

PLAN DE REHABILITACIÓN DEL SITIO IMPACTADO S0111 (Sitio 16)

**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.....	20
GLOSARIO DE TÉRMINOS	23
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.....	72
3.1 Antecedentes históricos del sitio impactado por las actividades de hidrocarburos (incluye todos los documentos ambientales).	72
3.1.1 Investigación histórica	73
3.2 Uso actual del área.....	84
3.3 Características del entorno: fuentes asociados a las actividades de hidrocarburos, focos, vías de propagación, otros aspectos relevantes del entorno de los sitios impactados y el listado de residuos existentes (entiéndase equipos obsoletos, restos de equipos o tuberías y similares).	84
3.3.1 Fuentes potenciales de contaminación en el entorno.....	84
3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno.....	84
3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio	85

3.3.4	Focos de contaminación.....	86
3.3.5	Vías de propagación.....	87
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.....	125
3.7.1	Suelos	125
3.7.2	Agua superficial	133
3.7.3	Sedimentos	133
3.7.4	Geofísica	134
3.7.5	Agua subterránea	138
3.7.6	Componente flora y fauna	138
3.7.7	Hidrobiología	145
3.8	Delimitación del sitio impactado (técnico y topográfico) y estimación de áreas y volúmenes.....	153
3.9	Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:	157
3.9.1	Fuentes de los contaminantes.....	161
3.9.2	Potenciales receptores de la contaminación.	161
3.9.3	Potenciales rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte)	163
3.9.4	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro	164
3.9.5	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	164
3.9.6	Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados	164
3.9.7	Resultados de campo.....	164
3.10	Interpretación de los resultados.....	167

3.10.1	Determinación de los contaminantes.....	172
3.10.2	Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.	172
3.11	Base de información en el sistema informático respectivo.	173
4	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS Y/O RIESGOS PARA EL AMBIENTE Y LA SALUD DE LA PERSONA	175
4.1	Definición del problema. Para los contaminantes identificados se debe evaluar:.....	178
4.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	196
4.2.1	Determinación de los Contaminantes de Preocupación (CP).....	196
4.2.2	Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.	208
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	214
4.4	Evaluación de la exposición.	224
4.5	Rutas y vías de exposición (mecanismos de transporte) de los contaminantes asociados a las actividades de hidrocarburos.	233
4.6	Posible migración de los contaminantes de un medio físico a otro.	236
4.7	Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.....	237
4.8	Otros factores de estrés diferentes a los contaminantes evaluados.....	238
4.9	Factores culturales y sociales	239
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.	258
4.11	Análisis de incertidumbres incluyendo los aspectos relacionados de los costos estimados	314
4.12	Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos)	324
4.13	Conclusiones y recomendaciones.	327
5	ACCIONES DE REMEDIACIÓN Y REHABILITACIÓN	331
5.1	Objetivos generales y específicos de la rehabilitación del sitio considerando los resultados del ERSA y factores socioculturales de las poblaciones locales.....	331
5.2	Justificación.....	331
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.	331
5.4	Alcance de la rehabilitación	334
5.5	Descripción y análisis de las alternativas de remediación	335
5.5.1	Descripción de las alternativas de remediación.....	335

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.	348
5.5.3	Resultados de ensayos de laboratorio y/o ensayo piloto similares.....	358
5.5.4	Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.....	371
5.5.5	Propuesta seleccionada de acciones de remediación.....	375
5.5.6	Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.....	377
5.5.7	Lista de alternativa de remediación aplicable.....	380
5.6	Planificación detallada de la alternativa seleccionada.....	380
5.6.1	Superficie y volumen por remediar y rehabilitar de acuerdo al objetivo definido.	380
5.6.2	Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.	383
5.6.3	Descripción de insumos y mano de obra, así como los costos necesarios.	385
5.6.4	Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.	391
5.6.5	Descripción de los residuos y/o emisiones.....	394
5.7	Plan de Manejo Ambiental.....	397
5.7.1	Identificación de impactos ambientales.....	397
5.8	Plan de Manejo de Residuos.....	404
5.8.1	Residuos sólidos.....	405
5.8.2	Aguas residuales (residuos líquidos).....	409
5.9	Plan de control y monitoreo en la ejecución de las medidas de remediación y rehabilitación.	410
5.9.1	Programa de monitoreo de la calidad de aire y ruido.....	410
5.9.2	Plan de monitoreo de calidad de agua superficial y sedimentos.....	410
5.9.3	Plan de monitoreo de lixiviados.....	411
5.9.4	Programa de monitoreo de la revegetación.....	412
5.10	Plan de muestreo de comprobación o verificación.	412
5.11	Cronograma y presupuesto de las actividades de remediación y rehabilitación ambiental, incluyendo las especificaciones técnicas, costos y actividades de ejecución de obra.	413
5.11.1	Cronograma.....	413
5.11.2	Presupuesto general (estimado de costos).....	415
5.11.3	Especificaciones técnicas.....	416
5.12	Plan de Monitoreo post ejecución de obra.	422
5.13	Matriz de beneficios de los impactos sociales.....	423

5.14	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en el proceso de elaboración a las poblaciones locales.	425

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2-1	Distribución de los sitios impactados por sectores	37
Cuadro 2-2	Acceso al sitio S0111 (Sitio 16).....	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 S0111 (Sitio 16) 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.....	58
Cuadro 2-12	Pesca para consumo humano	62
Cuadro 2-13	Morbilidad en la CN José Olaya.....	64
Cuadro 2-14	Reconocimiento y titulación de la CN José Olaya.....	66
Cuadro 3-1	Documentos y estudios técnicos disponibles del sitio impactado	72
Cuadro 3-2	Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0111 (Sitio 16)	82
Cuadro 3-3	Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0111 (Sitio 16)	83
Cuadro 3-4	Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0111 (Sitio 16)	86
Cuadro 3-5	Focos potenciales de contaminación en el sitio S0111 (Sitio 16).....	86
Cuadro 3-6	Focos potenciales de contaminación en el sitio S0111 (Sitio 16).....	87
Cuadro 3-7	Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: época húmeda	90
Cuadro 3-8	Cálculo del número de sondeos total	90
Cuadro 3-9	Sondeos complementarios.....	91
Cuadro 3-10	Resultado de medición de COV's	94
Cuadro 3-11	Ubicación de sondeos manuales	108
Cuadro 3-12	Ubicación de los sondeos con equipo	108
Cuadro 3-13	Ubicación de los puntos de muestreo y código de muestra enviada al laboratorio	109

Cuadro 3-14	Ubicación de las muestras duplicadas	110
Cuadro 3-15	Caudales aforados en el sitio S0111 (Sitio 16) época húmeda y seca	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	Variación del nivel freático	113
Cuadro 3-21	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	113
Cuadro 3-22	Ubicación de 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	Caudales aforados en el sitio S0111 (Sitio 16) época seca	116
Cuadro 3-26	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos	116
Cuadro 3-27	Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos	117
Cuadro 3-28	Variación del nivel freático	117
Cuadro 3-29	Ubicación de los puntos de muestro de calidad de agua subterránea	118
Cuadro 3-30	Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico	118
Cuadro 3-31	Resumen de normativa utilizada para evaluación de resultados	119
Cuadro 3-32	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época húmeda)	120
Cuadro 3-33	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época seca)	121
Cuadro 3-34	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época húmeda)	121
Cuadro 3-35	Resumen de los resultados de laboratorio de agua superficial (época seca)	122
Cuadro 3-36	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época húmeda).....	122
Cuadro 3-37	Resumen de los resultados de laboratorio de sedimentos (época seca)	123
Cuadro 3-38	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época húmeda).....	123
Cuadro 3-39	Resumen de los resultados de laboratorio de aguas subterránea (época seca)	124
Cuadro 3-40	Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola	124
Cuadro 3-41	Análisis de los niveles de fondo	126

