el esfuerzo de muestreo se estimó asumiendo que el total de muestras superan el ECA Suelos o Nivel de Fondo, siendo el número de sondeos a detalle de dieciséis (16); además, se realizaron diez (10) sondeos complementarios, asegurando la calidad de la caracterización, dado que se superó el requerimiento mínimo de muestras.

- **Atenuación Natural**

Se asume una biodegradación restringida de los CP en las distintas matrices de acuerdo a las condiciones naturales del sitio; por lo cual podría existir una sobrestimación del riesgo. Esto aplicaría para algunos CP de tipo orgánicos presentes en el suelo, los cuales podrían biodegradarse por acción bacteriana, por procesos de fitovolatilización de estos compuestos por acción de la flora presente del sitio S0109 (Sitio 3) y/o 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 endémicas.

Para el caso del sitio S0109 (Sitio 3), del total de CP evaluados, se tiene que el 35,71 % son de tipo orgánico por lo que se considera una incertidumbre baja.

- **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 los efectos tóxicos ecológicos se utilizaron valores referenciales dosis/respuesta de estudios ecotoxicológicos, discriminando el tipo de exposición en el que se encontraron estos receptores durante las pruebas de toxicidad. Entiéndanse a estos como los NOAEL para algunas especies de mamíferos, y valores de Ecotox para la comunidad hidrobiológica; la cual se basa en obtener datos o umbrales de toxicidad sobre especies en las cuales se han realizado ensayos de laboratorio (considerándose a estas especies análogas) y sirviendo de referente hacia las especies registradas en el área de estudio. Sin embargo, cabe la posibilidad que no siempre las especies análogas presenten los mismos mecanismos de respuesta de las especies endémicas registradas, dado que cada una de ellas pueda tolerar o no una exposición ante estos CP, produciéndose una sobrestimación o subestimación del riesgo hacia los escenarios planteados en esta ERSA.

Respecto a la fauna, existe un gran vacío sobre el grado de toxicidad en la gran mayoría de especies que frecuentan el área de estudio; lo cual nos permita conocer de manera verídica los efectos toxicológicos de estos compuestos bajo las condiciones en las que se encuentran en el sitio S0109 (Sitio 3) y su disponibilidad sobre estos receptores ecológicos. Teniendo en cuenta que se emplearon valores referenciales de NOAEL en base a la especie *Odocoileus virginianus* como una especie análoga respecto al *Tapirus terrestres*, podría conllevar esto a una subestimación del riesgo.

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, como el caso de los HAP's.

Para el caso del sitio S0109 (Sitio 3), el CP para el análisis de riesgo cancerígeno, está categorizado en el Grupo 2B, posiblemente carcinógenos en humanos; 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.

Para el caso del sitio S0109 (Sitio 3), para el análisis de riesgo cancerígeno los CP identificados están dentro del Grupo 1 (carcinógeno humano), 2A (probablemente carcinógeno en humanos) y 2B (posiblemente carcinógenos en humanos) de acuerdo a *International Agency for Research on Cancer* (IARC). Por ello, el nivel de incertidumbre es de nivel moderado, ya que de las tres (3) sustancias categorizadas en carcinógenas dos (2) se encuentran en el grupo 2A y 2B, y el arsénico en el grupo 1.

Se precisa que de estar dentro del Grupo 1, la incertidumbre sería baja; mientras que los Grupos 3 y 4 estarían asociados a un nivel de incertidumbre alta.

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.

- **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.

- **Sustituciones en TPHs**

Para la evaluación de riesgo humano se utilizó el software RBCA que no cuenta en su base datos las cadenas de TPHs C10-C28 identificadas como CP del presente ERSA, por lo que se optó usar cadenas representativas como TPH C12-C28, así como la suma de estos, pudiendo generarse una sobrestimación o subestimación del riesgo. Respecto al escenario ecológico, se sustituyó el TPH C12-C28 por Etilacetato para obtener el NOEAL referencial para la especie *Tapirus terrestris* (Tapir) registrada en campo; sin embargo, esto podría conllevar a una subestimación del riesgo para este escenario.

De tres (3) cadenas de TPH's, en el sitio S0109 (Sitio 3), sólo se sustituyó una (1) cadena, por lo que el nivel de incertidumbre es bajo.

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 S0109 (Sitio 3), 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 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 S0109 (Sitio 3), 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 S0109 (Sitio 3) 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 4-80 se presentan las valorizaciones para cada aspecto considerado en el análisis de incertidumbres, el mismo que ha sido determinado mediante un análisis y evaluación técnicos.

Cuadro 4-80 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
	Escenario humano 1 (Trabajadores industriales)	Considera la cercanía de los trabajadores de la Bateria Huayurí al sitio contaminado.	Bajo
	Escenario humano 2 (Cazadores esporádicos)	Considera la cercanía y exposición directa (<i>in situ</i>) del receptor cazador esporádico.	Bajo
	Escenario humano 3 (Pobladores de la CN)	Considera la cercanía de la población de la comunidad nativa José Olaya al sitio contaminado.	Bajo
	Receptor ecológico (flora y fauna)	Está en función a la disponibilidad de información de la evaluación hidrobiológica.	Moderado
	Uso del suelo	Certeza de la información sobre los usos futuros del suelo.	Bajo
	Usos del cuerpo de agua superficial	Se considera la existencia de una descarga de aguas subterráneas a las aguas superficiales (río Corrientes) 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.	Bajo
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
	Sustituciones en TPH's	Se emplearon cadenas de TPH C12-C28 empleada en el software RBCA.	Baja
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).

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. Sin embargo, también se consideran otros factores o variables para la determinación del volumen a remediar. Ver Anexo 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0109 (Sitio 3).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0109 (Sitio 3).
- Poligonal del sitio S0109 (Sitio 3) 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.

Sin embargo, considerando el contexto social de la zona, para el sitio S0109 (Sitio 3), aunque la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro del área de facilidades operativas, se ha considerado relevante mantener un criterio de **Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo agrícola**, es decir el mas exigente.

A) Niveles de remediación para el escenario humano

A.1 Sustancias no cancerígenas

Los CP de la matriz suelos categorizados como no cancerígenas fueron Boro, Selenio, Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28), Fenantreno y Naftaleno, adicionalmente se evaluaron las sustancias cancerígenas Benzo (a) antraceno y Benzo (a) pireno en suelos y arsénico en sedimentos de agua superficial, ya que pueden tener efectos adversos sobre la salud (Ver ítem 4.10).

El riesgo para la salud humana generado por sustancias no cancerígenas se considera aceptable, cuando al IP es menos o igual a la unidad (1).

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 la salud humana para efectos no cancerígenos, tanto para el escenario humano 1 (trabajador industrial), escenario humano 2 (cazador esporádico adulto y niño) y escenario humano 3 (residentes de la CN) para los CP identificados, mecanismos de transporte, rutas y vías de exposición.

Por lo expuesto, no se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para los CP de la matriz suelos y sedimentos de agua superficial, pues el escenario actual representa un riesgo aceptable para la salud del escenario humano 1 (trabajadores industriales), escenario humano 2 (cazadores esporádicos adulto y niño) y escenario humano 3 (residentes de la C.N. José Olaya).

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico (subterráneo) dado que no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera.

A.2 Sustancias cancerígenas

Los contaminantes de preocupación (CP) categorizados como cancerígenas en suelos fueron Benzo (a) antraceno y Benzo (a) pireno para suelos y arsénico para sedimentos de agua superficial.

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 la salud humana para efectos cancerígenos, tanto para el escenario humano 1, 2 y 3, para los CP identificados, mecanismos de transporte, rutas y vías de exposición.

Por lo expuesto, no se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para los CP de la matriz suelos y sedimentos de agua superficial, pues el escenario actual del sitio representa riesgo aceptable para la salud del escenario humano 1 (trabajadores industriales), escenario humano 2 (cazadores esporádicos adulto y niño) y escenario humano 3 (residentes de la C.N. José Olaya).

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico (subterráneo) dado que no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera.

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 S0109 (Sitio 3), 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. En este sentido, se determinó NR para la Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28), cuya intervención traería como consecuencia la disminución de las concentraciones de HAP's.

Cuadro 4-81 Niveles de remediación para suelo – sitio S0109 (Sitio 3)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Hidrocarburos C10-C28	5	14 721	-	4 079	1 200*	Para este CP Se tendrá como NR el ECA para Suelo.

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

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

El procedimiento y criterios para determinar la aplicación del ECA suelo – Uso Industrial como nivel de remediación para el Sitio S0109 (sitio 3) se detalla en el ítem 5.6.1.

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) receptores humanos (trabajadores industriales, cazadores esporádicos y la C. N. José Olaya), para los cuales se diferenciaron aquellos CP que son cancerígenos [benzo(a) antraceno, benzo(b) fluoranteno y Arsénico] y no cancerígenos [Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28), Selenio, Boro, Fenantreno y Naftaleno], a fin de poder estimar el nivel de riesgo para cada uno de estos elementos. Respecto al escenario ecológico, se han considerado como CP al Boro, Selenio, Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28), Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Fenantreno y Naftaleno. Finalmente, para el escenario abiótico, se consideraron los CP identificados en las matrices ambientales afectadas (suelos, sedimentos y agua subterránea) independientemente del escenario al que se les asocie.
- Respecto a la caracterización del riesgo en los tres (3) escenarios, se concluye lo siguiente:
 - 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, para los escenarios humanos en los cuales se obtuvo un IRT de $1,2E-16$ para el escenario humano 1; de $2,8E-6$ (adulto) y $3,3E-6$ (niño), para el escenario humano 2; y de $2,9E-11$, para el escenario humano 3, concluyéndose que en los escenarios evaluados el riesgo es aceptable; ya que los índices estimados son inferiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV), definido como $1,0E-5$. Respecto al riesgo por sustancias no cancerígenas, se estimó el Índice de Peligro Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, para los escenarios humanos en los cuales se obtuvo un IPT de $4,7E-1$ para el escenario humano 1; de $2,1E-1$ (adulto) y $5,2E-1$ (niño), para el escenario humano 2; y de $4,6E-7$, para el escenario humano 3, concluyéndose que en los escenarios evaluados el riesgo es aceptable; ya que los índices estimados son inferiores al Cociente de Peligrosidad definido como 1.
 - Para el cálculo del riesgo ecológico, se realizó la evaluación del riesgo para la comunidad hidrobiológica (bentos específicamente) teniendo en cuenta los valores de Ecotox de

especies análogas a las del sitio S0109 (Sitio 3) toda vez que se registraron CP (Arsénico) para sedimentos, mas no en aguas superficiales. Esta evaluación determinó que si bien es cierto hubo una sola excedencia en el punto S0109-Hb-BEN1-001, el Riesgo asociado a este CP es No Probable para esta matriz ambiental.

- Asimismo, se consideró la probabilidad de afectación a la flora / fauna presente en el medio, ésta última representada por la especie *Tapirus Terrestris*, comúnmente llamada Tapir, por encontrarse dentro de la categoría de “vulnerable”. 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; comprendiendo el modelo Sustancia-Transporte-Receptor, el cual contempla 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 = 58,54) de acuerdo al rango establecido por dicha metodología.
- 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 al suelo (es decir, la probabilidad que se manifieste el riesgo o que estos CP lleguen a afectar esta matriz ambiental) por la presencia de la Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) para el sitio S0109 (Sitio 3).
- Respecto a los niveles de remediación, se debe tener en cuenta que estos se definen en caso se determine un riesgo inaceptable. En base a ello, para el escenario humano no se han establecido niveles de remediación para los CP evaluados, toda vez que estos presentan un Riesgo Aceptable (ver el ítem 4.10, literal A y B). Para el escenario ecológico, se debe tener en cuenta que estos se basan en las concentraciones que puedan asegurar una no alteración en el cuerpo receptor; es decir, los estándares de calidad ambiental (nacionales e internacionales) para las matrices evaluadas. Bajo este criterio, se tendrán en cuenta los Niveles de Remediación establecidos para los recursos naturales abióticos, tal como se detalla en el ítem 4.12, literal C del presente estudio.

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 comienda 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 que contemple las variables principales que condicionen el comportamiento de los recursos naturales abióticos, 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 S0109 (Sitio 3) por actividades de la industria petrolera, disminuyendo los niveles de riesgo a la salud y al ambiente de este 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 S0109 (Sitio 3) 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 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.

El sitio S0109 (Sitio 3) 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. El sitio S0109 (Sitio 3) se encuentra aledaño al área de operaciones de los pozos HUYS 13 D, HUYS 12D y HUYS 14D, así como las tuberías que llevan el hidrocarburo hacia la Bateria Huayurí.

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 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. Ver Anexo 6.3 Mapa 6.3.1: Mapa de ubicación del sitio S0109 (Sitio 3).

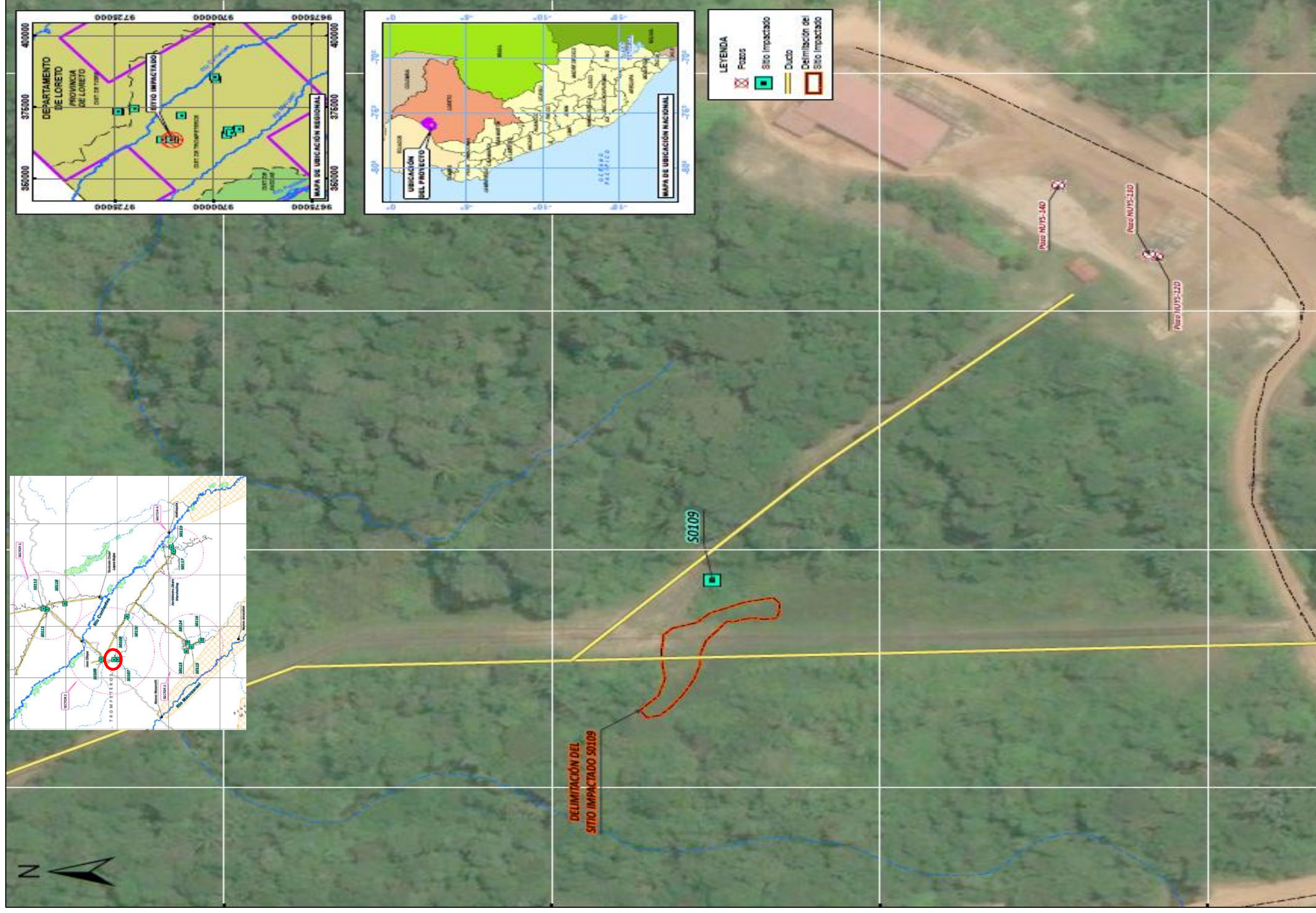
Es importante mencionar, que gran parte del área del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas, por donde transita libremente ejemplares de la fauna local (ej. *Cuniculus sp* “majaz”, *Panthera onca*: “otorongo”), por lo que se infiere que existe un potencial uso de este ecosistema por los recursos que provee (alimentos, agua, lugares de descanso, etc.).