Cuadro 3-42	Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas sitio S0111 (Sitio 16)	131
Cuadro 3-43	Concentraciones de TCLP – temporada húmeda	132
Cuadro 3-44	Concentraciones de MEH	132
Cuadro 3-45	Lista de especies de flora registrada con uso potencial	139
Cuadro 3-46	Lista de especies de fauna más comunes dentro del área de estudio	141
Cuadro 3-47	Lista de especies de fauna registrada con uso potencial	143
Cuadro 3-48	Índice de ocurrencia e índice de actividad de Boddicker para mamíferos ..	144
Cuadro 3-49	Número de especies de fitoplancton por estación de monitoreo	145
Cuadro 3-50	Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo	146
Cuadro 3-51	Número de especies, individuos e índices de diversidad de fitoplancton....	146
Cuadro 3-52	Número de especies de zooplancton por estación de monitoreo	147
Cuadro 3-53	Abundancia del zooplancton por estación de monitoreo	147
Cuadro 3-54	Número de especies, individuos e índices de diversidad de zooplancton...	148
Cuadro 3-55	Número de especies de perifiton por estación de monitoreo	149
Cuadro 3-56	Abundancia del perifiton por estación de monitoreo	150
Cuadro 3-57	Número de especies, individuos e índices de diversidad de perifiton	150
Cuadro 3-58	Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por orden	151
Cuadro 3-59	Abundancia de especies de bentos por orden en las estaciones de monitoreo	152
Cuadro 3-60	Número de especies, individuos e índices de diversidad de bentos	152
Cuadro 3-61	Volúmenes y superficies contaminadas por profundidad para el sitio impactado S0111 (Sitio 16)	154
Cuadro 3-62	Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre por parte de las poblaciones locales	163
Cuadro 3-63	Resumen de excedencias de muestras de suelo (época húmeda)	165
Cuadro 3-64	Resumen de excedencias de las muestras de agua superficial (época húmeda)	165
Cuadro 3-65	Resumen de excedencias de las muestras de agua superficial (época seca)	165
Cuadro 3-66	Resumen de excedencias de las muestras de sedimentos (época húmeda)	166
Cuadro 3-67	Resumen de excedencias de las muestras de sedimentos (época seca) ...	166
Cuadro 3-68	Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea (época húmeda)	167
Cuadro 3-69	Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea (época seca)	167

Cuadro 4-1	Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0111 (Sitio 16)	178
Cuadro 4-2	Determinación de los contaminantes de preocupación - Suelo.....	198
Cuadro 4-3	Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua subterránea	199
Cuadro 4-4	Determinación de los contaminantes de preocupación - Sedimentos	200
Cuadro 4-5	Determinación de los contaminantes de preocupación - Agua superficial ..	200
Cuadro 4-6	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación.....	201
Cuadro 4-7	Contaminantes de preocupación para el escenario humano	203
Cuadro 4-8	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Suelo en el sitio S0111 (Sitio 16)	206
Cuadro 4-9	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Agua superficial en el sitio S0111 (Sitio 16)	207
Cuadro 4-10	Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Sedimentos en el sitio S0111 (Sitio 16)	208
Cuadro 4-11	EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)	216
Cuadro 4-12	EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)	216
Cuadro 4-13	EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)	217
Cuadro 4-14	EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)	217
Cuadro 4-15	EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)	218
Cuadro 4-16	Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del sitio S0111 (Sitio 16)	220
Cuadro 4-17	Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0111 (Sitio 16)	221
Cuadro 4-18	Evaluación de toxicidad de la comunidad bentónica en agua superficial del sitio S0111 (Sitio 16)	222
Cuadro 4-19	NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0111 (Sitio 16)	224
Cuadro 4-20	Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0111 (Sitio 16).....	226
Cuadro 4-21	Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0111 (Sitio 16).....	227
Cuadro 4-22	Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0111 (Sitio 16).....	228
Cuadro 4-23	Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos	229
Cuadro 4-24	Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos	230
Cuadro 4-25	Parámetros de los contaminantes de preocupación para agua superficial .	230
Cuadro 4-26	Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos.....	231

Cuadro 4-27	Fuentes consultadas para el cálculo de la dosis de exposición	232
Cuadro 4-28	Vías de exposición del sitio S0111 (Sitio 16)	237
Cuadro 4-29	Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación	239
Cuadro 4-30	Ficha social de relevamiento	240
Cuadro 4-31	Ficha de observación participante	240
Cuadro 4-32	Ficha de percepciones	241
Cuadro 4-33	Entrevistas en comunidades	242
Cuadro 4-34	Distancia del S0111 (Sitio 16) a la CN José Olaya	242
Cuadro 4-35	Población de la CN José Olaya	243
Cuadro 4-36	Institución educativa según nivel educativo y estadísticas	245
Cuadro 4-37	Pesca para consumo humano	249
Cuadro 4-38	Morbilidad en la CN José Olaya	251
Cuadro 4-39	Reconocimiento y titulación de la CN José Olaya	253
Cuadro 4-40	Vías de exposición para los escenarios humanos considerados	259
Cuadro 4-41	Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo	260
Cuadro 4-42	Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 - Adulto	263
Cuadro 4-43	Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 - Niño	264
Cuadro 4-44	Riesgo no cancerígeno - Criterios	266
Cuadro 4-45	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 1	269
Cuadro 4-46	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto	273
Cuadro 4-47	Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño	277
Cuadro 4-48	Índice de Peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 3	282
Cuadro 4-49	Factor corrector para evaluación de biodisponibilidad de metales (Tessier)	286
Cuadro 4-50	Parámetro I _{ECA}	287
Cuadro 4-51	Parámetro I _{MEDIO} (N° medios afectados)	287
Cuadro 4-52	Parámetro I _{PARA EXCED}	288
Cuadro 4-53	Parámetro in-situ (suelo)	289
Cuadro 4-54	Parámetro F _{in-situ} (sedimentos)	289
Cuadro 4-55	Parámetro F _{in-situ} (agua superficial)	290
Cuadro 4-56	Parámetro F _{in-situ} (flora/fauna)	290

Cuadro 4-57	Parámetro F_{EXT} (factor extensión)	291
Cuadro 4-58	Parámetro FACT (actividad foco)	291
Cuadro 4-59	Parámetro F_{Inund} (inundabilidad)	292
Cuadro 4-60	Parámetro topografía	293
Cuadro 4-61	Parámetro K (permeabilidad)	293
Cuadro 4-62	Parámetro CV (cobertura vegetal)	293
Cuadro 4-63	Parámetro PGw1 (profundidad agua)	294
Cuadro 4-64	Parámetro PGw2	294
Cuadro 4-65	Índice transporte (agua superficial)	294
Cuadro 4-66	Índice transporte (cadena trófica)	295
Cuadro 4-67	Categoría de protección (RE1)	295
Cuadro 4-68	Presencia de ecosistemas frágiles (RE2)	296
Cuadro 4-69	Distancia a ecosistemas frágiles (RE3)	296
Cuadro 4-70	Calculo del NRS - I_{foco}	297
Cuadro 4-71	Calculo del I_{ECA} , I_{medio} e I_{clases}	298
Cuadro 4-72	Calculo del factor <i>in situ</i>	298
Cuadro 4-73	Calculo del I_{trans} (ESC)	300
Cuadro 4-74	Calculo del I_{trans} (SUBT)	300
Cuadro 4-75	Rangos del riesgo para $I_{receptor\ ecológico}$	301
Cuadro 4-76	Rangos del riesgo para escenario ecológico	302
Cuadro 4-77	Criterios para estimar el riesgo en el suelo	303
Cuadro 4-78	Clasificación de los HAP's por el N° de anillos bencénicos	306
Cuadro 4-79	Movilidad del Naftaleno en el suelo	307
Cuadro 4-80	Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP	308
Cuadro 4-81	Determinación del riesgo para sedimentos por CP	309
Cuadro 4-82	Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico	313
Cuadro 4-83	Rangos de incertidumbres	315
Cuadro 4-84	Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres	322
Cuadro 4-85	Niveles de remediación para suelo - sitio S0111 (Sitio 16)	326
Cuadro 4-86	Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0111 (Sitio 16)	327
Cuadro 5-1	Elemento contaminante por componente evaluado	336
Cuadro 5-2	Niveles de remediación para suelo - sitio S0111 (Sitio 16)	336
Cuadro 5-3	Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0111 (Sitio 16)	337

Cuadro 5-4	Lista de alternativas de remediación.....	346
Cuadro 5-5	Aspectos, variables y ponderación por sitio	349
Cuadro 5-6	Evaluación de alternativas de remediación del sitio S0111 (Sitio 16)	356
Cuadro 5-7	Resultados de alternativas de matriz del sitio S0111 (Sitio 16).....	358
Cuadro 5-8	Ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos	362
Cuadro 5-9	Otros ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos	363
Cuadro 5-10	Resumen de alternativa del sitio S0111 (Sitio 16).....	373
Cuadro 5-11	Resultados del análisis costo-efectividad del sitio S0111 (Sitio 16)	373
Cuadro 5-12	Área y volumen impactada sitio S0111 (Sitio 16).....	381
Cuadro 5-13	Insumos, mano de obra y costos necesarios, así como los costos necesarios para el tratamiento y disposición.....	386
Cuadro 5-14	Para la remediación con E/S y aislamiento con geomembrana	391
Cuadro 5-15	Actividades asociadas a la remediación por Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana	394
Cuadro 5-16	Generación de residuos sólidos domésticos.....	395
Cuadro 5-17	Generación de efluentes domésticos	395
Cuadro 5-18	Emisiones de material particulado y gases	396
Cuadro 5-19	Actividades durante la etapa de construcción	397
Cuadro 5-20	Actividades durante la etapa de operación	398
Cuadro 5-21	Actividades durante la etapa de abandono	398
Cuadro 5-22	Componentes y factores ambientales	398
Cuadro 5-23	Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del plan de remediación - Etapa de construcción, operación y abandono.....	400
Cuadro 5-24	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de construcción	405
Cuadro 5-25	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de operación	405
Cuadro 5-26	Tipos de residuos no peligrosos - Etapa de abandono	405
Cuadro 5-27	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de construcción	406
Cuadro 5-28	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de operación	406
Cuadro 5-29	Tipos de residuos peligrosos - Etapa de abandono	406
Cuadro 5-30	Identificación de recipientes por tipo de residuos.....	407
Cuadro 5-31	Fuentes y medidas de manejo de afluentes.....	410
Cuadro 5-32	Estaciones a monitorear	411
Cuadro 5-33	Parámetros a evaluar en aguas superficiales y sedimentos	411
Cuadro 5-34	Parámetros de evaluación	411

Cuadro 5-35	Parámetros de evaluación en la revegetación	412
Cuadro 5-36	Cálculo del número de sondeos total	412
Cuadro 5-37	Parámetros a monitorear en suelos	413
Cuadro 5-38	Cronograma de ejecución	413
Cuadro 5-39	Presupuesto general (estimado de costos)	415
Cuadro 5-40	Estaciones a monitorear	422
Cuadro 5-41	Parámetros a evaluar	422
Cuadro 5-42	Costos estimados para el plan de manejo ambiental	423
Cuadro 5-43	Matriz de impactos sociales	424
Cuadro 5-44	Percepción acerca del entorno y medio ambiente en el Lote 192	425
Cuadro 5-45	Base de datos sistematizada de las atenciones dadas por consultas en los procesos de elaboración a las poblaciones locales	427

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 S0111 (Sitio 16)	42
Figura 2-4	Perfil hidrogeológico del sitio S0111 (Sitio 16)	44
Figura 2-5	Isolíneas de la profundidad del nivel freático del sitio S0111 (Sitio 16), 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	74
Figura 3-2	Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio	80
Figura 3-3	Evolución cronológica de los usos y ocupación del área de estudio	81
Figura 3-4	Imagen histórica del sitio S0111 (Sitio 16)	85
Figura 3-5	Imagen actual del sitio S0111 (Sitio 16)	85
Figura 3-6	Croquis en la etapa de reconocimiento del sitio S0111 (Sitio 16)	88
Figura 3-7	Número de puntos de muestreo (identificación)	89
Figura 3-8	Número de puntos de muestreo (caracterización)	90
Figura 3-9	Detalles constructivos típicos de terminación de pozos	95
Figura 3-10	Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo	99
Figura 3-11	Modelo de resistividad eléctrica del subsuelo en una tomografía eléctrica ...	99

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 fracción de hidrocarburo F2.....	127
Figura 3-16	Concentraciones de naftaleno	128
Figura 3-17	Sondeos realizados en el sitio S0111 (Sitio 16).....	129
Figura 3-18	Modelamientos de Isoconcentraciones sitio S0111 (Sitio 16) - Fracción de hidrocarburos F2 y Naftaleno (HAPs)	130
Figura 3-19	Perfil Tomográfico Eléctrico 1 (S0111-GEO-001)	135
Figura 3-20	Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0111-GEO-002)	137
Figura 3-21	Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F2.....	155
Figura 3-22	Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo – HAP's Naftaleno	156
Figura 3-23	Área potencial de interés (API) de acuerdo con el MCI	158
Figura 3-24	Proceso del modelo conceptual	159
Figura 3-25	Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios	160
Figura 3-26	Mapa sinóptico Modelo conceptual inicial	162
Figura 3-27	Delimitación del sitio impactado S0111 (Sitio 16)	168
Figura 3-28	Conceptualización dinámica hidrogeológica	171
Figura 4-1	Diagrama de Flujo de las etapas del ERSA	177
Figura 4-2	Excedencias de fracción de hidrocarburo F2 (época húmeda)	180
Figura 4-3	Excedencias de naftaleno (época húmeda)	181
Figura 4-4	Excedencias de fosforo (época húmeda)	182
Figura 4-5	Excedencias de fosforo (época seca)	182
Figura 4-6	Excedencias de plomo (época húmeda)	183
Figura 4-7	Excedencias de O.D. (época húmeda)	184
Figura 4-8	Excedencias de O.D. (época seca)	184
Figura 4-9	Excedencias de fosforo (época húmeda)	185
Figura 4-10	Excedencias de fosforo (época seca)	185
Figura 4-11	Excedencias de aluminio (época húmeda)	186
Figura 4-12	Excedencias de aluminio (época seca)	186
Figura 4-13	Excedencias de arsénico (época húmeda)	187
Figura 4-14	Excedencias de arsénico (época seca)	187
Figura 4-15	Excedencias de cobre (época húmeda)	188

Figura 4-16	Excedencias de hierro (época húmeda).....	188
Figura 4-17	Excedencias de hierro (época seca).....	189
Figura 4-18	Excedencias de manganeso (época húmeda)	189
Figura 4-19	Excedencias de manganeso (época seca)	190
Figura 4-20	Excedencias de plata (época seca)	190
Figura 4-21	Excedencias de zinc (época húmeda)	191
Figura 4-22	Excedencias de arsénico (época húmeda)	192
Figura 4-23	Excedencias de benzo (a) antraceno (época seca)	192
Figura 4-24	Excedencias de criseno (época húmeda)	193
Figura 4-25	Excedencias de fenantreno (época seca)	193
Figura 4-26	Modelo conceptual inicial del sitio S0111 (Sitio 16)	209
Figura 4-27	Esquema de los criterios de valoración y puntuación del nivel de riesgo por sustancias	284
Figura 5-1	Ubicación del sitio S0111 (Sitio 16).....	333
Figura 5-2	Diagrama de los pasos seguidos para la selección de alternativas de remediación	338
Figura 5-3	Proceso para la evaluación de la lista larga de alternativa tecnológicas.....	340
Figura 5-4	Universo de alternativas tecnológicas de remediación	341
Figura 5-5	Relación costo-efectividad	374
Figura 5-6	Representación gráfica del ACE por técnica evaluada	374
Figura 5-7	Frecuencia del uso de E/S en comparación con otras tecnologías.....	375
Figura 5-8	Distribución espacial (superficie y fondo) de contaminante (tomando F2 como modelo) del sitio S0111 (Sitio 16)	382
Figura 5-9	Etapas para la planificación de la estabilización/solidificación	383
Figura 5-10	Actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora para el caso de Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana.....	392
Figura 5-11	Flujograma de actividades del PMA.....	393
Figura 5-12	Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)	417
Figura 5-13	Área de almacenamiento provisional	417
Figura 5-14	Dimensiones del área de aislamiento	419
Figura 5-15	Estructura de cierre del área de aislamiento	421
Figura 5-16	Sección esquemática de la topografía final del espacio de aislamiento después del cierre	421

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	Planta de tratamiento comunal	59
Fotografía 2-4	Preparación de masato en base a yuca	59
Fotografía 2-5	Alimentación basada en la caza.....	61
Fotografía 3-1	Infraestructura cercana al sitio S0111 (Sitio 16).....	86
Fotografía 3-2	Evidencias de contaminación o focos asociados al sitio S0111 (Sitio 16)	87
Fotografía 3-3	Muestreo de suelos con sondeo manual - sitio S0111 (Sitio 16).....	93
Fotografía 3-4	Muestreo de suelos con equipo - sitio S0111 (Sitio 16)	94
Fotografía 3-5	Construcción de piezómetros - sitio S0111 (Sitio 16).....	96
Fotografía 3-6	Desarrollo de piezómetros - sitio S0111 (Sitio 16)	97
Fotografía 3-7	Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0111 (Sitio 16)	98
Fotografía 3-8	Tomografía - sitio S0111 (Sitio 16).....	100
Fotografía 3-9	Medición de caudal en campo	111
Fotografía 3-10	Medición de caudal en campo	116
Fotografía 3-11	<i>Piper umbellatum</i> "Santa María" (especie de uso medicinal)	139
Fotografía 3-12	<i>Phytelphas macrocarpa</i> "Yarina" (especie de uso alimentario)	140
Fotografía 3-13	<i>Opisthocomus hoazin</i> "Shansho"	143
Fotografía 3-14	<i>Pristimantis</i> sp. "Rana cutin"	144
Fotografía 4-1	Especies de flora identificada en el sitio S0111 (Sitio 16)	225
Fotografía 4-2	Especies de fauna identificada en el sitio S0111 (Sitio 16)	225
Fotografía 4-3	Comunidad Nativa José Olaya.....	244
Fotografía 4-4	Áreas de recreación y espacios educativos Comunidad Nativa José Olaya	245
Fotografía 4-5	Planta de tratamiento comunal	246
Fotografía 4-6	Preparación de masato en base a yuca	247
Fotografía 4-7	Alimentación basada en la caza.....	248
Fotografía 4-8	Evidencias de contaminación en suelos y cuerpos de agua	299
Fotografía 4-9	Infraestructura cercana al sitio S0111 (Sitio 16).....	301

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1	Grupos de interés CN José Olaya.....	67
Gráfico 4-1	Grupos de interés CN José Olaya.....	254