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 remediación del sitio S0109 (Sitio 3), posiblemente se plantee una categoría distinta al uso industrial/extractivo, aun cuando 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 0,05 ha).

Ver Anexo 6.1.1 Mapa didáctico S0109 (Sitio 3) – 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 S0109 (Sitio 3) en el Sector 2



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 No. 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 un año - controlar, reducir o minimizar las condiciones de contaminación, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente (D.S. N.º 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. Se pretende mediante la ejecución del Plan de Rehabilitación retornar la funcionalidad ecológica del área donde se ubica 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 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

El sitio S0109 (Sitio 3) se encuentra aledaño al área de operaciones de los pozos HUYS 13D, HUYS 12D y HUYS 14D, así como las tuberías que llevan el hidrocarburo hacia la Batería Huayurí. El reporte de campo del OEFA del 26 de enero al 9 de febrero de 2017 (CUC N° 0001-01-2017-22) describe que el sitio S0109 (Sitio 3) está ubicado en un aguajal con cobertura vegetal tipo chala, por encima cruza el oleoducto; además, en el entorno de aguajal observaron vegetación (arbustos y árboles).

El sitio impactado S0109 (Sitio 3) ubicado al suroeste de los pozos HUYS 13D, HUYS 12D y HUYS 14D a una distancia de 200 metros, la profundidad del agua subterránea no supera los tres (3) metros y la dirección de flujo del agua subterránea es sureste – noroeste hacia la quebrada Machupichu que se encuentra cercana.

El sitio S0109 (Sitio 3) presenta las siguientes características:

- Terreno plano, con poca pendiente
- Anegado prácticamente todo el año
- Cuerpos de agua superficiales con caudal importante que colindan con el área
- Dinámica hidrogeológica positiva, que facilita la migración de contaminantes solubilizados
- Fácil acceso al sitio por carretera de tierra y por el corredor de tubería
- Pendiente pronunciada en la vertiente del área operacional

A partir de los resultados de los análisis de laboratorio y de la interpretación integrada del sitio impactado en el contexto del entorno del S0109 (Sitio 3) se generó un nuevo polígono que se muestra en la Figura 5-1. Presenta una superficie aproximada de 0,05 ha.

El sitio S0109 (Sitio 3) es un área poco intervenida, cuya fisiografía actual se corresponde con un ecosistema de bosque de colinas bajas. Se compone en su extensión total de un área poco diferenciada y que se segmenta por el corredor de servicios de la tubería.

Los suelos son predominantemente arcillosos, hasta los 3 metros de profundidad. Se caracteriza el área por ser anegadiza o inundable con niveles de saturación por agua importantes durante prácticamente todo el año. Presenta una cobertura vegetal con poca densidad y de porte bajo lo que hace de este terreno mucho más susceptible a procesos de evaporación. Lo anterior hace que la potencialidad de infiltración o movilidad superficial de contaminantes sea elevada -lo cual- hacia horizontes de suelo más profundos u otros sistemas.

Los resultados de laboratorio para muestras de suelo entre los 0-0,9 metros indican la presencia de fracciones de hidrocarburos F2 y F3 y un grupo de metales que generalmente se asocian a la presencia de hidrocarburos: As, Ba, Cu, Pb, Se, V y Zn. Los hallazgos de los contaminantes se correlacionan espacialmente en su ocurrencia, tanto superficial como en profundidad.

Los sedimentos solo presentan excedencias en As, en la estación aguas arriba, para las muestras captadas en época seca.

Las aguas subterráneas arrojan una diversidad de metales, algunos de ellos relacionados con las características naturales de la región (Al, Fe). Los otros metales (Hg, Mn y Zn) pudieran guardar relación con los hallazgos en suelos.

El sitio S0109 (Sitio 3) presenta una dinámica de movilidad de contaminantes tanto vertical como horizontal. No se evidencia una predominancia en la presencia de contaminantes en el sitio impactado, las fracciones de hidrocarburos medianos y pesados, así como los metales asociados a estos se localizan en los 2 primeros metros de profundidad.

La potencial migración de contaminantes se pudiera manifestar verticalmente en este horizonte de suelos de 12 metros y horizontalmente en dirección sur-norte.

Según los resultados presentados en el documento de caracterización, en el sitio impactado S0109 (Sitio 3) 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 contaminantes presentes
Suelo	- TPH: F2 y F3 (profundidad entre 0 – 1,5 m) - Metales: As, Ba, Cu, Pb, Se, V y Zn (profundidad de 1,5 m)
Sedimentos	- Metales: As
Agua subterránea	- Metales: Al, Hg, Mn, As, Zn y Fe

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

En la determinación de los Niveles de Remediación Específicos (NRE) para el sitio S0109 (Sitio 3) el análisis ERSa concluye lo siguiente:

Respecto a los niveles de remediación, se debe tener en cuenta que estos se definen en caso se determine un riesgo no aceptable. En base a ello, se tienen las siguientes conclusiones:

Para el escenario humano

- Para la matriz suelos, sedimentos, agua superficial no se ha determinado niveles de remediación (NRE) para sustancias cancerígenas y no cancerígenas.
- Para la matriz agua subterránea, no se ha determinado metas de remediación 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; esto para sustancias cancerígenas y no cancerígenas.

Para el 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

Para el escenario natural abiótico

- La evaluación de los recursos naturales abióticos consideró los criterios establecidos en el Anexo H de la Guía ERSA. Se determinó un Riesgo Probable al suelo (es decir, la probabilidad que se manifieste el riesgo o que estos CP lleguen a afectar esta matriz ambiental) por la presencia de la Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28) para el sitio S0109 (Sitio 3).
- Para la matriz suelos, se ha considerado niveles de remediación para la fracción de hidrocarburos F2. Para estos CP se tendrán como NR el ECA para suelos. Ver Cuadro 5-2.

Cuadro 5-2 Niveles de remediación para suelo – sitio S0109 (Sitio 3)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	Nivel de Fondo (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	5	14 721	-	4 079	1 200*	Para este CP se tendrá como NR el ECA agrícola para suelo (norma Peruana)

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

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.

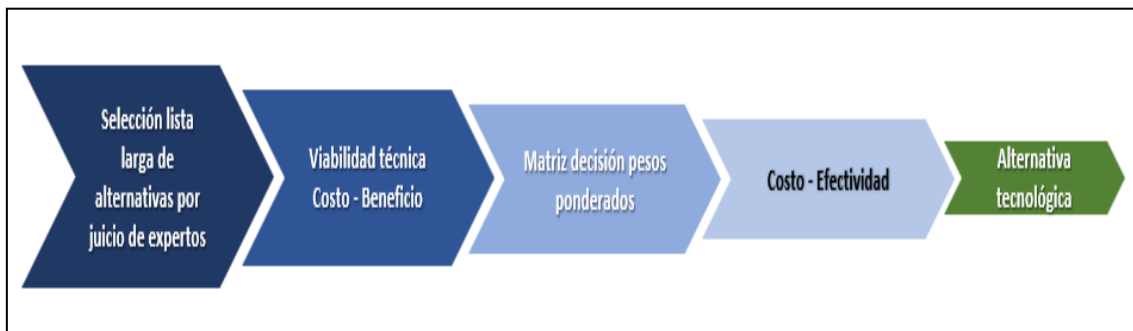
En segundo lugar, las tecnologías seleccionadas son evaluadas a través de una matriz de viabilidad técnica y de costo-beneficio.

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 evaluadas desde el punto de vista del costo-efectividad.

El siguiente diagrama ilustra los pasos, de forma general, 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 de potenciales alternativas tecnológicas**

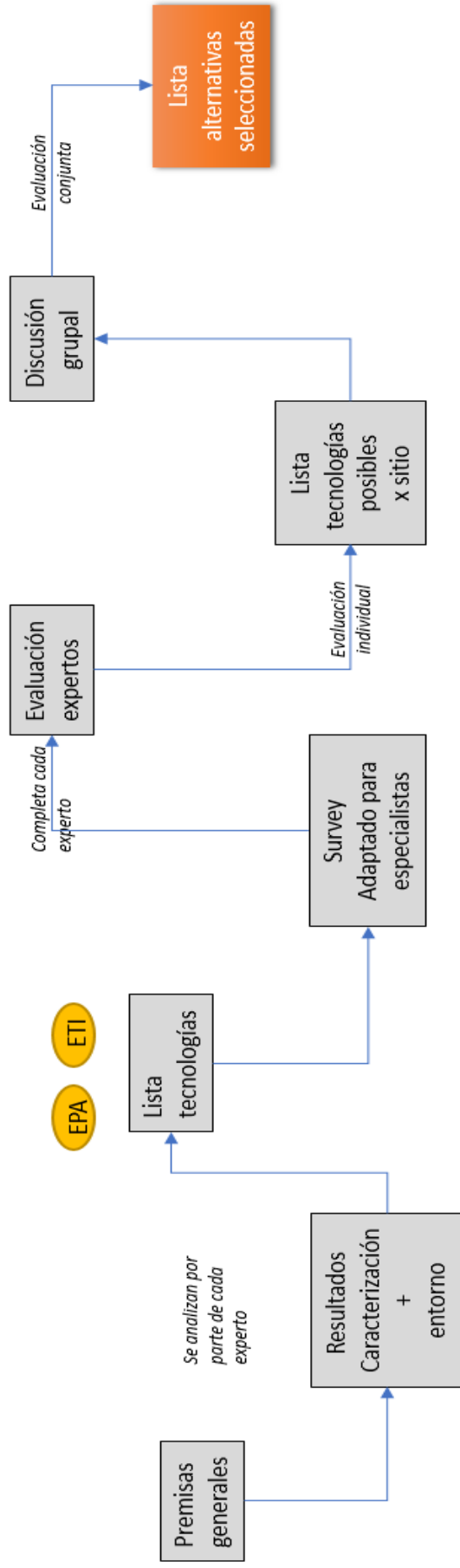
Para efectos de describir el proceso preliminar de selección de alternativas del universo de alternativas existentes tecnológicas para la remediación de la contaminación, se desarrollaron varias sesiones de trabajo que respondían a un esquema de trabajo que se muestra en la siguiente Figura 5-3.

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
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	N/A "Not Applicable"
	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	I/D "Insufficient Data"
	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, 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

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 S0119 (Sitio 3):

- **Características relevantes:** Suelos predominantemente franco-arcillosos. El ingreso al sitio es por vía fluvial (2 días de viaje) y luego por carretera afirmada, unas 2 a 3 horas. La población más cercana José Olaya, se encuentra a 11,9 km. El sitio presenta una topografía accidentada con presencia de componentes industriales como tuberías que dificultan el ingreso de maquinaria pesada. La vegetación es arbórea y existe un área descubierta en la plataforma de los pozos (parte alta).
- **Volumen estimado a remediar:** menos de 100 m³ suelo
- **Tipo de contaminante presente:** Orgánicos (HTP: F2)
- **Análisis inicial de técnicas:** Considerando que este sitio está compuesto principalmente con contaminantes orgánicos THP, la desorción térmica de baja temperatura es muy aplicable para la degradación y separación rápida de dichos compuestos, en tal sentido, estos contaminantes son eliminados mediante volatilización. Sin embargo, dado el poco volumen de suelos a remediar, la oxidación química podría ser una tecnología viable y de bajo costo, asimismo también se puede optar por una estabilización-solidificación. Se debe considerar la accesibilidad e infraestructura petrolera (oleoducto superficial activo) presente, lo cual requiere la implementación de una alternativa menos invasiva.

Para algunos profesionales con experiencia en remediación, el tratamiento térmico (desorción) y el lavado de suelos son aconsejables para suelos arcillosos que deberán ser tratados en un relativo tiempo corto de un (1) año. Aunque existen varias tecnologías in situ que pudieran utilizarse como: bioventeo, biorremediación, extracción con vapor; sin embargo, se descartan por el tipo de suelo arcilloso que le resta efectividad.

En general, los tratamientos para este tipo de contaminantes, por razones económicas más que por eficiencia, resultan ser los biológicos. No obstante, su aplicación requiere de

un espacio que permita controlar las condiciones sobre las cuales la actividad bacteriana se promueve y descompone este contaminante. Siendo tan bajo el volumen no pareciera que los tratamientos térmicos fueran recomendables.

La opción de solidificación y/o de confinamiento en una celda de seguridad o con geomembrana podría ser la mejor opción.

Con base en lo anterior, para el sitio S0109 (Sitio 3), las alternativas escogidas en el ejercicio de preselección son:

- Desorción térmica
- Oxidación química
- Aislamiento con geomembrana
- Solidificación/Estabilización
- Electrocinética
- Inundación de suelos (soil flushing)
- Biorremediación

➤ **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:

- 1 - No viable
- 2 - Poco viable
- 3 - Medianamente viable
- 4 - Viable con restricciones
- 5 - 100 % viable

• **Relación beneficio-costos (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 determinado en 3 categorías de carácter empírico:

- $B/C > 1$ – 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 y Relación Beneficio-Costo) se seleccionan aquellas que cumplen el siguiente requisito:

- La alternativa posee una viabilidad técnica de 4 o 5 puntos (viable con restricciones y 100 % viable) 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 S0109 (Sitio 3) se analiza mediante 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 S0109 (Sitio 3) y la presencia de fracciones de hidrocarburo F2 como el elemento a remediar del suelo.

Cuadro 5-3 Lista de remediación aplicables para el sitio S0109 (Sitio 3)

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	3	<1	Tecnología que cumple con los objetivos de remediación, pero los costos de instalación y operación de la tecnología son elevados (se asigna relación < 1). 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, al volumen a tratar, a la disponibilidad presupuestaria y a su planificación de uso en varios sitios impactados (se asigna valor 3). Debe contemplarse el manejo de residuos (escorias, cenizas como en los particulados de gases). Su potencial aplicación depende del volumen a tratar. Por debajo de 5 000 ton no es viable económicamente	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	3	>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	Se tienen experiencias de éxito en condiciones similares.	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	< 10 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 apresa el contaminante. Sin embargo, es también necesario dedicar esfuerzos para el 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.	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	< 6 meses	70 - 250	Baja
5	Electrocinética	3	= 1	Técnica muy eficiente para remediación de sitios contaminados con metales, sin embargo, para TPH no es tan eficiente (se le asigna valor de 3). 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 (Probstein 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	< 6 meses	70 - 250	Baja
6	Inundación de suelos (soil flushing)	3	< 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. Costos entre 46 y 125 US\$/m³.	Inorgánicos/Orgánicos	Se ha probado su efectividad pero solo para contaminantes orgánicos (hidrocarburos). No se recomienda su uso para hidrocarburos temperizados.	Bombas, pozos de captación, generadores eléctricos, químicos, agua	> 10 meses	50 - 330	Alta

Cuadro 5-3 Lista de remediación aplicables para el sitio S0109 (Sitio 3)

N°	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
7	Biorremediación	3	>1	Consiste en una técnica que acelera la tasa de degradación natural de hidrocarburos por estimulada generalmente por la adición de fertilizantes. Se puede aplicar in-situ o ex-situ. El tratamiento biológico de suelos contaminados involucra el uso de microorganismos para la degradación de contaminantes orgánicos. Ventajas: (i) posibilidad de aplicarse in-situ o ex-situ; (ii) bajo costo de operación; (iii) como subproducto se obtiene un suelo útil para la agricultura debido a la adición de nutrientes; (iv) no requiere de equipamiento especializado para su aplicación. Desventajas: (i) tiempo de proceso largo; (ii) aplicación efectiva a suelos con concentraciones de hidrocarburos < 30%; (iii) contaminantes no tóxicos para los microorganismos; (iv) cierta renuencia de los microorganismos en crudos intemperizados; (v) superficies de tratamiento deben estar techadas dado que en la zona llueve todo el año; (vi) la presencia de suelos finos no facilita la aireación del suelo contaminado, por lo que se tendría que mezclar con un suelo granular.	Orgánicos	Muchas experiencias. En ambientes selváticos se han presentado problemas cuando se tratan crudos intemperizados.	Equipos pesados tipo tractores, retroexcavadoras o arado para mezclado y aireación del suelo contaminado. Insumos (fertilizantes, arena, agua, combustible)	> 6 meses	60-120	Alta

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

Del cuadro anterior, aquellas alternativas cuya viabilidad técnica se encuentre entre el rango de 4 y 5 de viabilidad (viable con restricciones y 100 % viables) y aquella que tenga una viabilidad técnica de 3 con una relación B/C mayor a 1, serán sujetas a un mayor detalle de análisis.

Para el sitio S0109 (Sitio 3), las alternativas preseleccionadas son:

- **Oxidación química**
- **Biorremediación**
- **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:

A. 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	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.
	Hidrobiológico		
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 remediación	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		
	3=Necesidad de involucrar máximo a 2 autoridades administrativas		

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
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 tendría 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)	
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

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	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		
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

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	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
	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%)

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
	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
	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

Cuadro 5-4 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
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 %).