LISTA DE ANEXOS

- 6.1 Planos, mapas y demás gráficos didácticos, para el entendimiento de las poblaciones locales
 - 6.1.1 Figura didáctica Sitio S0111 (Sitio 16) - Comunidad Nativa Nueva Jerusalen
- 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 S0111 (Sitio 16)
 - 6.2.3 Mapa geomorfológico del sitio S0111 (Sitio 16)
 - 6.2.4 Mapa hidrogeológico del sitio S0111 (Sitio 16)
 - 6.2.5 Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0111 (Sitio 16)
 - 6.2.6 Mapa climático del sitio S0111 (Sitio 16)
 - 6.2.7 Mapa de suelos del sitio S0111 (Sitio 16)
 - 6.2.8 Mapa de cobertura vegetal del sitio S0111 (Sitio 16)
 - 6.2.9 Mapa de comunidades del sitio S0111 (Sitio 16)
- 6.3 Planos detallados de cada sitio y/o grupo de sitios
 - 6.3.1 Mapa de ubicación del sitio S0111 (Sitio 16)
- 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 S0111 (Sitio 16) - Época húmeda
 - 6.4.2 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0111 (Sitio 16) - Época seca
 - 6.4.3 Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16) - Época húmeda
 - 6.4.4 Mapa de Ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16) - Época seca
 - 6.4.5 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0111 (Sitio 16) - Época húmeda
 - 6.4.6 Mapa de ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0111 (Sitio 16) - 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 S0111 (Sitio 16) - 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 S0111 (Sitio 16) - Época húmeda

- 6.4.2.2 Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16) - 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 S0111 (Sitio 16)
 - 6.4.3.2 Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0111 (Sitio 16)
- 6.4.4 Planos con propuestas de infraestructuras de soporte para remediación
- 6.5 Documentación del muestreo de detalle
 - 6.5.1 Niveles de fondo
 - 6.5.2 Barrenos
 - 6.5.3 Percusión
 - 6.5.4 Agua superficial y sedimentos
 - 6.5.5 Construcción de pozos
 - 6.5.6 Purga y monitoreo de agua subterránea
 - 6.5.7 Hidrobiología
 - 6.5.8 Flora y fauna
 - 6.5.9 Tomografía
 - 6.5.10 Especificaciones técnicas y certificados de calibración de equipos
 - 6.5.11 Formatos de verificación de equipos
 - 6.5.12 Fichas de relevamiento y entrevista al monitor
- 6.6 Tablas y representación gráfica de resultados
 - 6.6.1 Análisis Statist UCL95
 - 6.6.2 Tablas de los CPP
 - 6.6.3 Propiedades físicas de los CP
 - 6.6.4 Parámetros de exposición
 - 6.6.5 Dosis de exposición – agua superficial
 - 6.6.6 Cálculo de riesgo humano
 - 6.6.7 Resumen del cálculo de riesgo humano
 - 6.6.8 Modelo conceptual detallado
 - 6.6.9 Datos RBCA
 - 6.6.10 Entrevistas ERSA
- 6.7 Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados
- 6.8 Documentos sobre procedimientos administrativos (MINEM, OEFA, u otros)
- 6.9 Hojas de datos de seguridad de materiales

- 6.10 Informes de ensayo de laboratorio
 - 6.10.1 Época Húmeda
 - 6.10.2 Época Seca
 - 6.10.3 Ensayos de suelo agrícola (Época seca y húmeda)
 - 6.10.4 Muestras de control (Época seca y húmeda)
 - 6.10.5 Cadena de custodia (Época seca y húmeda)
 - 6.10.6 Acreditación de los laboratorios
- 6.11 Estudios técnicos básicos y específicos (topográficos, hidrológicos, precipitaciones y otros de soporte para las obras de ingeniería)
- 6.12 Acta de socialización del Plan de Rehabilitación en la CN José Olaya

ACRÓNIMOS

AF:	Área fuente
AGQ:	Laboratorio AGQ Perú SAC
Al:	Aluminio
API:	Área de potencial interés
As:	Arsénico
ASTM:	American Society for Testing & Materials
ASTM:	Sociedad Americana de Ensayos de Materiales.
AT:	Área de transporte
AV:	Área de validación
B:	Boro
Ba:	Bario
BTEX:	Familia de los alquilbencenos (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos).
Ca:	Calcio
Cd:	Cadmio
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.
Ti:	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 nítrico.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

después de la exposición a niveles específicos de un estímulo (concentración o dosis de un químico o mezcla de químicos).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

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

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

Exposición: 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 transverso conforme, secante al globo terráqueo el cual se encuentra relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980-Geodetic Reference System 1980 (GRS80), siendo de utilización más idónea, del cual deriva el WorldGeodeticSystems-WGS84. (Resolución Jefatural N.º 112-2006-IGN/OAJ/DGC/J).

Sitio contaminado: Área en la cual el suelo contiene contaminantes provenientes de actividades antrópicas, en concentraciones que pueden representar riesgos para la salud o el ambiente, debido a que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, estándares internacionales aprobados por el MINAM o los niveles de fondo, siempre que estos últimos presenten valores que excedan dichos estándares. El área

identificada como sitio contaminado puede comprender el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, que resulten afectados por la contaminación del suelo, cuando se encuentren dentro de esta.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fuentes para la elaboración del glosario:

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

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

INTRODUCCIÓN

El Fondo Nacional del Ambiente (en adelante: FONAM) somete a concurso público internacional N° 07-2017-FONAM la “Contratación de servicios de consultoría para elaborar los planes de rehabilitación de 13 sitios impactados por las actividades de hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes” en el cual el consorcio J. Cesar Ingenieros & Consultores S.A.C.-Hidrogeocol Ecuador Cía Ltda (en adelante: JCI-HGE), obtiene la buena pro para la ejecución del servicio, como parte de los 32 sitios priorizados por la Junta de Administración del Fondo de Contingencia para la Remediación Ambiental, creado mediante Ley N.º 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 S0111 (Sitio 16)**, 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.º 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 seca y época húmeda)
- Evaluación e interpretación de resultados
- Evaluación de riesgo a la salud y el ambiente
- Evaluación de alternativas de remediación
- Selección de alternativa de remediación
- Desarrollo del Plan de Rehabilitación
- Evaluación del Plan por las autoridades (MINEM)
- Desarrollo de la Ingeniería de detalle para la alternativa de remediación

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

1. DATOS GENERALES

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

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

Dirección General de Hidrocarburos (DGH)

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

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

1.3 Domicilio para recibir notificaciones.

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

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

Elaboración del Plan de Rehabilitación: Consorcio JCI-HGE

Empresa Supervisora del Contrato: Tema Litoclean S.A.

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

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

Alquiler de camionetas CN José Olaya: ECSAJO

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

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

Apoyos locales: Servicio proporcionado por la CN José Olaya

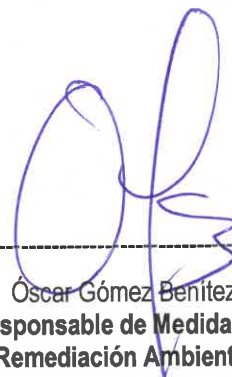
Empresa Consultora



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



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



Oscar 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 Adauto
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.



Nélica 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 S0111 (Sitio 16) se ubica en el Sector 1, el cual tiene como instalaciones cercanas a la Batería Shiviayacu y se encuentra ubicado dentro del área de influencia de la comunidad nativa José Olaya.

Cuadro 2-1 Distribución de los sitios impactados por sectores

Sector	Sitio
SECTOR 1	S0111 (Sitio 16), S0112, S0118
SECTOR 2	S0107, S0108, S0109, S0110
SECTOR 3	S0113, S0114, S0115, S0116
SECTOR 4	S0117, S0119