El Cuadro 5-5 presenta la matriz modelo con los porcentajes de ponderación respectivo.

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 la matriz aplicada para las técnicas preliminarmente seleccionadas para el sitio S0109 (Sitio 3).

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 5-5).
- 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, ver Cuadro 5-5 y líneas arriba).

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 S0109 (Sitio 3)

Tipo de técnica de Remediación		PROCEDIMIENTOS FÍSICO - QUÍMICOS											
		Biorremediación				Oxidación química				Aislamiento con geomembrana			
		Ex Situ		In Situ		Ex Situ		In Situ		Ex Situ		In Situ	
Aspectos y atributos	%	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
1. Aspectos Ambientales	25		12.67		14.29		15.56		15.13		22.77		19.44
Eficacia del Cumplimiento con los objetivos de remediación	40	1	13.33	2	26.67	2	26.67	2	26.67	3	40.00	2	26.67
Riesgo asociado al componente ambiental	35		25.67		18.82		23.92		22.17		34.42		34.42
Agua	30	2	20.00	2	20.00	2	20.00	1	10.00	3	30.00	3	30.00
Aire	5	2	3.33	2	3.33	3	5.0	2	3.33	2	3.33	2	3.33
Suelo	15	2	10.00	2	10.00	2	10.00	2	10.00	3	15.00	3	15.00
Sedimento	20	3	20.00	3	20.00	2	13.33	3	20.00	3	20.00	3	20.00
Hidrobiológico	30	2	20.00	2	20.00	2	20.00	2	20.00	3	30.00	3	30.00
Grado de Monitoreo ambiental requerido post	15	1	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	2	10.00	2	10.00
Requerimiento de autorizaciones previas	10	2	6.67	2	6.67	2	6.67	2	6.67	2	6.67	2	6.67
2. Aspectos Técnicos / Ingeniería	15		9.50		10.50		12.25		12.25		11.00		10.50
Grado y tipo de contaminación	20	1	6.67	1	6.67	2	13.33	3	20.00	3	20.00	3	20.00
Acondicionamiento del material	10	3	10.00	3	10.00	3	10.00	3	10.00	1	3.33	1	3.33
Generación de residuos	15	3	15.00	3	15.00	3	15.00	2	10.00	2	10.00	2	10.00
Área requerida de la instalación	10	1	3.33	3	10.00	3	10.00	3	10.00	1	3.33	2	6.67
Nivel de experiencia en aplicación	10	3	10.00	3	10.00	2	6.67	2	6.67	3	10.00	2	6.67
Requerimiento de acciones complementarias post remediación	10	2	6.67	2	6.67	2	6.67	2	6.67	2	6.67	2	6.67
Consumo de recursos naturales (agua, suelo, etc.)	15	1	5.00	1	5.00	2	10.00	3	15.00	2	10.00	2	10.00

PY 1801 – PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0109 (Sitio 3)
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 S0109 (Sitio 3)

Tipo de técnica de Remediación		PROCEDIMIENTOS FÍSICO - QUÍMICOS											
		Biorremediación				Oxidación química				Aislamiento con geomembrana			
		Ex Situ		In Situ		Ex Situ		In Situ		Ex Situ		In Situ	
Aspectos y atributos	%	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
Riesgos Operacionales relacionados con la técnica	10	2	6.67	2	6.67	3	10.00	1	3.33	3	10.00	2	6.67
3. Aspectos logísticos	15		10.75		9.75		10.00		10.75		10.75		10.75
Acceso al sitio	20	2	13.33	1	6.67	2	13.33	2	13.33	2	13.33	2	13.33
Requerimiento transporte (fluvial, marítimo)	25	2	16.67	2	16.67	2	16.67	2	16.67	2	16.67	2	16.67
Requerimiento y tipo de equipo	20	2	13.33	2	13.33	2	13.33	2	13.33	2	13.33	2	13.33
Requerimientos y servicios de apoyo	20	2	13.33	2	13.33	2	13.33	2	13.33	2	13.33	2	13.33
Tipo y fuentes de energía	15	3	15.00	3	15.00	2	10.00	3	15.00	3	15.00	3	15.00
4. Aspectos Sociales	30		24.00		24.00		24.00		20.00		21.50		21.50
Riesgo a los receptores (comunidad, centros poblados, etc.)	30	2	20.00	2	20.00	2	20.00	2	20.00	2	20.00	2	20.00
Tiempo de respuesta de la técnica remediación	15	1	5.00	1	5.00	3	15.00	2	10.00	3	15.00	3	15.00
Generación de empleo local	25	3	25.00	3	25.00	3	25.00	2	16.67	2	16.67	2	16.67
Contratación de servicios locales	15	3	15.00	3	15.00	2	10.00	2	10.00	2	10.00	2	10.00
Percepción de la remediación por la comunidad	15	3	15.00	3	15.00	2	10.00	2	10.00	2	10.00	2	10.00
5. Aspectos económicos	15		13.75		13.75		10.00		11.25		10.00		8.75
Nivel de inversión	50	3	50.00	3	50.00	2	33.33	2	33.33	2	33.33	2	33.33
Costos de movilización de equipos (transporte, etc.)	25	3	25.00	3	25.00	2	16.67	3	25.00	2	16.67	1	8.33
Costos de mantenimiento o vigilancia durante y post remediación	25	2	16.67	2	16.67	2	16.67	2	16.67	2	16.67	2	16.67
Total	100		70.67		72.29		71.81		69.38		76.02		70.94

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 S0109 (Sitio 3)

N.º	Alternativa	Valor ponderado obtenido
1	Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	76,02
2	Biorremediación <i>in situ</i>	72,29
3	Aislamiento con geomembrana <i>in situ</i>	70,94
4	Biorremediación <i>ex situ</i>	70,67
5	Oxidación química <i>in situ</i>	69,38
6	Oxidación química <i>ex situ</i>	71,81

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.

- **Aislamiento con geomembrana *ex situ***
- **Biorremediación *in situ***
- **Oxidación química *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 contención/aislamiento 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 contención/aislamiento tipo relleno de seguridad en esta particular región.

La aplicación de esta tecnología no requiere de ensayos de laboratorio o piloto para su aplicación, más sí de un estudio de alternativas de localización del aislamiento que cuente con el aval de la municipalidad provincial en coordinación con la distrital, así como el cumplimiento, como mínimo, de los aspectos relacionados a la impermeabilización de base y taludes, así como el manejo de lixiviados y chimeneas.

Igualmente requiere la extracción del material para su colocación en el espacio o terreno/excavación adecuada para la contención/aislamiento del material contaminado. Esta alternativa de remediación se maneja bajo dos opciones de aplicación *ex situ* (adecuando/acondicionando un espacio en el entorno inmediato al sitio impactado - < 500 metros) o su aplicación *ex situ*, en alguna de las áreas operativas con suelo descubierto en el entorno no tan inmediato al sitio impactado (> 500 metros).

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 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 rellenos de seguridad 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:

- ✚ 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. Biorremediación

Es una técnica muy extendida en el país, así como en muchos lugares del mundo. Entre las principales características de esta tecnología de remediación ex situ están:

- Los suelos contaminados deben ser excavados y tratados en espacios abiertos.
- Las capas del suelo serán aireadas mediante volteo o mediante un arado y los lixiviados serán filtrados y recogidos.
- La técnica permite controlar el proceso de la degradación biológica, mediante la construcción de un espacio aislado en el cual se coloca el material contaminado y en seguida se aplica un riego y productos especialmente desarrollados para acelerar el ciclo de vida de los microorganismos y por consecuencia la degradación de los contaminantes.
- Una de las técnicas de biorremediación más difundidas es el landfarming que consiste en un vertido controlado de hidrocarburos sobre una superficie de terreno, el cual se somete a un proceso de remoción mediante arado y riego superficial con agregado de fertilizantes, con o sin incorporación de microorganismos.
- El landfarming se lleva a cabo sobre un área aislada que se construye sobre la superficie de un terreno previamente acondicionado, donde se colocan liners de polietileno de alta densidad (HDPE) y un sistema de recolección de lixiviados. Algunas veces se opta por colocar una cama de arena, para proteger el liner contra rasgaduras y evitar así la migración del contaminante.

- La biorremediación 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.
- 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^{ooo} 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 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%.
- El rango óptimo de pH para el crecimiento de los microorganismos se debe mantener entre 6 y 8, preferentemente 7.

La técnica de bioremediación se ha utilizado en Perú tanto en el ex lote 1AB (actual Lote 192) y lote 8 como por el resto de empresas que han laborado en otros lotes en el país.

En Colombia se viene utilizando satisfactoriamente en estaciones de gasolina.

En Ecuador se utilizó en el Complejo Termoeléctrico El Descanso, la tecnología de biorremediación y su efectividad fue del 29.7% de degradación en TPH y 99.7% de degradación en PAHs. Estudio "Determinación y Análisis de un Proceso de Biorremediación de Suelos Contaminados por Hidrocarburos" Autor: Ing. Miguel Ángel Cando Rodríguez.

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

^{ooo} En la absorción hay transferencia de masa y volumen en la partícula del suelo, mientras que la adsorción es un fenómeno superficial.

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.^{ppp}

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).^{qqq}

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.

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.^{rrr}

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%.

^{ppp} 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

^{qqq} 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

^{rrr} Guía del ciudadano sobre la oxidación química in situ, EPA, 2012

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
- + 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
 C : Costo de la técnica, el cual es estimado con base a la revisión bibliográfica
 E : Efectividad
 % Efc : Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación
 Vtr : Volumen total a remediar
 Tr : Tiempo requerido

Una vez obtenido el valor para cada alternativa, se selecciona aquella con menor valor (US\$) obtenido.

En este sentido, para el sitio S0109 (Sitio 3) se determina cada valor para las potenciales alternativas seleccionadas, seleccionándose la tecnología de aislamiento con geomembrana (ver Cuadro 5-7):

Cuadro 5-7 Resumen de alternativa sitio S0109 (Sitio 3)

Tecnología	% Efc	Vtr m ³	Tr mes	Costo (\$/m ³)
Oxidación química	80%	302,92	1	350
Aislamiento con geomembrana	100%	302,92	1	300
Biorremediación	40%	302,92	2	100

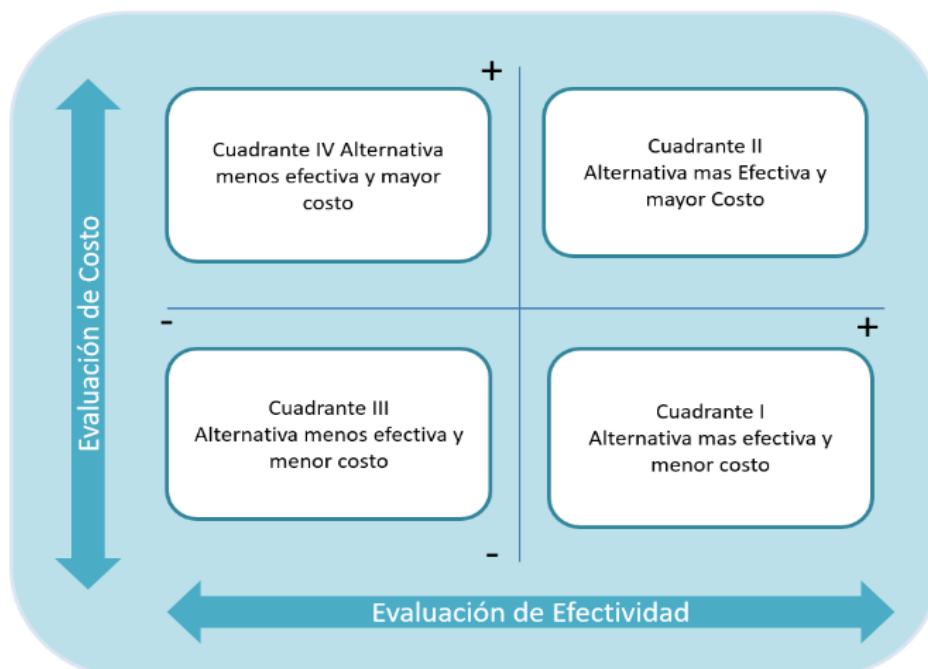
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

De acuerdo con el análisis costo-efectividad la alternativa seleccionada resultó el Aislamiento con geomembrana, tal como se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro 5-8 Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0109 (Sitio 3)

Tecnología	E	C (US\$/ m ³)	ACE
Oxidación química	242,34	350	0,69
Aislamiento con geomembrana	302,92	300	1,01
Biorremediación	60,58	100,00	0,61

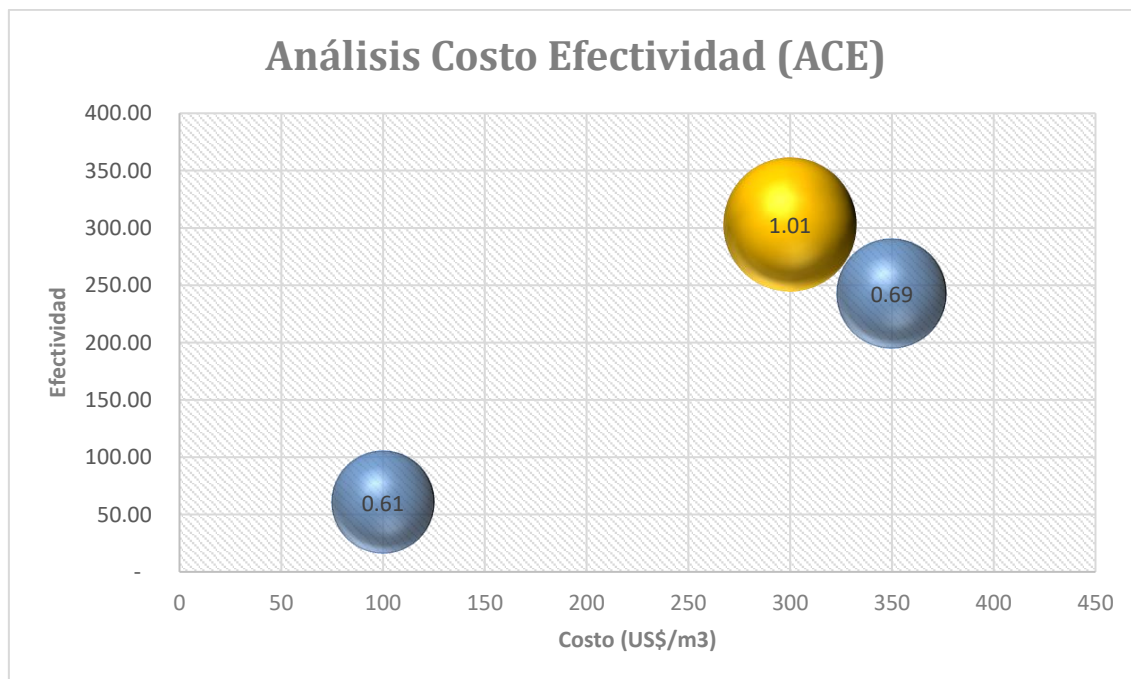
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Figura 5-5 Relación costo-efectividad

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

En este sentido, la alternativa con el mayor valor (ACE) resultó el **Aislamiento con geomembrana**, este resultado se puede apreciar en la Figura 5-6, donde la esfera de mayor tamaño representa la mejor relación Costo/Efectividad.

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 **aislamiento con geomembrana ex situ** resulta la más viable, técnica y económicamente para el tratamiento del suelo contaminados con fracciones de hidrocarburo (F2) para evitar la movilidad del contaminante.

Sin embargo, con un énfasis social (dado el sesgo marcadamente social del proyecto de remediación para la cuenca del río Corrientes) se estimó pertinente considerar combinar la alternativa de remediación **aislamiento con geomembrana** conjuntamente con **estabilización/solidificación** en este caso al tratarse de material orgánico sólo se solidificará. La aplicación de ambos métodos o tecnologías de tratamiento/remediación de contaminantes en suelo responde a su total efectividad en su uso.

El retiro del volumen de suelo se efectuará de forma manual o semi mecánica, y se trasladará manualmente hasta el lugar de aislamiento previamente seleccionado. Esta área de aislamiento contará con una preparación y adecuación previa del suelo, con una impermeabilización con geomembrana, con un sistema de control de gases y toma de muestras de lixiviados, así como un sistema de monitoreo. El material de suelo retirado será previamente estabilizado / solidificado para su encapsulamiento, así mismo, el material removido para la adecuación del área será utilizado para cubrir la superficie total impactada.

Dado el marcado énfasis social del proyecto de remediación para la cuenca del río Corrientes, se estimó pertinente considerar estrategias tecnológicas adicionales que permitieran combinar las

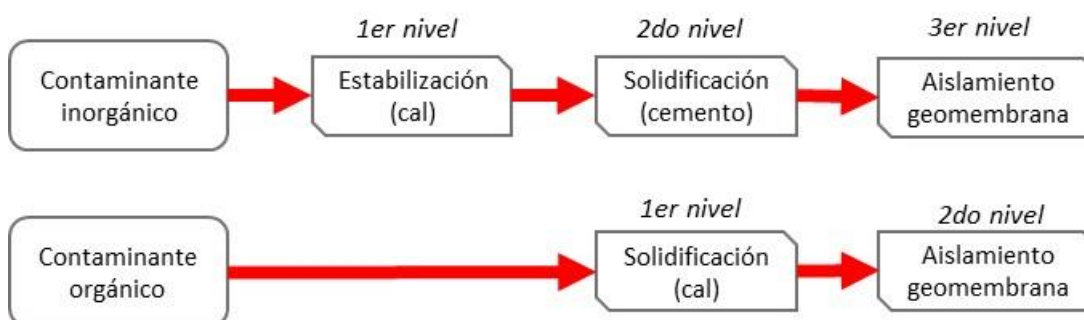
alternativas de remediación seleccionadas, en este caso el aislamiento con geomembrana con algún procedimiento/tecnología (de tratamiento) que permitiera asegurar la retención del contaminante, pero a la vez crear la confianza suficiente en las comunidades con las tecnologías adoptadas.

Tradicionalmente las comunidades nativas manifiestan con frecuencia la poca intervención que ha tenido el estado y las operadoras en la solución de los problemas de contaminación que se han originado a partir de las actividades petroleras en la región. El tratamiento por inertización (estabilización) y fijación (solidificación) del material contaminante, muy especialmente de elementos inorgánicos (como por ejemplo los metales y metaloides), asegura la retención del material. Pero, desde el punto de vista social el contaminante permanece en su territorio, sólo que en una matriz distinta.

El retiro del material fuera del lote 1AB (ex lote 192), en ingentes volúmenes de suelo contaminado, requieren la movilización por una cantidad importante de camiones, lo cual traería como consecuencia un incremento considerable de los costos por remediación, pudiendo hacer inviable el proyecto. Por otro lado, las vías de comunicación en selva se malogran con las lluvias y el incremento del tráfico pesado potencia el daño sobre estas. Finalmente, se requeriría la salida del material del lote por vía fluvial, lo que implica una elevación de costo, elementos logísticos y de seguridad que incidirían sobre el proyecto y su potencial ejecución.

Por lo anterior, se propone combinar el tratamiento por **aislamiento con geomembrana** conjuntamente con la **estabilización/solidificación**, considerando que la aplicación de ambos métodos de tratamiento/remediación/disposición de contaminantes en suelo configurarían una condición incontrovertible (extraer el material, estabilizarlo, solidificarlo y adicionalmente aislarlo en un espacio protegido con una geomembrana asegura la contención del material) de seguridad en la retención del contaminante y permitiría adicionalmente el aprovechamiento de espacios en el subsuelo para su disposición final.

El uso combinado del aislamiento con geomembrana con la estabilización/solidificación establece un tercer nivel de seguridad en la contención de material contaminante de composición inorgánica y un segundo nivel de seguridad en la contención de material contaminante de composición orgánica.



Por otro lado, el seguimiento de la eficiencia en la remediación del sitio impactado a través de esta combinación permite un monitoreo “controlado” por medio de la toma de muestras directas en el espacio confinado por la geomembrana de la potencial lixiviación de contaminantes del material allí retenido. El aislamiento con geomembrana en su diseño y construcción comprende la instalación de un pozo de control el cual permitirá la captación de muestras directas del área de contención del material estabilizado y solidificado. Igualmente, al conocer la ubicación exacta del

área de aislamiento, facilitará la ubicación estratégica de los pozos de monitoreo de aguas subterráneas debajo de la localización de esta área.

La combinación de los métodos propuesto por JCI-HGE no tan sólo asegura ambientalmente la represión de los elementos contaminantes, sino que socialmente permite crear la tranquilidad y confianza en la ejecución de la remediación hacia las comunidades nativas.

Es importante acotar que entre las tecnologías de remediación federal de los Estados Unidos (FRTR) utilizadas por la agencia de protección ambiental (EPA) se mencionan por separado, la inmovilización de suelos contaminados (inmovilización con geomembrana) y el tratamiento físico químico (estabilización/solidificación). En el presente estudio, aunque estas tecnologías se mencionarán también por separado, las mismas convergerán para ser utilizadas ambas en conjunto, de forma tal de asegurar cualquier generación de lixiviados.

El Anexo 6.4.3 muestra el plano del sitio impactado con las acciones de rehabilitación a ser ejecutadas en este.

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 aislamiento, eliminando o disminuyendo así los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades de campo.

Se recomienda el desarrollo de un manual en Seguridad para la empresa que efectúe la remediación, que contemple los procesos asociados a la remediación aislamiento con geomembrana conjuntamente con estabilización/solidificación por los riesgos y medidas de seguridad asociadas a cada uno. Este manual deberá contemplar las etapas o plan de acción para casos de emergencia y contingencias.

No obstante, de lo anterior se describen las siguientes consideraciones con relación a los riesgos operacionales por la aplicación de la tecnología de aislamiento con geomembrana y Estabilización/Solidificación:

Peligros físicos

- Descripción: durante la excavación del suelo, los trabajadores pueden sufrir accidentes graves por equipos pesados, como cargadores frontales y raspadores. Este equipo también puede generar ruido excesivo durante la operación.

Control: El equipo pesado debe estar equipado con una alarma de respaldo que alerta a los trabajadores. Cuando se acerque al equipo operativo, el enfoque debe realizarse desde la parte frontal y desde el punto de vista del operador, preferentemente haciendo contacto visual. Se debe usar protección auditiva al trabajar cerca de operar equipos.

- Descripción: durante la excavación en un suelo contaminado con materiales explosivos, inflamables o combustibles el cubo de una retroexcavadora o cuchilla de corte de una oruga puede provocar chispas cuando entra en contacto con las rocas.

Control: Los controles para ayudar a prevenir la ignición de los vapores durante la excavación

incluyen equipar el equipo de movimiento de tierra con un cucharón o cuchilla que no produzca chispas.

- Descripción: Los trabajadores también pueden estar expuestos a perforaciones en la piel y peligros de cortes durante la excavación y el transporte de objetos afilados o abrasivos contenidos dentro del material de desecho.

Control: El equipo de protección personal, incluyendo botas y guantes, debe estar compuesto de materiales resistentes a pinchazos. Las botas de trabajo deben estar equipadas con vástagos reforzados con acero para ayudar a prevenir la perforación al caminar sobre materiales de desecho. Los materiales deben manipularse con el equipo adecuado, no con las manos o los pies, para evitar lesiones.

- Descripción: la operación de equipo pesado sobre un terreno inestable (el terreno que ha sido afectado por el bombeo o involucrado en tratamientos de subsuelo) puede hacer que la superficie del suelo se hunda o se hunda. El resultado puede causar lesiones al operador del equipo o a los trabajadores cercanos.

Control: donde puedan existir condiciones inestables del suelo, un supervisor de obra calificado debe acceder al suelo para garantizar condiciones de operación seguras en el sitio.

- Descripción: dependiendo de los tipos de suelo, la exposición al cuarzo respirable puede ser un peligro.

Control: La exposición del trabajador al polvo rico en cuarzo respirable se puede minimizar mojando periódicamente el suelo con agua o agua modificada o mediante el uso de protección respiratoria, como un respirador purificador de aire equipado con un filtro / cartucho HEPA.

- 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. Incluso la exposición a la luz solar a corto plazo puede causar quemaduras y daños dérmicos. 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.

Peligros químicos

- Descripción: Los trabajadores que participan en actividades de excavación pueden estar expuestos a COV y partículas contaminadas con contaminantes orgánicos volátiles y / o inorgánicos. Los trabajadores pueden ingerir inadvertidamente contaminantes / materiales de desecho que se acumulan en las manos y la ropa en forma de polvo durante la excavación. La ingestión de polvo también puede ocurrir cuando los trabajadores toman pausas para tomar agua o comidas, o después de haber abandonado el área de trabajo si no se siguen los procedimientos de higiene establecidos (por ejemplo, lavarse las manos).

Control: los controles pueden incluir los tipos adecuados de equipo de protección personal (EPP) y su uso, el uso de trabajadores con experiencia, reuniones repetidas de concientización sobre salud y seguridad, estaciones de descontaminación y otros procedimientos estándar.

Peligros biológicos

- Descripción: los trabajadores pueden estar expuestos a una gran variedad de peligros biológicos, incluidas las serpientes, abejas, avispa, garrapatas, avispas y roedores durante cualquier fase de la remediación. Los síntomas de la exposición varían desde una leve irritación hasta un shock anafiláctico y la muerte.

Control: se deben realizar inspecciones periódicas del sitio para identificar nidos de insectos que pican y para detectar la presencia de serpientes. Los trabajadores deben revisar la piel y la ropa en busca de garrapatas periódicamente durante el día de trabajo.

Adicionalmente, como primera línea se debe establecer zonas de trabajo y su ubicación dependerá del tipo de actividad.

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.

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:

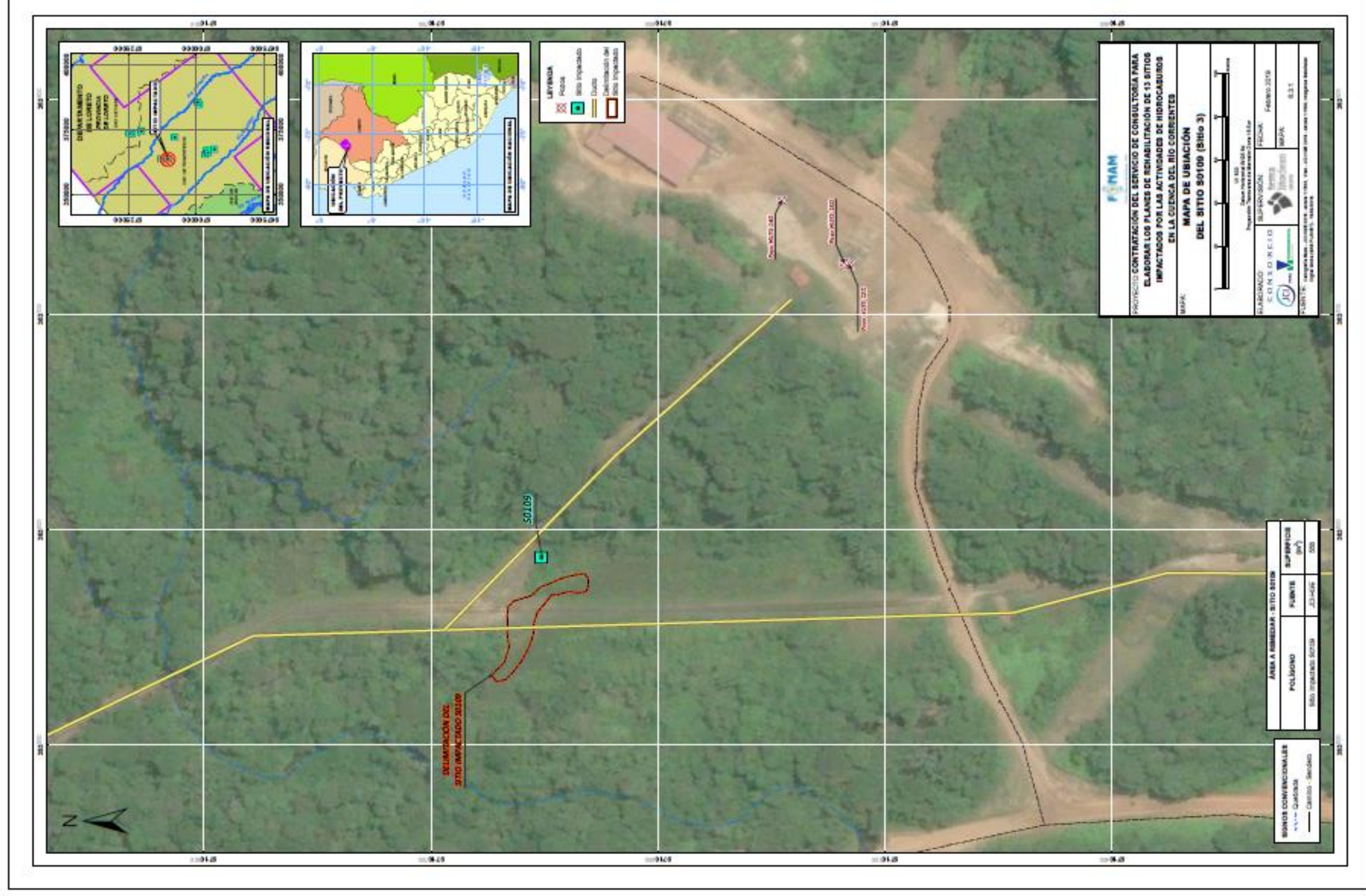
- El suelo extraído producto de la excavación debe ser almacenado en un área temporal que deberá cumplir con los requerimientos adecuados para tal fin.
- Las áreas de operación para el trasiego y tratamiento de suelos contaminados deben estar niveladas, para prevenir el encharcamiento; recubiertas con polietileno o arcilla, y provistas de diques o bermas. También considerar el uso de un sistema de recubrimiento sintético.
- 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 de almacenamiento de suelos contaminados, se deberá 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 de 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.

La Figura 5-7 muestra el polígono del área impactada.

Figura 5-7
Polígono del área impactada del sitio S0109 (Sitio 3)



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

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 el sitio S0109 (Sitio 3). Posterior a un segundo análisis de alternativas, quedaron como tecnologías técnicamente viables las que se presentaron en el Cuadro 5-9 Resultados del análisis costo-efectividad sitio S0109 (Sitio 3).

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 de remediación propuesta para el sitio impactado S0109 (Sitio 3).

5.6.1 Superficie y volumen a remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.

Es importante señalar que el volumen de suelo a remediar será el obtenido de una evaluación de riesgos al ser humano y al ambiente sobre un volumen de suelo impactado, por lo que no necesariamente corresponden a volúmenes similares.

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. Sin embargo, también se consideran otros factores o variables para la determinación del volumen a remediar. Ver Anexo 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0109 (Sitio 3).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0109 (Sitio 3).
- Poligonal del sitio S0109 (Sitio 3) 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.

Sin embargo, considerando el marcado contexto social de la estudio, aunque la la poligonal del sitio impactado se encuentra muy cercana a facilidades operativas, se ha considerado relevante mantener, para el para el sitio S0109 (Sitio 3) un criterio de **Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo agrícola**, es decir el mas exigente.

Considerando como primer elemento el escenario humano, tanto para efectos cancerígenos y no cancerígenos, para el sitio S0109 (Sitio 3) no se ha determinado niveles se remediación (NRE). Dentro del escenario ecológico se determinaron también los NR para los CP en los cuales se haya estimado un Riesgo Probable, siendo el caso de la Fracción F2 (C10-C28) de Hidrocarburos.

Para el sitio S0109 (Sitio 3), 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 la Fracción F2, estimado en 1 200 mg/kg.

El Cuadro 5-9 presenta la superficie y volúmenes de suelo con valores para Fracción F2 mayores al nivel de remediación.