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

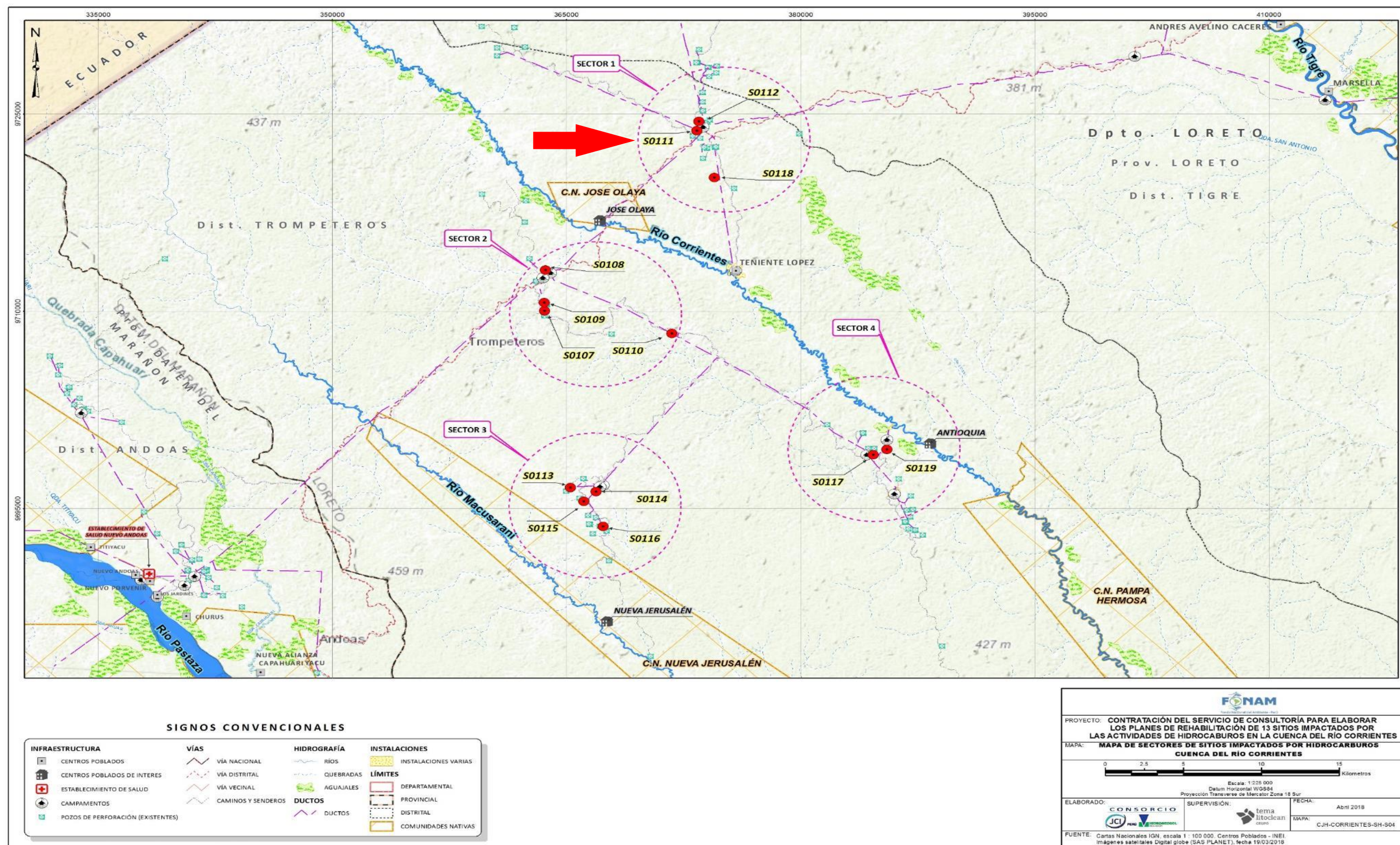
Para acceder al sitio se parte desde Lima vía aérea hacia Tarapoto, para luego tomar la carretera con destino a la ciudad de Yurimaguas en un tiempo estimado de 2 horas; de aquí se toma un transporte fluvial en el puerto Abel Guerra, con destino a la comunidad nativa Nuevo Andoas, cuya travesía dura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

Cuadro 2-2 Acceso al sitio S0111 (Sitio 16)

Partida	Sitio	Vía afirmada / Referencia	Estado de la vía
Comunidad Nativa José Olaya	S0111 (Sitio 16)	Por carretera de tierra hacia la Batería Shiviayacu.	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 S0111 (Sitio 16).

2.2.1 Geología

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

Las unidades geológicas presentes en el área que abarca el sitio S0111 (Sitio 16) son: Formación Ipururo y Depósitos Aluviales Recientes sobre las quebradas presentes del sitio ^a ^b. Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.2: Mapa geológico del sitio S0111 (Sitio 16).

- Formación Ipururo (Ts-ip): Se encuentra constituida por una secuencia de areniscas y arcillitas. Las areniscas son poco coherentes y de grano medio a grueso, calcáreas o no calcáreas, predominando colores grises, pardos y amarillentos. Las arcillitas, algunas veces calcáreas, son de colores rojizos, blanquecinos, marrones, grises y abigarrados, afloran en capas gruesas a finamente laminadas.

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

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

Figura 2-2 Modelo de columna 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, limoarenas, 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.				
PLIOCENA	Formación Naula	M sup.	C			Arenas finas a gravosas, gris claras a blanquecinas cuarzosas, angulosas, micáceas, ocasionalmente presentan arenas gris oscuras de grano fino, constituido de fragmentos de cuarcita oscura. Limoarcillas beige a rojizas, caolinita, deletznable, intercaladas con capas delgadas de limolita y arenas finas, con algunos lentes, de grava.
		M inf.				Areniscas grises a marrones, en parte conglomerádicas, de grano grueso a medio, mal seleccionadas.
NEÓGENO	Formación Ipururo	1880 - 303			C	Limoarcillitas, limolitas, ocasionalmente areniscas de grano fino, de color rojo violáceo en capas delgadas a medianas
				Limoarcillitas de grano medio a grueso con lentes 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 S0111 (Sitio 16). El flujo del agua en el área es en un medio poroso, estando controlado básicamente por las características detríticas de la zona, la litología detrítica domina el movimiento del flujo subterráneo.

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

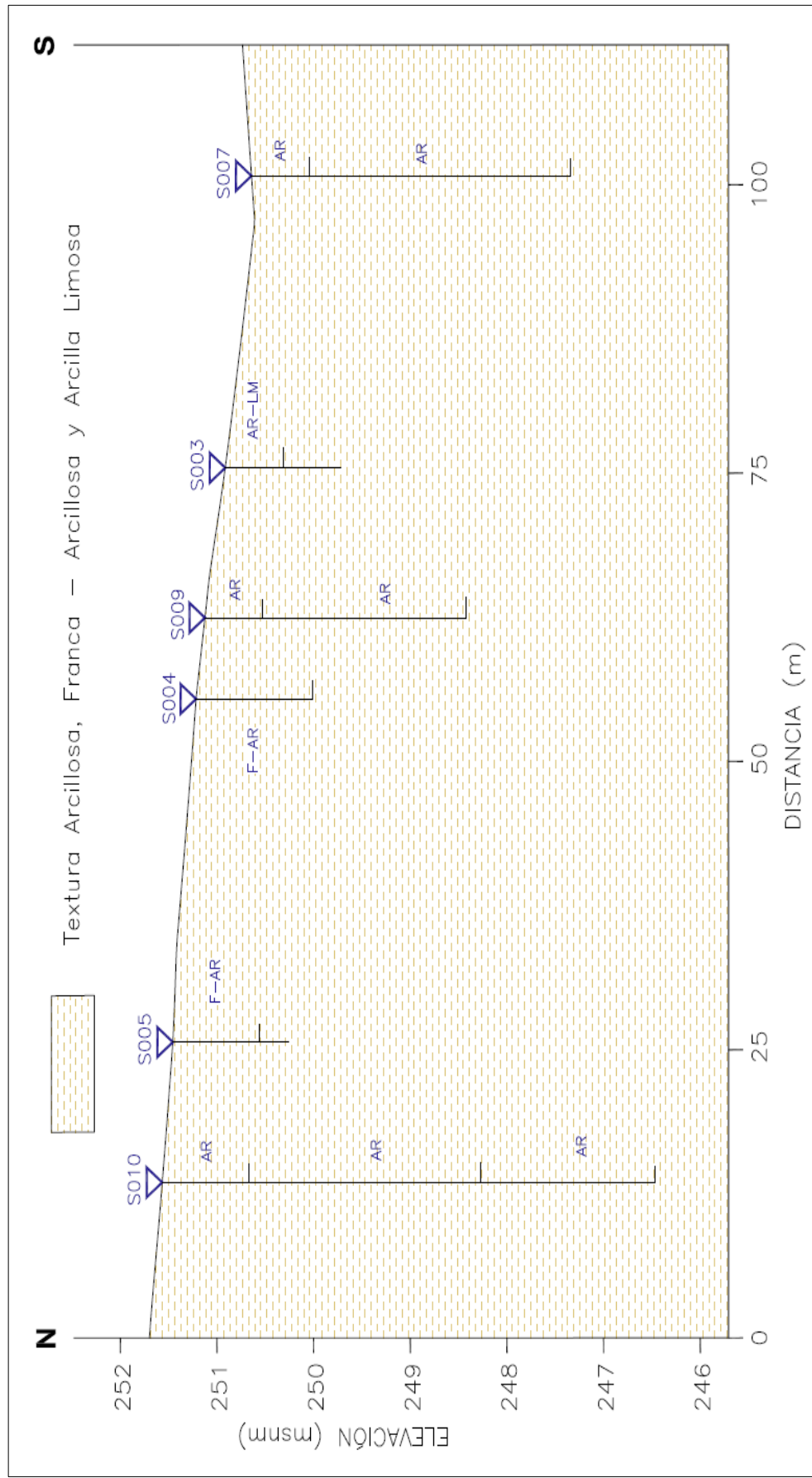
El flujo en medio poroso se encuentra gobernado por la ley de Darcy, el cual en forma empírica describe el movimiento subterráneo en medios poroso, siendo aquellos formados por agregados de partículas que dejan intersticios o poros entre ellos, circulando a través de ellos el agua subterránea.