Cuadro 5-9 Área y volumen de suelo con valores de TPH (F2) mayores al NR requerido en el sitio S0109 (Sitio 3)

Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,90	336,58	302,92
Total		302,92

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

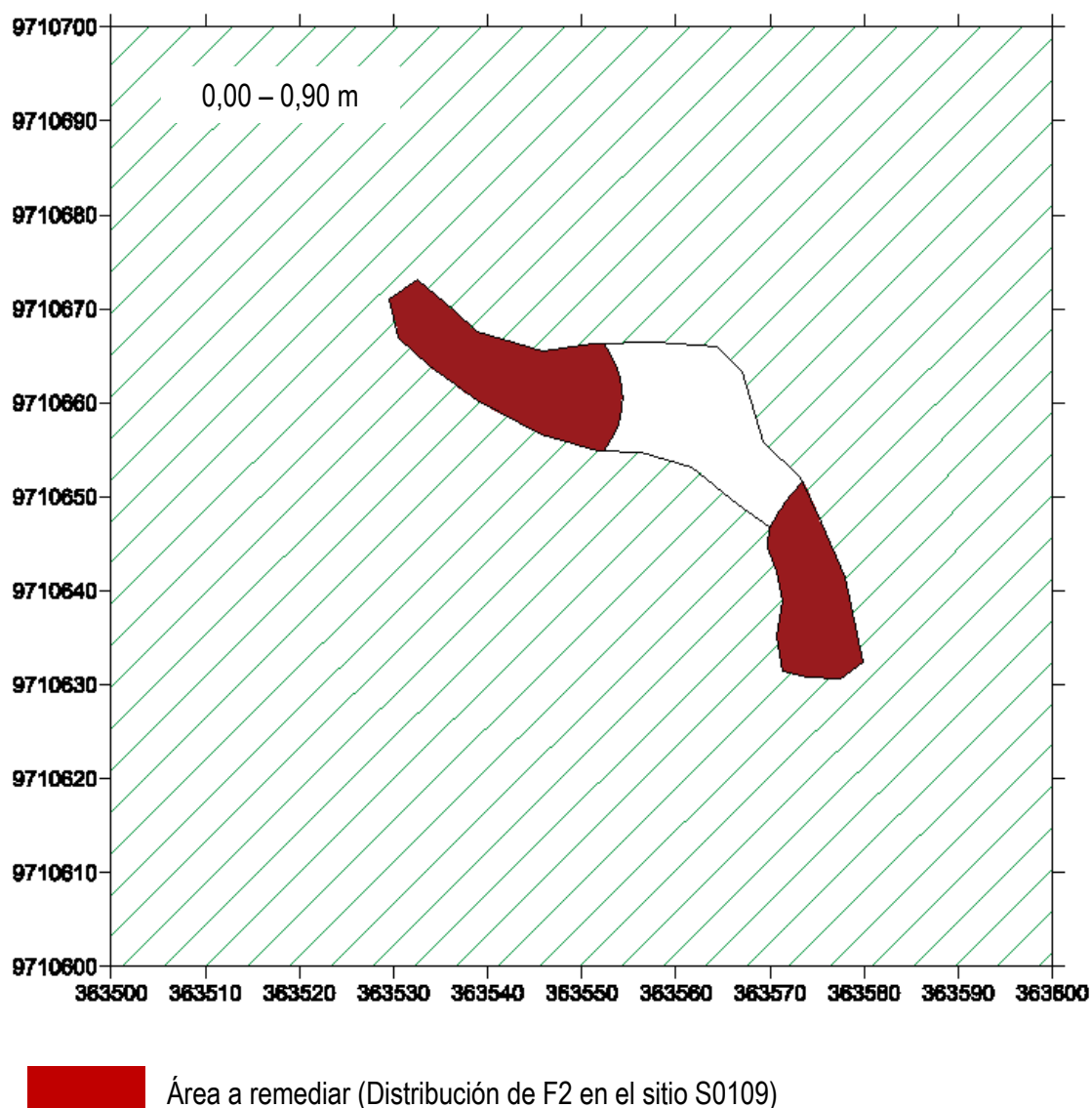
Para el sitio S0109 (Sitio 3) se propone remediar la capa del suelo que cubre un área de 336,58 m² hasta una profundidad de 0,9 m, que implicaría un volumen de 302,92 m³ de suelo, que representaría un peso de 605,84 t de suelo aproximadamente.

El área a remediar fue establecida de acuerdo a las isoconcentraciones presentadas en el capítulo de caracterización la cual fue modificada para presentar solo la zona de riesgo probable en el escenario ecológico, de acuerdo a los NR establecidos por el ERSA como se puede observar en la Figura 5-8, en cuanto a la profundidad a remediar se considero la profundidad máxima a la cual se encontró el contaminante, debido a que no se encontraron mayores cambios litoestratigraficos en el suelo hasta la profundidad explorada, es decir se conserva la misma clase textural tanto en el suelo contaminado como en el suelo no contaminado, por lo tanto no se observa ninguna barrera natural para que la contaminación no continúe penetrando en el subsuelo.

La Figura 5-8 representa la distribución espacial del área de suelo con TPH (F2 > 1 200 mg/kg) en el sitio S0109 (Sitio 3).

A este volumen de suelo será aplicada la técnica de aislamiento con geomembrana con un tratamiento previo de Estabilización / Solidificación

Figura 5-8 Distribución espacial del área de suelo a remediar (zona en rojo) con TPH (F2 > 1200 mg/kg) en el sitio S0109 (Sitio 3)



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

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 Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana.

- **Gabinete**
 - 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
 - Sulfatos, densidad, permeabilidad
 - Lixiviación potencial
 - Compresibilidad (resistencia)
- **Acciones de laboratorio (ensayos en campo-piloto)**
 - Pruebas lixiviación.

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 tipo bobcat, 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 centro de tratamiento, para ello se dispone de la carretera afirmada existente.

• 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 90 cm (suelo superficial) hasta completar el área de unos 336,58 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. En este sentido, es importante contar con un material de préstamo con características no permeables, este material puede ser proveniente del material excavado para la construcción del aislamiento con geomembrana, en caso de que cumpla con los parámetros requeridos.

• 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

- **Aplicación de la Estabilización / Solidificación**

En este caso se agregará una porción que podrá variar entre 6 y 12 % de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas descritas en el ítem 5.11, la mezcla suelo cemento se realizará sobre un área impermeabilizada como medida preventiva de contaminación del suelo superficial en el área de tratamiento.

- **Almacenamiento de suelo contaminado**

Cerca del sitio impactado o del área de aislamiento se debe disponer de un área de almacenamiento de suelo contaminado, considerando las normas y medidas respectivas. Este material estará almacenado temporalmente.

- **Aislamiento**

Se procede a la construcción de la aislamiento con la excavación del espacio, la preparación del suelo y la colocación de la geomembrana. El suelo retirado en la excavación será trasladado al sitio contaminado para rellenar el volumen retirado.

- **Cierre de aislamiento**

Una vez completada la colocación del suelo del sitio impactado en el espacio del aislamiento se procede al cierre de esta, colocando los sistemas de control de gases y la tubería para el monitoreo de posibles lixiviados.

- **Revegetación**

Una vez efectuado el cierre del aislamiento se procederá a completar el rasante de suelo con material de relleno (préstamo) y se revegetará con especies autóctonas. Igualmente, el sitio impactado será revegetado con especies típicas del herbazal de pantano.

5.6.3 Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.

Para la aplicación del método de rehabilitación en este caso Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana se requiere aplicar un conjunto de actividades que requerirán de las labores tanto de personal obrero como de operadores de equipo pesado, para esto se definieron 7 fases de aplicación (Movilización de equipos y materiales al sitio, Preparación del material in situ, Almacenamiento provisional del material contaminado, Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final, Aplicación del tratamiento de solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado, Cierre del aislamiento, Reposición de material en el sitio) los cuales se disgregan en el siguiente Cuadro 5-11.

Las cantidades indicadas consideran los volúmenes a remediar establecidos de acuerdo al ítem 5.6.1, en cuanto a los procesos se detallan en las especificaciones técnicas desarrolladas en el ítem 5.11.3 Especificaciones técnicas.

5.6.4 Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora

El esquema presentado en la Figura 5-9 contiene las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora considerando las fases planteadas para el desarrollo de la remediación.

Cuadro 5-10 Insumos y mano de obra y costos

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 del materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo tota 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	5 993,33	5 993,33	Embarcación	1,00	4 242,42	1,00	1,00	4 242,42	4 242,42	Obreros	3,00	120,00	3,00	360,00	360,00													
						Camionetas	2	363,64	1,00	3,00	1 090,91	1 090,91	Conductores	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00													
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio	SG	1,00	5 993,33	5 993,33	Embarcación	1,00	4 242,42	1,00	1,00	4 242,42	4 242,42	Obreros	3,00	120,00	3,00	360,00	360,00													
						Camionetas	2	363,64	1,00	3,00	1 090,91	1 090,91	Conductores	2,00	100,00	3,00	300,00	300,00													
Fase II: Preparación del material in situ																															
4	Excavación del material con maquinaria	m³	302,92	8,13	2 462,24	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP (oruga)	1,00	421,12	155,00	2,00	2,78	842,24	Operario	1,00	50,00	2,00	0,33	100,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	1,58	480,00							
						Cisterna	0,30	150,00	155,00	2,00	0,99	300,00	Conductores	1,00	50,00	2,00	0,33	100,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	1,58	480,00							
													Obrero	2,00	80,00	2,00	0,53	160,00													
5	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	2,00	30,00	60,00	1 Trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	2,00	36,36	72,73	Topógrafos	2,00	100,00	2,00	100,00	200,00													
6	Carguio del material	m³	302,92	7,83	2 372,00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	155,00	2,00	2,64	800,00	Operario	1,00	50,00	2,00	0,33	100,00	Combustible Diésel	l	288,00	1,50	1,43	432,00							
						Cisterna	0,30	150,00	155,00	2,00	0,99	300,00	Conductores	1,00	50,00	2,00	0,33	100,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	1,58	480,00							
													Obrero	2,00	80,00	2,00	0,53	160,00													
Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado																															
7	Construcción de techo tipo galpón	m²	187,63	54,84	10 289,58	Camión grúa 5 T	2,00	360,00	100,00	2,00	3,84	720,00	Obrero	6,00	240,00	2,00	2,56	480,00	Lona impermeable	m2	187,63	8,00	8,00	1 501,06							
													Operario	2,00	100,00	2,00	1,07	200,00	Plancha y conexión para fundación	Und	12,51	100,00	6,67	1 250,88							
																		Piezas de fierro para uniones	Und	250,18	4,00	5,33	1 000,71								
																		Vigas de Madera	m	456,57	5,00	12,17	2 282,86								
																		Pernos	Und	1 075,76	1,50	8,60	1 613,64								
																		Plástico	m²	155,05	8,00	6,61	1 240,42								
8	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	166,61	11,52	1 919,45	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	1,08	180,00	Obrero	6,00	240,00	1,00	1,44	240,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	166,61	2,00	2,00	333,21	Pala	3,00	9,59	0,17	28,77		
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	1 998,00	1,00	1,35	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	0,90	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,04	6,00	Pico	3,00	9,59	0,17	28,77		
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	0,61	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	0,42	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	1,30	216,00	Carretilla	3,00	44,93	0,81	134,79		
																		Tubos PVC 4" Ranurados	l	2,40	2,33	0,03	5,59								
																		Piedra Picada	m³	22,00	9,09	1,20	200,00								

Cuadro 5-10 Insumos y mano de obra y costos

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 del materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo tota de equipos menores (\$)	
																			Toldos	Und	5,00	51,52	1,55	257,58						
Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final																														
9	Excavación y conformación de taludes	m³	387,93	9,62	3 731,72	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP (oruga)	1,00	421,12	155,00	3,00	3,26	1 263,36	Operario	2,00	100,00	3,00	0,77	300,00	Combustible Diésel	l	480,00	1,50	1,86	720,00	Pala	2,00	9,59	0,05	19,18	
						Cisterna	0,30	150,00	155,00	3,00	1,16	450,00	Obrero	2,00	80,00	3,00	0,62	240,00	Combustible Diésel	l	480,00	1,50	1,86	720,00	Pico	2,00	9,59	0,05	19,18	
10	Compactación	m²	318,74	3,50	1 115,64	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	1 000,00	1,00	0,83	265,28	Operario	2,00	100,00	1,00	0,31	100,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	0,60	192,00	Pala	2,00	9,59	0,06	19,18	
						Cisterna	0,40	200,00	1 000,00	1,00	0,63	200,00	Obrero	2,00	80,00	1,00	0,25	80,00	Combustible Diésel	l	160,00	1,50	0,75	240,00	Pico	2,00	9,59	0,06	19,18	
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	4,00	30,00	120,00	1 Trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	4,00	36,36	145,45	Topógrafos	2,00	100,00	4,00	100,00	400,00												
12	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante	m²	350,61	8,21	2 880,15	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	0,51	180,00	Obrero	6,00	240,00	1,00	0,68	240,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	350,61	2,00	2,00	701,23	Pala	3,00	9,59	0,08	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	1 998,00	1,00	0,64	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	0,43	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,02	6,00	Pico	3,00	9,59	0,08	28,77	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	0,29	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	0,20	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	0,62	216,00	Carretilla	3,00	44,93	0,38	134,79	
																			Piedra Picada	m³	6,00	9,09	0,16	54,55						
13	Colocación de tubería ranurada	m	3,40	60,62	206,11	Cortador de tubos 4"	1,00	127,27	60,00	1,00	331,55	1 127,27	Obrero	4,00	160,00	0,85	40,00	136,00	Tubería Ranurada	m	3,40	2,12	2,12	7,21						
														Supervisor	1,00	70,00	0,85	17,50	59,50											
Fase V: Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado																														
14	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	55,54	31,99	1 776,84	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	3,24	180,00	Obrero	6,00	240,00	1,00	4,32	240,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m2	55,54	2,00	2,00	111,07	Pala	3,00	9,59	0,52	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	2 000,00	1,00	4,05	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	2,70	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,11	6,00	Pico	3,00	9,59	0,52	28,77	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	1,83	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	1,26	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	3,89	216,00	Carretilla	3,00	44,93	2,43	134,79	
																		-	Piedra Picada	m³	3,03	9,09	0,50	27,55						
15	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado	m³	387,74	229,24	88 886,20														Toldos	Und	5,00	51,52	4,64	257,58						
						Excavadora sobre orugas cap. 1,3 YD3	1,00	614,56	155,00	3,00	4,75	1 843,68	Obreros	4,00	160,00	3,00	1,24	480,00	Cemento	Bolsas	1 796,14	6,88	31,87	12 357,43	Pala	4,00	9,59	0,10	38,36	
						Cargador sobre orugas 2 YD3	1,00	542,96	155,00	3,00	4,20	1 628,88	Supervisor	1,00	70,00	3,00	0,54	210,00	Agua	l	63,61	0,02	0,00	1,16	Carretilla	4,00	44,93	0,46	179,72	
						Vibrador de concreto	2,00	28,99	155,00	3,00	0,22	86,98	Operario	3,00	150,00	3,00	1,16	450,00	Combustible Diésel	l	47 740,00	1,50	184,69	71 610,00						
Fase VI: Cierre de la celda de confinamiento																														
16	Estudio de préstamo	SG	1,00	10000	10 000,00																									
17	Colocación y compactación de 0,40 m de suelo arcilloso	m³	129,60	14,86	1 925,94	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	155,00	1,00	2,05	265,28	Operario	1,00	50,00	1,00	0,39	50,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	1,48	192,00	Pala	3,00	9,59	0,22	28,77	

Cuadro 5-10 Insumos y mano de obra y costos

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 del materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo tota de equipos menores (\$)	
						Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP (oruga)	1,00	421,12	155,00	1,00	3,25	421,12	Operario	1,00	50,00	1,00	0,39	50,00	Combustible Diésel	I	160,00	1,50	1,85	240,00	Pico	3,00	9,59	0,22	28,77	
						Cisterna	0,40	200,00	155,00	1,00	1,54	200,00	Obrero	4,00	160,00	1,00	1,23	160,00	Combustible Diésel	I	160,00	1,50	1,85	240,00						
													Conductor	1,00	50,00	1,00	0,39	50,00												
18	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante	m²	388,80	5,55	2 158,25	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	0,46	180,00	Obrero	6,00	240,00	1,00	0,62	240,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	388,80	2,00	2,00	777,60	Pala	3,00	9,59	0,07	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	1 998,00	1,00	0,58	224,88	Operario	3,00	150,00	1,00	0,39	150,00	Combustible Diésel	I	4,00	1,50	0,02	6,00	Pico	3,00	9,59	0,07	28,77	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	0,26	101,44	Supervisor	1,00	70,00	1,00	0,18	70,00	Combustible Diésel	I	144,00	1,50	0,56	216,00	Carretilla	3,00	44,93	0,35	134,79	
19	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar	m³	213,84	4,21	901,12	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP (oruga)	1,00	421,12	300,00	1,00	1,97	421,12	Operario	1,00	50,00	1,00	0,23	50,00	Piedra Picada	m³	22,00	9,09	0,51	200,00						
													Obrero	4,00	160,00	2,00	1,50	320,00												
20	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	2,00	30,00	60,00	1 Trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	2,00	36,36	72,73	Topógrafos	2,00	100,00	2,00	100,00	200,00												
21	Revegetación	m²	388,80	6,88	2 676,61								Obrero	4,00	160,00	3,00	1,23	480,00	Plantas	Und	194,40	10,61	5,30	2 061,82	Carretilla	3,00	44,93	0,35	134,79	
Fase VII: Reposición de material en el sitio																														
22	Carguio del material de préstamo	m³	302,92	4,40	1 332,00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	155,00	2,00	2,64	800,00	Operario	1,00	50,00	2,00	0,33	100,00	Combustible Diésel	I	288,00	1,50	1,43	432,00						
23	Traslado del Material hasta el sitio	m³	302,92	16,80	5 088,00	Camión volteo de 10 a 12 m3	2,00	1 320,00	144,00	3,00	13,07	3 960,00	Conductor	2,00	80,00	3,00	0,79	240,00	Combustible Diésel	I	432,00	1,50	2,14	648,00						
													Obreros	2,00	80,00	3,00	0,79	240,00												
24	Colocación y compactación del material en el sitio	m³	302,92	6,62	2 004,80	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	2,00	842,24	310,00	1,00	2,78	842,24	Operario	2,00	100,00	1,00	0,33	100,00	Combustible Diésel	I	160,00	1,50	0,79	240,00						
						Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	2,00	530,56	310,00	1,00	1,75	530,56	Operario	2,00	100,00	1,00	0,33	100,00	Combustible Diésel	I	128,00	1,50	0,63	192,00						
25	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	3,00	136,36	409,09	1 Trípode - 2 Bastón con prisma - 2 Porta prisma - 2 Prisma	1,00	36,36	1,00	3,00	36,36	109,09	Topógrafos	2,00	100,00	3,00	100,00	300,00												
Permisología																														
26	Autorización de Uso de Agua	Und	1,00	1 212,12	1 212,12																									
27	Autorización sanitaria del sistema de tratamiento y disposición final de aguas residuales domésticas con infiltración en el terreno.	Und	1,00	1 726,03	1 726,03																									
28	Autorización de desbosque (Incluye estudio para el permiso)	Und	1,00	5 633,33	5 633,33																									
29	Autorización de ejecución de obra	Und	1,00	1 300,00	1 300,00																									

Cuadro 5-10 Insumos y mano de obra y costos

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 del materiales (\$)	Equipos menores	Cantidad	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Costo tota de equipos menores (\$)
30	Autorización uso de suelos para confinamiento	Und	1,00	30 000,00	30 000,00																								
	Seguridad																												
31	Personal	Dia	35,00	110,00	3 850,00								Supervisor	1,00	70,00	35,00	70,00	2 450,00											
														Enfermero	1,00	40,00	35,00	40,00	1 400,00										
32	Señalizaciones de seguridad	SG	1,00	773,33	773,33														Cinta de seguridad 400 m	Rollo	2,00	40,00	80,00	80,00	Banderillas	10,00	1,82	18,18	18,18
																									Megáfonos	2,00	45,45	90,91	90,91
																									Conos 18"	20,00	6,06	121,21	121,21
																									Radios	5,00	60,61	303,03	303,03
																									Señalizaciones	40,00	4,00	160,00	160,00
33	Equipos de protección personal	MO	109,00	75,10	8 185,90																				Casco	109,00	24,24	24,24	2 642,16
																									Botas	109,00	16,66	16,66	1 815,94
																									Guantes	109,00	15,15	15,15	1 651,35
																									Mascarillas	109,00	13,03	13,03	1 420,27
																									Lentes	109,00	2,42	2,42	263,78
																									Chaleco	109,00	3,60	3,60	392,40
34	Insumos Médicos / Primeros auxilios	SG	1,00	5 000,00	5 000,00																								
	Logística																												
35	Personal logístico	Dia	35,00	140,00	4 900,00								Logístico	1,00	70,00	35,00	70,00	2 450,00											
														Almacenero	1,00	70,00	35,00	70,00	2 450,00										
36	Alquiler de almacén en Andoas	Día	30,00	150,00	4 500,00																								
37	Comedor y servicios 32 personas	Día	35,00	327,27	11 454,55								Campamento	27,00	12,12	35,00	327,27	11 454,55											
38	Alojamiento 12 personas	Día	35,00	72,73	2 545,45								Alojamiento	12,00	6,06	35,00	72,73	2 545,45											
39	Traslado de personal	Día	35,00	776,13	27 164,55	Camionetas	4	727,27	1,00	30,00	623,38	21 818,18							Combustible Diésel	I	1 140,00	1,50	48,86	1 710,00					
40	Mantenimiento de vías	Dia	2,00	1 178,55	2 357,11	Retroexcavadora, con capacidad de cucharón 0,5 m3	1,00	400,00	1,00	2,00	400,00	800,00	Operario	3,00	150,00	2,00	150,00	300,00	Combustible Diésel	I	288,00	1,50	216,00	432,00					
						Cisterna	0,30	27,27	1,00	2,00	27,27	54,55	Obrero	3,00	120,00	2,00	120,00	240,00											
						Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	1,00	2,00	265,28	530,56																	
41	Stand by	Día	1,00	2 839,90	2 839,90																								
42	Contingencia	SG	1,00	13 055,76	13 570,23																								
	COSTO TOTAL DEL TRATAMIENTO POR E/S					284 974,91																							

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

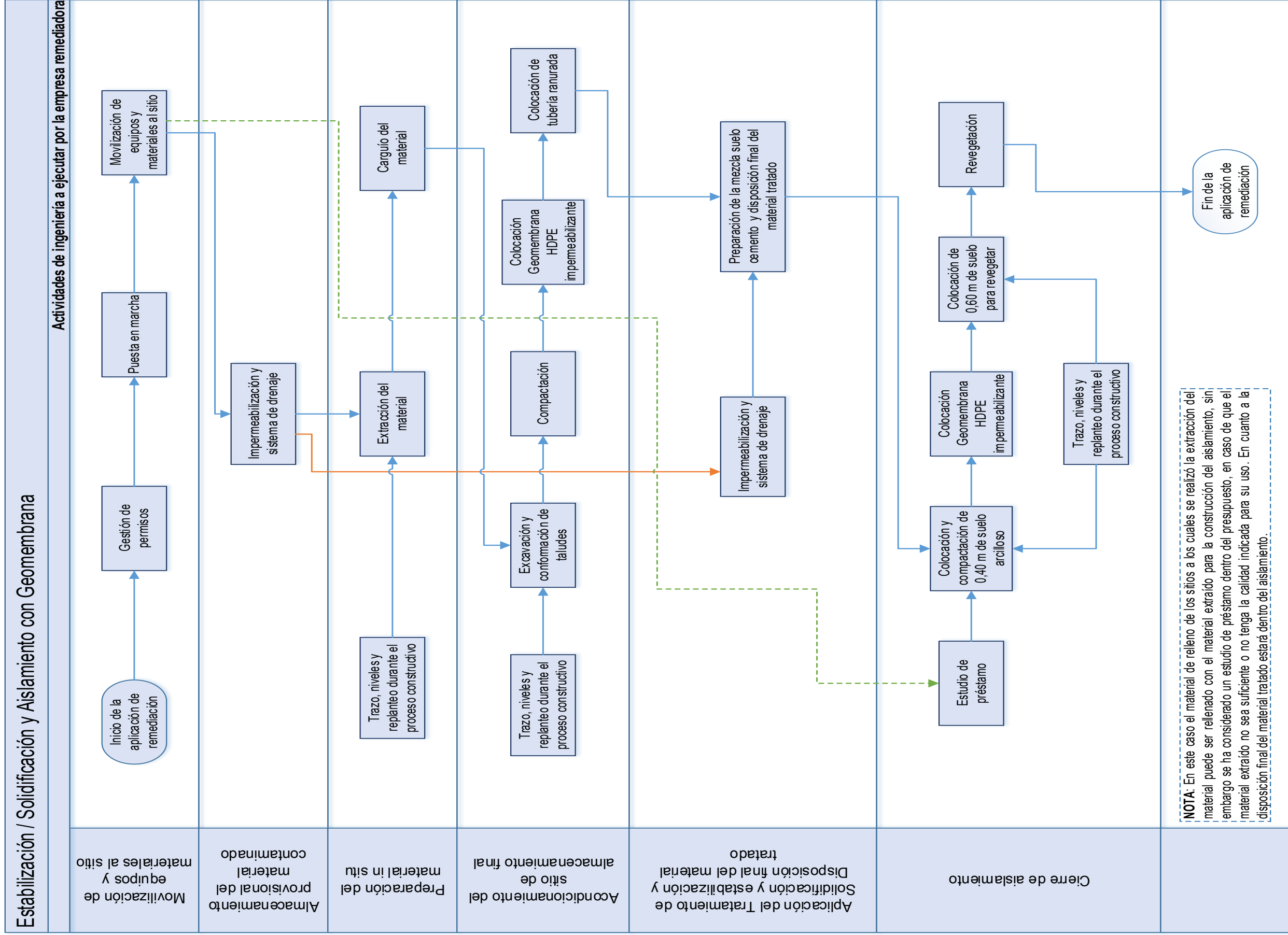
Cuadro 5-11 Resumen de personal para la ejecución de la remediación

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Supervisor	Supervisar la ejecución de las actividades según el rol que desempeñe	4
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	1
Topógrafo	Se encargará de todas las mediciones topográficas, durante movimientos de tierra y compactación del terreno.	4
Operario	Realizará las labores de operación de equipos y maquinaria pesada para el desarrollo de las actividades	17
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	30
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

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 5-31, donde se detalla la cantidad global de trabajadores por actividad. Los trabajadores deberán estar habilitados, con exámenes médicos, vacunas y SCTR.

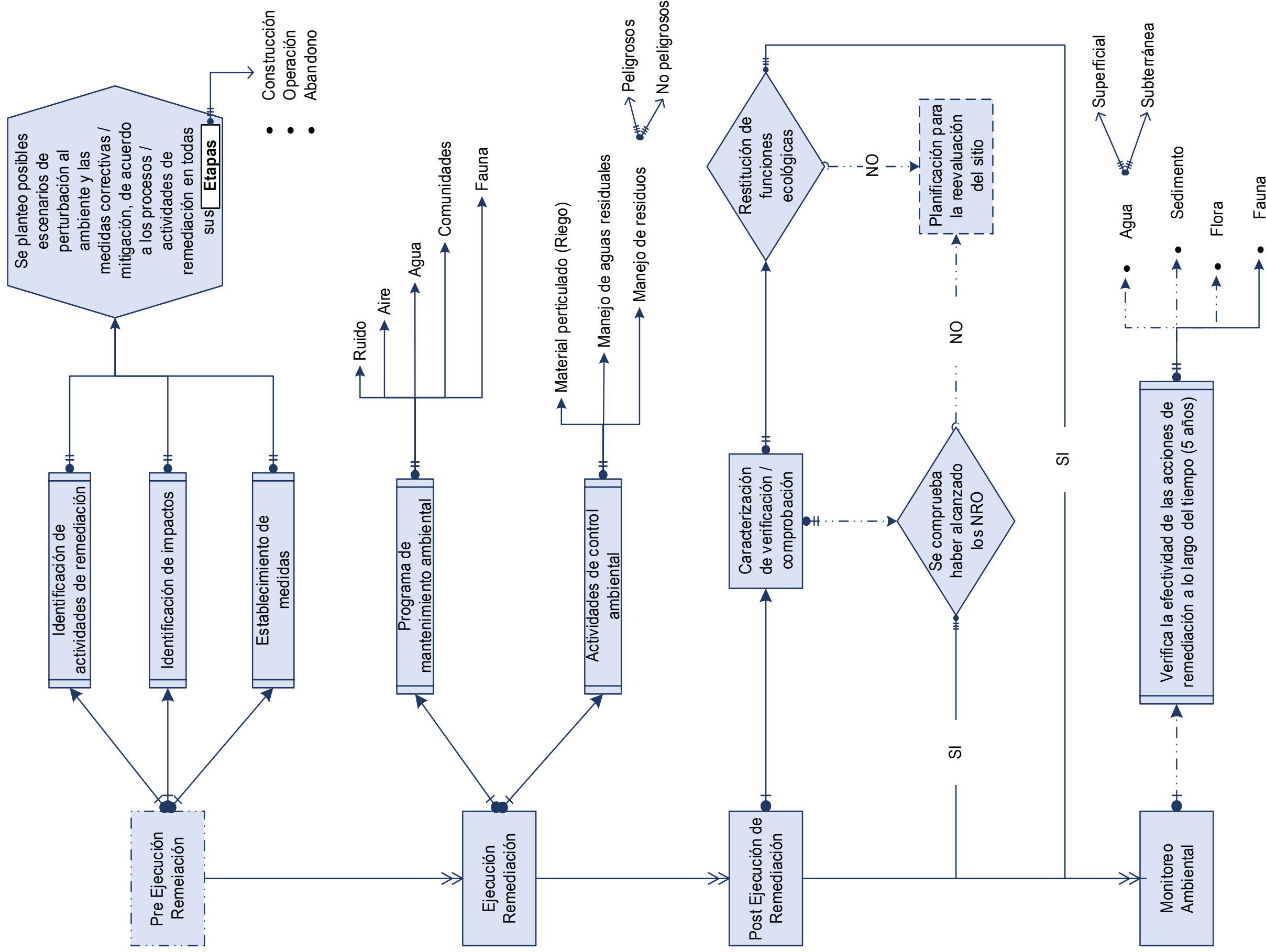
Figura 5-9 Esquema de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora



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

Figura 5-10 Flujoograma de actividades del PMA

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL



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

Cuadro 5-12 Actividades asociadas a la remediación

Actividad	Descripción
Fase I: Movilización y desmovilización de equipos y materiales al sitio	Esta actividad se desarrolla, la planificación, proyección, ajuste de cronograma así como todo lo necesario para la puesta en marcha del proyecto, así como el traslado de los equipos hasta el sitio de rehabilitación, incluyendo la movilización fluvial y terrestre
Fase II: Preparación del material in situ	En esta etapa se realizará la excavación y carguío manual del material contaminado, utilizando carretillas, baldes y/o sacos que facilitará el traslado del material hasta el sitio de almacenamiento provisional destinado para tal fin, el material será apilado hasta una altura de 2,00 a 2,50 m
Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado	En esta fase se realizará la construcción del almacén provisional el cual constará de una impermeabilización con geomembrana y será techado a través de toldos, el suelo extraído será colocado de forma manual por personal obrero utilizando carretillas
Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final	Posterior a la excavación del material contaminado se realizará una excavación para la construcción del aislamiento, de acuerdo con el volumen inicial a remediar, adicionando los porcentajes de cal, cemento y agua correspondientes al tratamiento de estabilización / solidificación, una vez realizada la excavación se procederá al compactado de la superficie lo que aumentará la característica impermeable del suelo in situ, seguidamente se colocará una geomembrana impermeabilizante y la tubería para el control de gases y lixiviado
Fase VI: Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado	En esta fase se realizará la construcción de un área techada a través de toldos e impermeabilizada, donde se realizará la mezcla de suelo, así mismo se ejecutará la mezcla y disposición final del suelo contaminado ya tratado, lo que constituye la aplicación de la estabilización / solidificación
Fase V: Cierre del aislamiento	Una vez colocado el material estabilizado / solidificado dentro del aislamiento, se procederá al cierre de la misma, inicialmente se requiere disponer de un volumen de préstamo, el cual será útil para la colocación de una primera capa de 40 cm de suelo arcilloso el cual constituye una primera impermeabilización, posterior a esto se colocará una geomembrana impermeabilizante, sobre la cual se colocarán 60 cm de suelo para revegetar y por último se procederá a revegetar
Permisología	Este aparte contiene todos los temas relacionados con los permisos necesarios para realizar las actividades de remediación
Seguridad	Este aparte contiene lo concerniente a la seguridad tanto de los trabajadores como de los procesos de remediación
Logística	Este aparte contiene lo concerniente a la alimentación, traslado de personal y alojamiento

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

5.6.5 Descripción de los residuos y/o emisiones

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.

A) Residuos sólidos

Durante el proceso de remediación del sitio S0109 (Sitio 3) 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 considerado una generación por persona de 0,57 kg/hab-día (correspondiente a la generación por persona de la región Loreto) y una demanda promedio de 29 trabajadores durante 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/m³)	Volumen (m³)	Generación Total (kg)	Volumen m3 total
0,57*	29	16,53	495,9	250,0	1,9	619,8	2,47

* Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios para la región de Loreto (MINAM).

** Generación total durante los dos (1,25) 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 una demanda promedio de 29 trabajadores y que el 80 % se convertirá en efluente doméstico, conforme a lo especificado en la Norma Técnica Peruana 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 (m³/día) *	Efluentes domésticos (m³/día) **
80 *	29	2,3	1,856

* Dotación de agua para selva (MVCS, 2011).

** Se considera que el 80% del agua consumida se convertirá en efluente doméstico (NORMA TÉCNICA OS.100).

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

• Aguas residuales industriales

El lixiviado de los aislamientos con geomembrana se generaría como consecuencia de la infiltración proveniente de las frecuentes las precipitaciones locales, así como por el fenómeno de evapotranspiración, característico del clima tropical de selva.

Se prevé que el volumen de generación de lixiviado será mínimo, dado que el suelo afectado será estabilizado (con cal) y mezclado con un agente solidificante (cemento), para posteriormente ser secado y confinado en los aislamientos protegidos por una geomembrana.

Aun cuando es poco probable la generación de efluentes (lixiviados) en los aislamientos, se contempla un plan de manejo para éstas.

C) Emisiones

Las principales fuentes que originarían emisiones de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) son las asociadas al acondicionamiento de los aislamientos (movimiento de tierras), excavación del suelo contaminado y el aislamiento del suelo tratado en los aislamientos. Asimismo, las asociadas a emisiones de gases de combustión de combustible (CO, NO₂ y SO₂) serían por el tránsito de vehículos y el funcionamiento de maquinaria pesada (excavadora, retroexcavadoras), sin embargo, los impactos señalados son de carácter negativo, de extensión puntual, de momento fugaz, y reversibles a corto plazo.