La hidrogeología conceptual se basa en la información geofísica (época húmeda), sondeos manuales (ambas épocas), sondeos con equipo (época húmeda) y perforación e instalación de piezómetros (época húmeda), las cuales se contrastan con la geología de la zona para definir el comportamiento del flujo subterráneo. **Lo descrito se detalla más adelante 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 S0111 (Sitio 16).

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 mas solo sigue la unión de los sondeos representativo para la construcción lito-estratigráfica del sitio impactado.

Figura 2-3 Perfil litológico del sitio S0111 (Sitio 16)



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 S0111 (Sitio 16) definiendo la hidrogeología conceptual, el cual definirá el comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial-agua subterránea.

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

En el sitio S0111 (Sitio 16) 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 sondeos con equipo, sondeos manuales e identificación visual en campo, ha sido posible determinar las posibles unidades hidrogeológicas presentes en el área de impacto del sitio S0111 (Sitio 16). Así mismo se han clasificado de acuerdo con su importación hidrogeológica relativa.

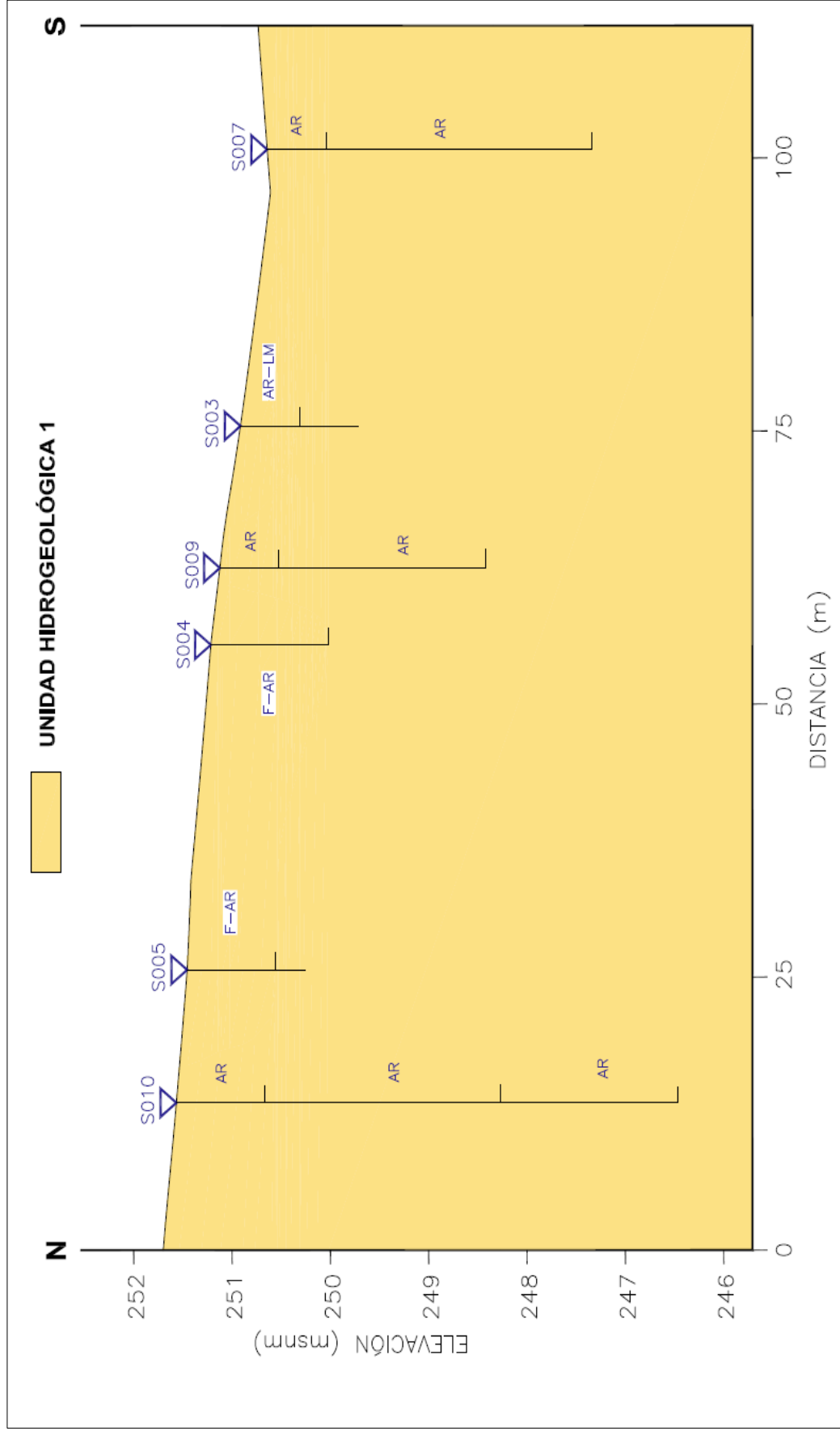
• Unidad Hidrogeológica 1

Esta unidad hidrogeológica está representada por tres (3) tipos de suelos: arcillosa, franco arcillosas y arcillo-limoso. Donde el contenido característico es la arcilla como material predominante.

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

En la Figura 2-4 se muestra un perfil hidrogeológico construido en base al perfil litológico (Figura 2-3) el cual permitió inferir el comportamiento de las unidades hidrogeológicas del sitio.

Figura 2-4 Perfil hidrogeológico del sitio S0111 (Sitio 16)



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 S0111 (Sitio 16), 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 época 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.

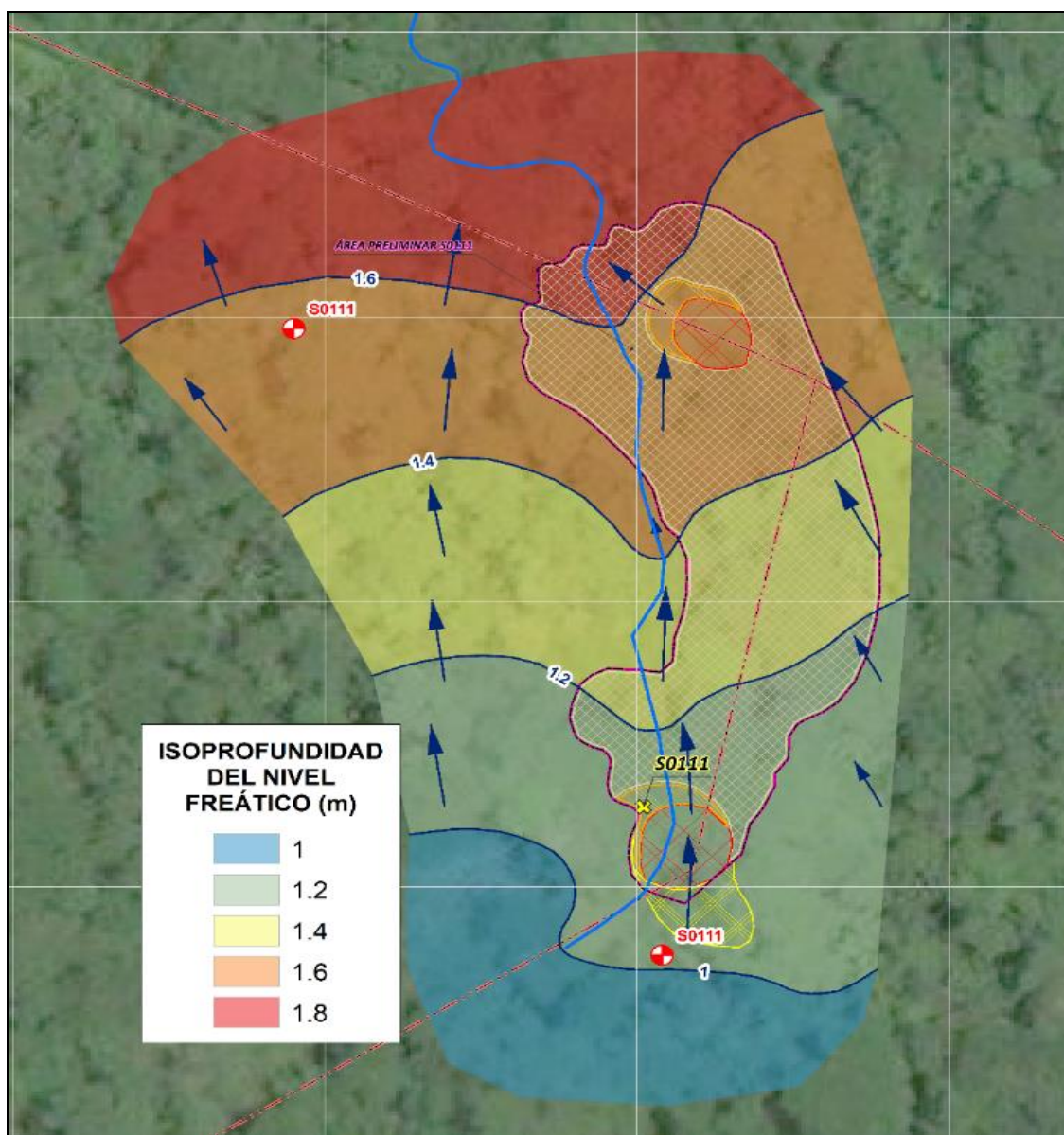
Estos resultados se infieren a partir de los monitoreo de nivel del agua en los piezómetros construidos en el sitio, a pesar de contar con solo dos piezómetros y no una red piezométrica que brindaría una información más detallada del comportamiento de la napa freática en el área impactada, se cuenta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

Para la dirección de flujo hubiera sido importante tener topografía de detalle, pero con la evaluación de los especialistas que participaron en los levantamientos de campo se pudo definir el posible comportamiento de la dirección de flujo, que tendría una dirección sur-norte y siempre considerando la quebrada presente, para definir el comportamiento de hidroisohipsas en el sitio es recomendable conocer la topografía de detalle.