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

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

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: MINISTERIO DE AGRICULTURA;
- Reconocimiento Arqueológico: MINISTERIO DE CULTURA;
- Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA)- MINISTERIO DE CULTURA (en caso aplique) y;
- Permiso de extracción de materiales de construcción: MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (DGM). (en caso aplique).

5.7.2 Identificación de Impactos Ambientales

Preliminarmente, es importante identificar las actividades y en consecuencias los aspectos ambientales del proceso de remediación: “Estabilización-Solidificación y Aislamiento con geomembrana” a aplicarse en el sitio S0109 (Sitio 3) 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	Actividades Generales: - Movilización de equipos y materiales - Armado de campamento temporal Acondicionamiento de los aislamientos con geomembrana ex situ - Excavación y conformación de taludes - Compactación - Colocación del geotextil y sistemas de drenaje

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	- Extracción del suelo contaminado - Carguío de material - Colocación del material en el aislamiento y vibración del concreto

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	Para la aislamiento con geomembrana: - Recubrimiento del aislamiento - Revegetación - Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria pesada - Recolección de efluentes y residuos

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 S0109 (Sitio 3).

Cuadro 5-19 Componentes y factores ambientales

Componente	Factor Ambiental	
Físico	Topografía y Paisaje	Topografía
		Calidad Visual
	Calidad de Aire	Material Particulado

Cuadro 5-19 Componentes y factores ambientales

Componente	Factor Ambiental	
		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
Socio-económico		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 S0109 (Sitio 3).

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-		RIESGOS	
	FACTOR AMBIENTAL		Topografía y Paisaje		Calidad de Aire		Ruido	Recurso Hídrico Superficial		Recurso Hídrico Subterráneo		Suelo		Flora Terrestre	Fauna Terrestre	Flora y Fauna Acuática	Económico		Ambientales
	SITIO S0109 (Sitio 3)		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: AISLAMIENTO CON GEOMEMBRANA y SOLIDIFICACIÓN/ESTABILIZACIÓN																		
	ACTIVIDADES																		
CONSTRUCCIÓN	Actividades Generales	Movilización de equipos y materiales		-	-	-	-								-		+	+	Derrame de combustible al suelo
		Armado de campamento temporal		-	-		-		-					-	-		+	+	Accidentes de tránsito
	Acondicionamiento de los aislamientos	Excavación y conformación de taludes / Compactación	-	-	-		-							-	-		+	+	
		Colocación de geotextil y sistema de drenaje					-								-		+	+	
OPERACIÓN	Estabilización / Solidificación	Extracción del suelo contaminado			-		-		-					-	-	-	+	+	Lesiones personales
		Carguío de material			-		-							-	-		+	+	Accidentes de tránsito
		Colocación de material en aislamiento			-	-	-							-	-				
ABANDONO	Para la aislamiento con geomembrana	Recubrimiento del aislamiento	+		-		-					+	+	+	+		+	+	Derrame de combustible al suelo
		Revegetación	+	+	-				+			+	+	+	+		+	+	Accidentes de tránsito
		Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria		+	-		-								-		+	+	Lesiones personales
		Recolección de efluentes y residuos		+	-	-	-										+	+	

Leyenda:

+	Potencia Impacto Positivo Directo
+	Potencia Impacto Positivo Indirecto
-	Potencia Impacto Negativo Directo
-	Potencia Impacto Negativo Indirecto
	No se genera impacto

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

D) Impactos ambientales a mitigar

El Cuadro 5-20, presenta los impactos ambientales en las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0109 (Sitio 3) 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 superficial (+ / -)
- 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 (+ / -)

Componente social

- Contratación de mano de obra local (+)
- Mejora de la percepción de los grupos de interés (+)

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 excavación de material contaminado, y la conformación de taludes del aislamiento en la etapa de construcción y el funcionamiento de maquinaria pesada (emisiones vehiculares) en la etapa de operación.

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, post recubrimiento del aislamiento con geomembrana y revegetación, que conlleva asimismo un impacto positivo en el componente biológico flora.

5.7.2.1 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

5.7.2.2 Programa de manejo de instalaciones auxiliares

Durante la operación de las técnicas de remediación, se demandará habilitar un campamento, que será utilizado durante las actividades de remediación en el sitio S0109 (Sitio 3), para ello se debe tener en cuenta lo listado a continuación:

- Las instalaciones eléctricas provisionales deberán ser ejecutadas y mantenidas por personal calificado.
- La evaluación de excretas será mediante letrinas sanitarias, las cuales deberán ser diseñadas en función a la cantidad de trabajadores.
- El campamento temporal 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).

5.7.2.3 Programa de manejo de paisaje visual

- El suelo contaminado excavado será dispuesto en un lugar cercano al sitio impactado para su estabilización.
- El área final excavada será cubierta con geomembrana y será revegetada con especies autóctonas.

5.7.2.4 Programa de manejo de ruido ambiental y calidad de aire

- Durante la fase de construcción, operación y abandono se prevé la emisión de material particulado producto del traslado del equipo y maquinaria pesada, asimismo durante las labores de excavación.
- Para mitigar estos impactos, se contempla algunas medidas: los caminos serán rociados con agua (cerca a las comunidades nativas y áreas de trabajo) para evitar la dispersión de material particulado.
- Se aplicarán límites máximos de velocidad en trochas carrozables que crucen cerca a las comunidades nativas.
- Las actividades de mezclado del suelo contaminado y del cemento serán realizadas (100% del volumen total) sobre una geomembrana.
- Se utilizará vehículos y maquinaria pesada que cuente inspección técnica vigente.
- Durante el manejo de vehículos se reducirá el uso de claxon.

- Los generadores eléctricos 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.

5.7.2.5 Programa de manejo del recurso suelo

- El *topsoil* debe ser recuperado y no mezclado con ningún otro tipo de material durante los trabajos de movimiento de tierras, solo en caso de tener evidencia de no presentar alguna contaminación.
- El mismo será utilizado para los trabajos de revegetación durante la etapa de abandono.

5.7.2.6 Programa de manejo del recurso hídrico

- 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.
- La demanda de agua para uso industrial será para actividades como el riego de trochas carrozables y la preparación de concreto. Se plantea que el volumen de agua necesario para estas actividades será proporcionado por la operadora del lote petrolero, dado que esta cuenta con puntos de captación de agua para uso industrial, autorizados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con esta medida se reduciría el tiempo de espera en la gestión de permisos.
- El abastecimiento de agua para uso doméstico, específicamente para la preparación de alimentos, será a través de agua embotellada.

5.7.2.7 Programa de manejo de flora y fauna terrestre

- 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.

5.7.2.8 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 S0109 (Sitio 3).

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.
 - o Contará con extintores contra incendios.
 - o Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
 - o 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.

5.7.2.9 Programa de relaciones comunitarias

El plan de relaciones comunitarias se enmarcará en tres (3) lineamientos básicos para el correcto desempeño de las medidas de remediación del Sitio S0109 (Sitio 3):

- 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.

5.7.2.10 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 5-21 (Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales), los cuales son:

- Fuga o derrame de sustancias peligrosas (hidrocarburos)
- Accidentes de tránsito terrestre y fluvial
- 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 S0109 (Sitio 3), 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.

5.8.1.1 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 RR.SS.

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

- **Peligrosos**

Similarmenre, 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: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 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.
Papel, cartón, plásticos contaminados con aceite, solvente, otros.	

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

B) Segregación

Para realizar una adecuada segregación de los residuos generados en el proceso de remediación del sitio S0109 (Sitio 3), 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. 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 (02) 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 S0109 (Sitio 3) 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 (1100 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 S0109 (Sitio 3), 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.

5.8.1.2 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 S0109 (Sitio 3), las fuentes de generación de aguas residuales domésticas se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 5-28 Fuentes y medidas de manejo de afluentes

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).

B) Efluentes industriales y Agua de Contacto

El aislamiento con geomembrana, donde se dispondrá el suelo solidificado y estabilizado, contará con un sistema de captación de efluentes industriales (lixiviados) y agua de contacto, y su respectivo tanque de efluentes, el cual será monitoreado de acuerdo con el Plan de Monitoreo de Efluentes.

El aislamiento tendrá un sistema de captación de efluentes, que constará de una tubería de PVC de 4" y será colocada en el punto más bajo de la misma, con una pendiente a los lados que asegure que toda el agua de filtración sea drenada hacia la tubería.

Los efluentes y/o agua de contacto será tratada como efluente y su disposición final estará a cargo de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS).

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

No se tiene previsto realizar un monitoreo de la calidad de aire y de niveles de ruido para el Sitio S0109 (Sitio 3), debido a que la magnitud de la excavación generaría impactos no significativos, que serán mitigados con las medidas de manejo ambiental propuestos.

5.9.2 Programa de Monitoreo de la Revegetación

Se tiene previsto realizar un monitoreo de la revegetación, los parámetros a ser se presentan en el Cuadro 5-29, el cual ha sido elaborado en base a la Guía de Restauración de Ecosistemas Forestales y Otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre.

Cuadro 5-29 Parámetros de evaluación

Atributo/Indicador	Frecuencia de medición
Cobertura de herbáceas/gramíneas	3 meses
Sobrevivencia	3 meses /anual (hasta un máx. de 1 años)
Densidad y diversidad	3 meses/anual (hasta un máx. de 1 años)
Microclima: temperatura, humedad relativa	3 meses/anual (hasta un máx. de 1 años)

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

5.10 Plan de Muestreo de comprobación o verificación.

La Guía de muestreo de suelos contempla que, en el caso del uso de técnicas de aislamiento con geomembrana, se pueda utilizar un número mínimo de puntos, como en el caso de muestreo de identificación.

Cuadro 5-30 Cálculo del número de sondeos total

Código OEFA	Volúmenes para remediar (m3)	Área a remediar (m2)	Número sondeos	Consideraciones Técnicas
S0109 (Sitio 03)	79,29 m3	88,1	4 sondeos	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.

Dado que en el sitio impactado S0109 (Sitio 3), todo el suelo contaminado será removido, se propone un porcentaje de muestras para análisis del material de préstamo (aproximadamente 5 muestras adicionales a las consideradas), las cuales deberán ser tomadas y analizadas antes de rellenar el volumen retirado en el mismo sitio.

Cuadro 5-31 Parámetros a monitorear en suelos

Grupo	Parámetro
Orgánicos	TPH
Inorgánicos	Metales

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:

Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana

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.

Fase II

En la fase II se retirará el material contaminado (302,92 m³ que corresponde al 100% del 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, la excavadora a usar en este caso debe llegar o superar a la máxima profundidad de excavación que corresponde a 0,90 m.

Paralelamente se realizará el carguío de dichas pilas hasta el área de almacenamiento provisional, 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, lo que asegurará la eficiencia de la actividad, el material será acopiado en pilas de 2,50 a 3,00 m de altura.

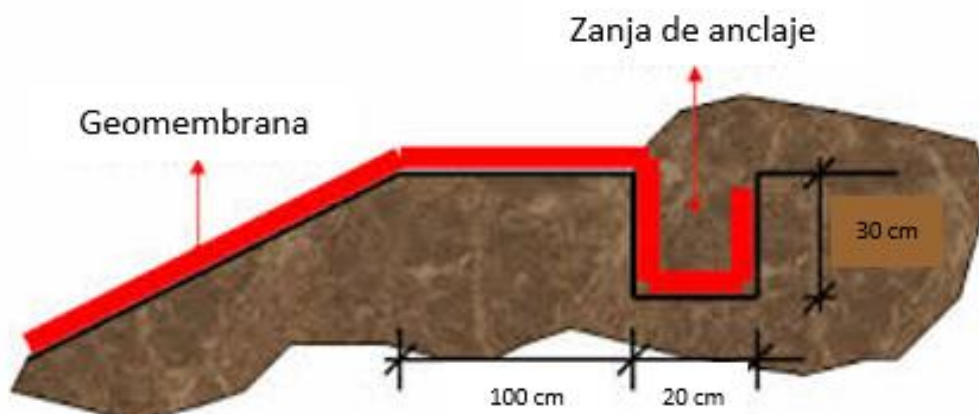
Para esta actividad se requerirán dos operarios de maquinarias pesadas, así como la disposición de combustible en la zona para el funcionamiento de las maquinarias.

Fase III

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 (Figura 5-12), 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 toldos de lona, las dimensiones del almacenamiento será de 15 x 11,5 m para cubrir aproximadamente 187,6 m².

Figura 5-11 Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)



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

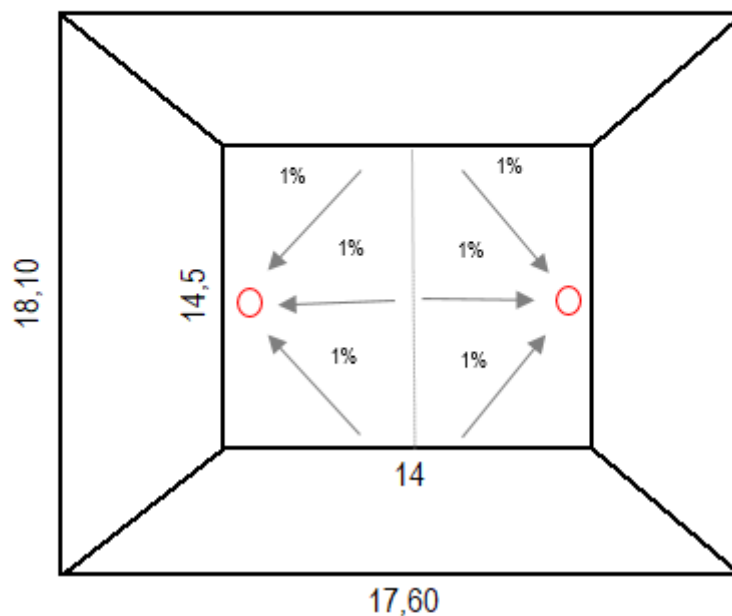
Fase IV

Consiste en la preparación del almacenamiento final, se trata de un área que será excavada e impermeabilizada garantizando que el suelo contaminado no se encuentre en contacto con el suelo no contaminado, para la impermeabilización se colocará una geomembrana HDPE impermeabilizante de 1,5 mm, que será anclada a través de zanjas de 0,30 x 0,50 m que serán rellenas con piedra chancada, y por último se instalará una tubería ranurada para control de gases y lixiviados después de la construcción.

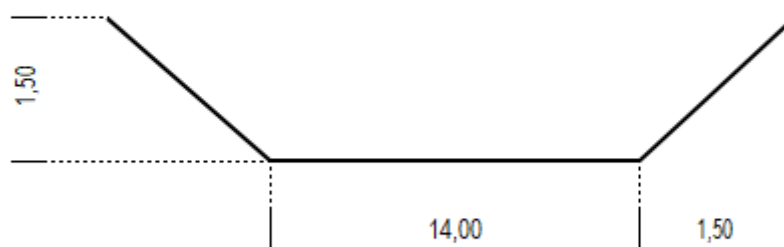
En este caso las dimensiones del aislamiento se realizarán de acuerdo a la siguiente figura, dichas dimensiones han sido adaptadas de acuerdo al volumen de material que se espera almacenar.

Figura 5-12 Configuración del aislamiento

Vista en planta



Vista lateral



Area= 318,74 m²
volumen= 387,93 m³

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

Fase V

En primer lugar, esta fase consiste en el acondicionamiento de un área para la actividad de mezclado, esto por medio de la impermeabilización (colocación de membrana HDPE) y techado (colocación de toldos) en dicha área.

Consiste en la aplicación del método de solidificación por medio de la preparación de la mezcla suelo cemento y un tratamiento inicial con cal (agregando de 5 a 10 %) para estabilizar el pH del suelo, para esto se ha considerado el mezclado (suelo, cemento, cal, agua) de forma manual por apoyos locales por medio de palas, la mezcla será realizada sobre un área previamente

impermeabilizada, para carguío del material se contará igualmente con apoyos locales los cuales trasladarán la mezcla por medio de carretillas hasta el aislamiento. La mezcla será vibrada para obtener la homogeneidad de la mezcla a través de equipos vibradores los cuales trabajaran en simultaneo.

En cuanto a la dosificación de la mezcla existen investigaciones realizadas donde se han encontrado distintos rangos de cemento a agregar, los cuales varían de 6 a 30 %. Estos porcentajes varían de acuerdo a un segundo agregado que puede ser, silicato de sodio^{sss}, bagazo de caña de azúcar^{ttt} y escoria^{uuu}.

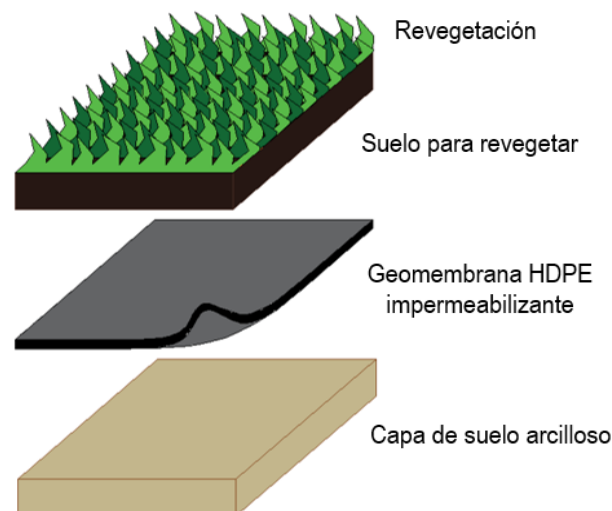
Las referencias anteriores indican dosificaciones de cemento más un compuesto adicional que permite aminorar el contenido de cemento y con ello el costo de la solidificación, sin embargo, hay registros de la aplicación del método solo agregando cemento Portland en 8 % del suelo húmedo en peso, de acuerdo con Charles M^{vvv}.

Fase VI

La clausura del aislamiento se realizará colocando una capa inicial de suelo arcilloso con espesor de 0,40 m, el cual será compactado; esta primera capa funcionará como aislante natural, sobre esta se colocará una geomembrana HDPE impermeabilizante; lo que reforzará la capa aislante de material natural, posteriormente se dispondrá una capa de 0,60 m de suelo para revegetar, la ejecución de las actividades anteriores será monitoreadas a través de mediciones topográficas para garantizar el diseño planteado.

Como última actividad se considera la revegetación a través de la plantación de especies pequeñas o medianas, en las que las raíces no ocasionen daños a las capas impermeables antes colocadas.

Figura 5-13 Estructura de cierre del aislamiento



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

^{sss} State of Practice Report Uk Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Binders & Technologies – Part I Basic Principles, Cambridge University Engineering Department, Cambridge, UK

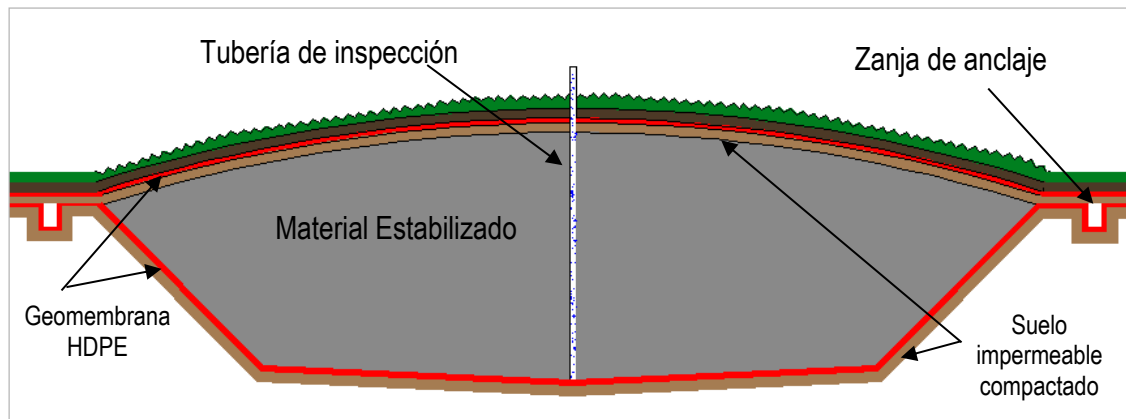
^{ttt} Solidification–stabilization of organic and inorganic contaminants using portland cement: a literature review Santanu Paria and Pak K. Yuet

^{uuu} Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization, The Interstate Technology & Regulatory Council Solidification/Stabilization Team, 2011

^{vvv} Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities, Charles M. Wilk, LEHP, QEP

Deberá garantizarse en el acabado final del aislamiento que no se produzca depresión del terreno por consolidación en la superficie; para ello se deberá tomar la previsión de nivelar la topografía final de la fosa en forma de promontorio (convexa). Figura 5-15.

Figura 5-14 Sección esquemática de la topografía final del aislamiento después del cierre



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

La ubicación de las áreas de construcción 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. Adicionalmente, son áreas ya intervenidas, dentro del perímetro operacional, lo cual facilita la acción de remediación o de intervención y el monitoreo post ejecución. La localización exacta de la zona donde se construyan, por sitio impactado, los aislamientos, 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.

Cuadro 5-32 Cronograma de ejecución

N°	Actividad	Tiempo de Ejecución (Semanas)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio									
1	Puesta en marcha	3	3	3	3					
2	Movilización de equipos y materiales al sitio					5				
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio									5
	Fase II: Preparación del material in situ									
4	Excavación del material con maquinaria					4	4			
5	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo					2	2			
6	Carguío del material					4	4			
	Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado									
7	Impermeabilización y sistema de drenaje					10				
	Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final									
7	Excavación y conformación de taludes						4			
8	Compactación						4			
9	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo						2			
10	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante							10		
11	Colocación de tubería ranurada							5		
	Fase V: Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado									
12	Impermeabilización y sistema de drenaje								10	
13	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado								8	
	Fase VI: Cierre del aislamiento									
16	Colocación y compactación de 0,40 m de suelo arcilloso								7	
17	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante								10	
18	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar								5	
19	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo								2	
20	Revegetación									4
	Fase VII: Reposición de material en el sitio									
21	Carguío del material de préstamo							1	1	
22	Traslado del Material hasta el sitio							4	4	
23	Colocación y compactación del material en el sitio							4	4	
24	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo							2	2	
	Seguridad									
30	Personal					2	2	2	2	2
Total de mano de obra por semana		3	3	3	3	27	22	28	55	11

Legenda:

 Trabajo de gabinete

 Trabajo de campo

N Número de trabajadores por semana, por actividad

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

El tiempo requerido para la ejecución de las actividades de remediación será menor a un año, en este caso tal como se observa en el cronograma, será de 9 semanas (2,25 meses).

Cuadro 5-33 Presupuesto de ejecución

Actividades	Costo Estimado (\$)	Observaciones
Movilización de equipos y materiales al sitio	15 586,67	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 material in situ	4 894,24	Incluye la extracción manual de las evidencias en la superficie del suelo, así como el traslado del material recolectado hasta el área de almacenamiento provisional.
Almacenamiento provisional del material contaminado	12 209,03	Construcción del almacén provisional para evitar la propagación del contaminante hallado en el suelo, para ella consta de una impermeabilización del suelo y un techo adaptado al volumen a tratar (tipo galpón).
Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final	8 053,62	Construcción del aislamiento de almacenamiento final, lo que incluye las actividades de excavación y compactación del aislamiento según el volumen de suelo a almacenar y colocación de geomembrana.
Aplicación de la Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana	90 663,05	Consiste en la preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria, disposición final del material tratado dentro del aislamiento utilizando maquinaria y una vez en la aislamiento el material será vibrado. Así mismo incluye la construcción de un área de tratamiento.
Cierre del aislamiento	17 721,92	Incluye estudio de préstamo, colocación de capa de suelo arcilloso (impermeabilización natural) colocación de geomembrana impermeabilizante, suelo para revegetar, nivelación, replanteo y finalmente la revegetación, considerando una planta cada dos m ²
Reposición de material en el sitio	8 833,89	Comprende el carguío del material, la colocación y compactación del mismo en el área de extracción
Permisología	39 871,48	Incluye autorizaciones y estudios necesarios para la aprobación de los mismos.
Seguridad	17 809,23	Supervisión, señalización y equipos de EPPs.
Logística	69 331,78	Traslados, alojamiento comida y costos de contingencias
Plan de manejo ambiental	58 477,62	Comprende labores de monitoreo ambiental durante y una vez completada la obra
Ensayos / pruebas a materiales	750	TCLP: 75/muestra (se estima un aproximado de 10 pruebas de TCLP)
SCTR, vacunas y exámenes médicos del personal	11 227,00	Se toma en cuenta 109 trabajadores por un costo de trámite de 103 por trabajador
Capacitación del personal de la comunidad	44 900,00	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

Cuadro 5-33 Presupuesto de ejecución

Actividades	Costo Estimado (\$)	Observaciones
		asistencia del personal comprendido por 109 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	400 329,53	Incluye el costo de las partidas anteriores
Imprevistos	8 006,59	Se considera un 2% del Sub total 1
Supervisión	32 026,36	Se considera un 8% del Sub total 1
Gastos Administrativos	60 049,43	Se considera un 15% del Sub total 1
Sub total 2	500 411,92	Sub total 1 + Imprevistos + Supervisión + Gastos Administrativos
IGV	90 074,15	18% del Sub total 2
Utilidad	50 041,19	10% del total sin IGV (Sub total 2)
TOTAL USD \$	640 527,26	

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

Para el sitio S0109 (Sitio 3) el total a invertir para la implementación de las actividades de remediación es de **640 527,26 \$ USD**

5.12 Plan de monitoreo post ejecución de obra

Se tiene previsto que el material adentro del aislamiento no genere efluentes, sin embargo, se tiene previsto realizar un monitoreo de efluentes del aislamiento.

5.12.1.1 Plan de Monitoreo de Efluentes

• Estaciones de Monitoreo

Se tiene previsto realizar el monitoreo del sistema de captación de efluentes, el cual consta de una tubería de PVC de 4'' con el objeto de verificar si el sistema de solidificación no lixivia

contaminantes al contacto con agua proveniente de las lluvias y por la evapotranspiración, además que el sistema sea eficaz en la contención de contaminantes en el aislamiento con geomembrana.

- **Parámetros a evaluar**

Para la selección de los parámetros a considerar se tomó como referencia, los establecidos por los límites máximos permisibles LMP de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos DS N° 037-2008 -PCM.

Cuadro 5-34 Parámetros de evaluación

Grupo	Parámetros
Parámetros in situ	pH
Orgánicos	TPH

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

- **Frecuencia**

Se tiene previsto realizar el monitoreo bianual los tres primeros años y anual hasta completar los cinco años.

Asimismo, se tiene previsto el monitoreo de agua subterránea en los pozos cercanos al sitio (ya construidos).

5.12.1.2 Plan de Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea

- **Estaciones de monitoreo**

Cuadro 5-35 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CASub-01	Arriba del sitio	363540	9710734
CASub-02	Aguas abajo del sitio	363674	9710657

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

- **Parámetros a evaluar**

Cuadro 5-36 Parámetros para evaluación

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Orgánicos	TPH

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

La frecuencia será bianual por tres años y anual hasta completar los cinco años.

- Costo del Plan de Manejo Ambiental

Cuadro 5-37 Costo del Plan de Manejo Ambiental

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
Mantenimiento de Vías					
Cisterna	Und	1,00	4,00	110,30	441,20
Disposición de Residuos Sólidos y Efluentes Líquidos					
Tambores residuos sólidos	Und	12,00	1,00	50,00	600,00
Tambores efluentes	Und	5,00	1,00	50,00	250,00
Tubería PVC Efluentes	ml	50,00	1,00	2,30	115,00
Contenedores	Und	1,00	1,00	1000,00	1000,00
Movilización y desmovilización terrestre	Und	1,00	1,00	351,00	351,00
Movilización y desmovilización fluvial	Und	1,00	1,00	4242,42	4242,42
Monitoreo Post Cierre					
Calidad de Agua Subterránea					
Personal	Und	2,00	70,00	140,00	19600,00
Análisis de Laboratorio					
pH	Und	7,00	1,00	6,00	42,00
OD	Und	7,00	1,00	3,33	23,33
Temperatura	Und	7,00	1,00	8,00	56,00
Conductividad	Und	7,00	1,00	6,67	46,67
HTP	Und	7,00	1,00	172,00	1204,00
Calidad de Agua					
Personal	Und	2,00	50,00	140,00	14000,00
Efluentes (Durante y post cierre)					
Personal	Und	7,00	10,00	40,00	2800,00
Suelos					0,00
Personal	Und	2,00	10,00	140,00	2800,00
Laboratorio	Und	9,00	1,00	700,00	6300,00
Análisis de Laboratorio					
Ph	Und	7,00	1,00	6,00	42,00
HTP	Und	7,00	1,00	172,00	1204,00
Monitoreo de la Revegetación					
Personal	Und	6,00	7,00	80,00	3360,00
Total					58477,62

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 cinco 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 estabilización/solidificación y aislamiento con geomembrana es percibida como positiva, considerando que se demandará mano de obra local. Se estima la contratación de 30 trabajadores locales para la ejecución del Plan de Rehabilitación.

El personal seleccionado de la comunidad será capacitado en temas referidos a: impermeabilización y sistema de drenaje, colocación de geomembrana impermeabilizante, revegetación, mantenimiento de vías, entre otros. Asimismo, se realizará la contratación de bienes y servicios de la comunidad.

A continuación, una matriz de valoración cualitativa contrastando la técnica de remediación propuesta con los criterios sociales expuestos:

Cuadro 5-38 Matriz de impactos sociales

Técnicas remediación	Requerimiento de Mano de Obra Local	Contratación de bienes y servicios locales	Capacitación
	Sí	Sí	Sí
	No	No	No
Estabilización / Solidificación	Si	Si	Si
Aislamiento con geomembrana	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 las técnicas propuestas para el sitio son adecuadas a la lectura de la comunidad, en cuanto a las implicancias y en base a los criterios planteados.

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 ^{www} 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 solo un 2,9 % lo percibe “normal” y un 0,5 % no tiene una percepción definida.

Cuadro 5-39 Percepción acerca del entorno y medio ambiente en el Lote 192

Percepción	%
Normal	2,86
Afectado	96,67
No sabe	0,48
Total	100

Fuente: Estudio Técnico Independiente. PNUD. 2018.

^{www} Estudio cualitativo entre los meses de febrero, mayo a julio de 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:

- a. Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora.
- b. Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos).
- c. Detalles del servicio.
- d. 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.

Esta lectura acerca de la labor que realiza JCI se relaciona con las definiciones colectivas respecto a la remediación y/o rehabilitación. La población no diferencia entre remediación y rehabilitación, siendo temas técnicos que desde su experiencia son acciones similares y que apuntan a “sanar”, “limpiar”, es decir, dejar el territorio “natural”, “volver el suelo, el agua a cómo eran antes”. En síntesis, se espera que las acciones de remediación y rehabilitación han de volver el territorio a su formal natural, como si el derrame o la afectación no hubieran tenido lugar.

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 de la comunidad, tal como “agua tratada” y “medicinas”. Sin embargo, también sugieren aspectos técnicos como la incorporación de más sitios a estudiar y la prontitud y la eficiencia técnica.

Cuadro 5-40 Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales

Locación: 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 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 con lo indicado por FONAM.	Percepción del servicio ejecutado por JCI.	JCI-HGE explicó sobre la finalidad del servicio y sobre sí mismo como 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 de 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.			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.			JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Pobladora	Reconocen que las actividades se desarrollan para identificar el nivel de contaminación.			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.			JCI-HGE	Cerrado	Otorgar más 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.			JCI-HGE	Cerrado	Otorgar más 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.			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.			JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.
Percepciones y expectativas sobre la remediación	CN José Olaya	Poblador / Apoyo local	La remediación y rehabilitación permite 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 concepto 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.	JCI-HGE	Cerrado.	Poblador cuenta con conocimiento generales sobre los temas en consulta.	Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Poblador	La remediación y rehabilitación permitirá 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.			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 retorna al estado original de suelo y agua. La labor permitirá mejoras en el medioambiente (saludable).			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.			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.			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.			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 S0109. Anteriores casos se hizo remoción de suelos, pero no hubo resultados positivos.			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.			JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.

Cuadro 5-40 Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales

Locación: 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 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.	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.			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 de 2018. La remediación será riesgosa si no existe cuidado en las labores de la empresa.			JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Docente	No menciona tiempos respecto al servicio. Riesgos de la actividad a la salud.			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.			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.			JCI-HGE	Cerrado	Precisar labores de rehabilitación. Seguimiento.	Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Poblador	Desconocimiento sobre detalles del servicio.			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 Consorcio 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.	JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Poblador	Respetar a la comunidad campesina (cultural, medioambiente, etc.), así como los resultados de las muestras de agua y suelo.			JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Poblador	Se espera exista una buena toma de muestras.			JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Docente	Ejecutar el trabajo con la finalidad de solucionar el impacto ocasionado por la operadora.			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 contaminación al que está expuesta la población.			JCI-HGE	Cerrado.		Ficha de percepciones.
	CN José Olaya	Poblador/Monitor	Se espera entrega de resultados que genere confianza en la población. Conoce de empresas que no brindan las versiones exactas.			JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones.

Fuente: Trabajo de Campo JCI-HGE. Mayo 2018.

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