El área impactada se encuentra al suroeste de las oficinas del área de operaciones Shiviayacu, según los resultados obtenidos se definió dos áreas impactadas y asumimos que el nivel freático debe estar como máximo a los dos (2) metros de profundidad.

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 de la profundidad del nivel freático del sitio S0111 (Sitio 16), época húmeda**



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

2.2.3 Hidrología

2.2.3.1 Descripción de la cuenca del área de estudio

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

Por lo general sus aguas son turbias, de rápida corriente y cauce encajonado, aunque navegable. Sus tributarios muestran un sistema de drenaje moderadamente dendrítico a subdendrítico, con un fuerte control estructural y topográfico, dados por la geología del Lote 192.

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.5: Mapa de cuencas, subcuencas y microcuencas del sitio S0111 (Sitio 16).

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

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

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

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

2.2.3.2 Datos climáticos

• Datos hidrometeorológicos

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

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

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
CHINGANAZA	191	162	253	331	391	284	280	123	191	121	182	175
TENIENTE PINGIO	173	159	237	164	223	189	214	289	183	226	158	143
BARRANCA	202	188	234	293	234	184	134	138	179	170	264	254
BONA	260	263	347	301	362	256	230	237	219	314	322	293
SOPLÍN	165	155	171	178	171	192	158	119	169	151	181	150
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

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

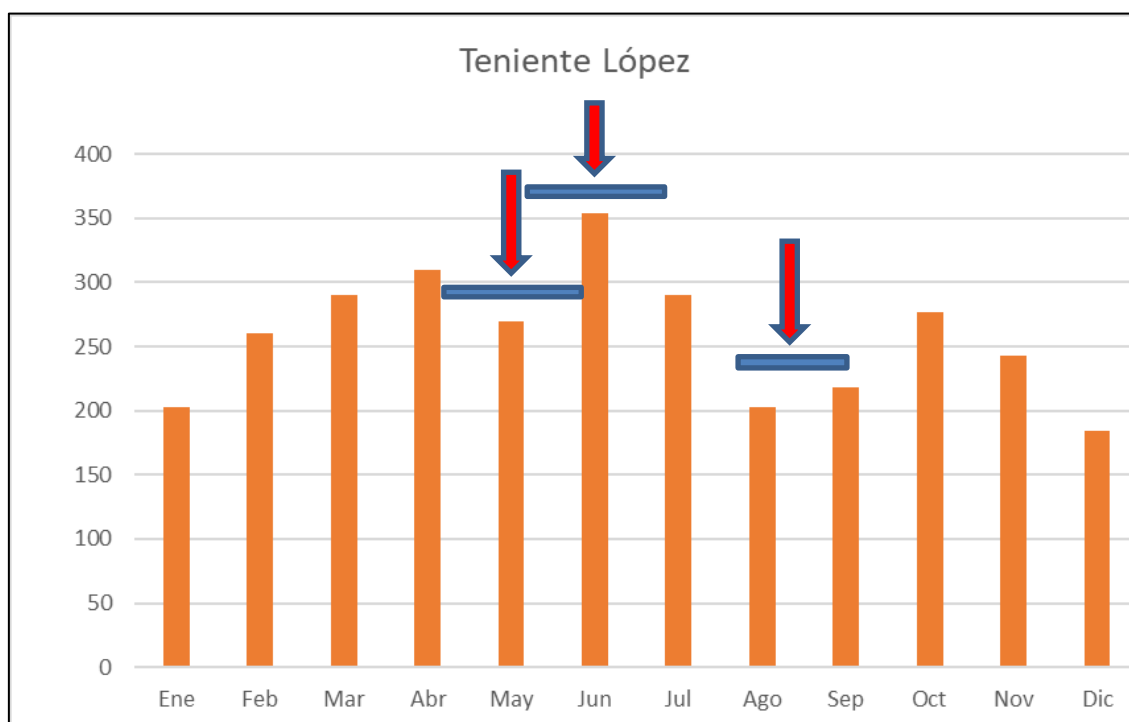
Cuadro 2-4 Precipitación media mensual (mm) (2000-2006)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
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
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.

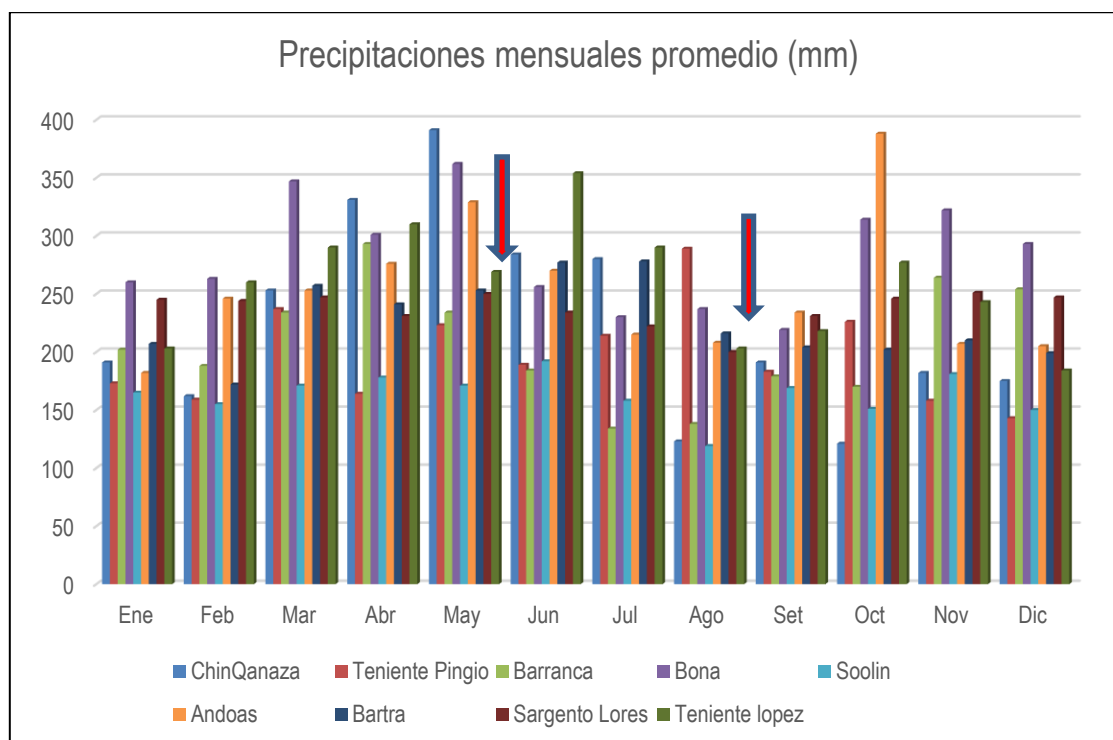
Elaborado por: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019. (Datos fuente: Estudio de Impacto Ambiental para la perforación de 20 pozos de desarrollo en los yacimientos de Carmen Noreste, Huayurí Norte, Huayurí Sur, Shiviayacu Noreste, Dorissa, Jíbaro-Jíbarito y Capahuari Sur en el Lote 1 AB.)

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



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

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



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

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

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

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

2.2.4 Topografía

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

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

- Finalización de la topografía conceptual utilizada para la representación de secciones en los diferentes ítems.
- Análisis conceptual de la topografía es: La topografía de la zona es variable, presentando zonas con poca pendiente y zonas con pendientes más elevadas. La topografía del sitio impactado y sus alrededores aún conservan sus características formadas por procesos geológicos naturales a excepción del área cercana al ducto, esto fue constatado por los técnicos que participaron en la fase de caracterización.

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 S0111 (Sitio 16).

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:

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

Estos tipos de 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 está conformada por presencia de arcillas, limos y en muy poca cantidad de arena. 

Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.7: Mapa de Suelos del sitio S0111 (Sitio 16) y en el Anexo 6.10 Informes de laboratorio se muestra los resultados de los análisis de granulometría.

2.2.7 Geomorfología

Para el sitio impactado S0111 (Sitio 16) las unidades fisiográficas predominantes son las colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias (Anexo 6.2: Mapa 6.2.3). A lo largo de los

principales cursos fluviales, las terrazas bajas eventualmente inundables son dominantes. El terreno que compromete este sitio es básicamente plano, con una ligera pendiente ($< 3\%$) en dirección sur-norte. Se caracteriza por la presencia de montículos de terreno no naturales, que responden a una intervención mecánica previa en este sitio.

Además, se ha identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0111 (Sitio 16). Ver Anexo 6.2 Mapa 6.2.3: Mapa geomorfológico del sitio S0111 (Sitio 16).

2.2.7.1 Fisiografía

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

Además, se han identificado las principales características fisiográficas que se presenta en el sitio S0111 (Sitio 16):

- Gran paisaje de Llanura Aluvial: Presenta superficies plano-depresionadas con pendientes de 0-8 % y alturas menores a 20 m respecto a los cauces. Dentro de esta unidad podemos identificar lo siguiente:
 - Paisaje de Terrazas Bajas Holocénicas, conformados por acumulaciones de arenas, limos y arcillas no consolidadas depositadas durante el Cuaternario reciente. Para el área del sitio S0111 (Sitio 16) la unidad fisiográfica es: Terrazas Bajas eventualmente inundables.
- Gran Paisaje de Colinas Denudadas: Se caracterizan por presentar superficies onduladas a disectadas con pendientes hasta 50 %, donde se puede identificar lo siguiente:
 - Colinas Denudadas del Terciario, constituidas por arcillitas y areniscas de grano fino a medio; además comprende la siguiente unidad fisiográfica para el sitio S0111 (Sitio 16) es: Colinas Bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias.

2.2.8 Cobertura vegetal

Para la descripción de la cobertura vegetal de los sitios impactados durante la fase de campo, se tomó como referencia información secundaria presentada por Pluspetrol (2007), validándose cada una de las coberturas vegetales que se mencionan en dicho estudio, las cuales a su vez tienen correspondencia con las unidades de vegetación propuestas por MINAM (2015). Las coberturas vegetales respecto a los Sitios se presentan en el Anexo 6.2 Mapa de Cobertura Vegetal del sitio S0111 (Sitio 16).

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). En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, con presencia de pequeñas quebradas que inundan parcialmente la zona en época muy húmeda.

El área impactada representaría un 40 % del área total del sitio. Está influenciada por actividad antrópica (carretera), caminos de herradura y un DDV cercano.

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

Para la identificación de los factores sociales y culturales del estudio se ejecutó una **Ficha de Relevamiento** con el objetivo de obtener información específica. Se ejecutaron entrevistas a cargo de los especialistas sociales o 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.

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.

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

Cuadro 2-6 Ficha de observación participante

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

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

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

Cuadro 2-7 Ficha de percepciones

N°	Temas	Preguntas y/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:

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 de entrevistas		61

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

- Distancias estimadas desde el sitio S0111 (Sitio 16) a la Comunidad Nativa José Olaya**

El sitio S0111 (Sitio 16) se encuentra ubicado a 9,8 km aprox. del casco comunal de la CN José Olaya. En este sitio ocurrieron derrames provenientes del oleoducto asociado a los pozos SHIV 05 y SHIV13D, así como el oleoducto que interconecta la Batería Carmen y Shiviayacu.

Cuadro 2-9 Distancia del S0111 (Sitio 16) a la CN José Olaya

Comunidad	Sectores	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (Kilómetros)	Tipo de Recorrido
CN José Olaya	Sector 1	S0111 (Sitio 16)	9,8	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.^e

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.

^e 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 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 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^f.

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 ^g.

En otras ocasiones, son los mismos pobladores quienes han adquirido calaminas (zinc) para sus techos o quienes han sido beneficiarios de una donación de calaminas, por parte del Estado o la empresa petrolera. En la CN José Olaya la mayor parte de las viviendas pueden tener paredes y una mínima separación de espacios internos, sin embargo, existen espacios únicos que funcionan de “subespacios” para dormitorio, cocina y sala de estar (lugar donde se coloca una o más

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

^g 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.

“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 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 S0111 (Sitio 16) es la misma que desde la comunidad (9,8 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 bosque^h.

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.

^h 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.

Cuadro 2-11 Institución educativa según nivel educativo y estadísticas

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

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

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

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

- **Fuentes de agua potable y alimentos: agricultura, caza y pesca**

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

Para el caso de la CN José Olaya, durante períodos de creciente, el agua de ríos y quebradas inunda el bosque y llega hasta el casco comunal. Las condiciones sanitarias que son deficientes se agudizan en ese período, situación que se complica pues los servicios higiénicos (letrinas) se inundan y se vuelven inutilizables. Con el agua “estancada” se generan focos de enfermedades como la malaria. 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.

Fotografía 2-3 Planta de tratamiento comunal



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

- **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 o a distancias muy extensas, **sin embargo, no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación.**

Fotografía 2-4 Preparación de masato en base a yuca



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

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

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

El bosque era y es un espacio vital para los Achuar, pues de él se obtienen alimentos provenientes de la caza y la recolección de frutos silvestres. En la caza, el arma principal era la cerbatana de madera, y su fabricación es una de las formas de especialización técnica en esta sociedad. También se utilizan venenos “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”ⁱ 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^j.

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 sitio S0111 (Sitio 16) 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^k (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también – adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

ⁱ 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.

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

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

Fotografía 2-5 Alimentación basada en la caza



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

• Alimentación producto de la pesca

La pesca es otra de las actividades de vital importancia junto con la caza. Esta actividad se desarrolla en el río Corrientes y en cochas con el empleo de canoas pequeñas, redes, diversos tipos de flechas, arpones, anzuelos, etc. y la utilización de vegetales como el 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 sitio S0111 (Sitio 16) 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:

Cuadro 2-12 Pesca para consumo humano

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

Fuente: Trabajo de campo. Visita de reconocimiento. Febrero 208

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). No se identificaron en el sitio S0111 (Sitio 16) 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.).¹ 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.^m

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,

¹ Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

^m 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 ⁿ

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.^o. 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 establecimiento 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^p, 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^q, 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.

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

^o 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.

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

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

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

Cuadro 2-13 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) Enfermedades infecciosas intestinales	68	1	11	7	-
(A90 - A99) Fiebres virales transmitidas por artrópodos y fiebres virales hemorrágicas	1	-	-	-	-
(B00 - B09) Infecciones virales por lesiones de la piel y de las membranas mucosas	1	-	-	-	-
(B35 - B49) Micosis	3	-	4	6	-
(B50 - B64) Enfermedades debidas a protozoarios	1	1	-	1	-
(B65 - B83) Helmintiasis	31	1	9	3	1
(B85 - B89) Pediculosis, ascariasis y otras infestaciones	1	-	2	-	-
(D50 - D53) Anemias nutricionales	1	-	1	-	-
(E65 - E68) Obesidad y otros de hiperalimentación	1	-	1	-	-
(E70 - E90) Trastornos metabólicos	-	-	-	1	-
(F80 - F89) Trastornos del desarrollo psicológico	2	-	-	-	-
(G40 - G47) Trastornos episódicos y paroxísticos	4	7	23	14	3
(H10 - H13) Trastornos de la conjuntiva	8	1	5	6	-
(H60 - H62) Enfermedades del oído externo	-	1	1	-	-
(I10 - I15) Enfermedades hipertensivas	-	-	-	1	-
(J00 - J06) Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	87	8	28	15	3
(J09 - J18) Influenza (gripe) y neumonía	-	-	-	-	1
(J20 - J22) Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores	32	1	-	-	-
(J30 - J39) Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores	1	-	-	-	-
(J40 - J47) Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	-	-	3	2	-
(K00 - K14) Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares	32	4	31	16	-
(K20 - K31) Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno	-	-	6	8	1
(K55 - K63) Otras enfermedades de los intestinos	-	-	1	-	-
(K80 - K87) Trastornos de la vesícula biliar, de las vías biliares y del páncreas	1	-	-	-	2
(L00 - L08) Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	6	2	2	10	-
(L20 - L30) Dermatitis y eczema	1	-	1	-	-
(L60 - L75) Trastornos de las faneras	1	-	1	-	-
(M00 - M25) Artropatías	2	1	7	10	1
(M40 - M54) Dorsopatías	-	-	1	13	2
(M60 - M79) Trastornos de los tejidos blandos	7	-	4	4	-
(N30 - N39) Otras enfermedades del sistema urinario	-	2	16	14	1
(N70 - N77) Enfermedades inflamatorias de los órganos pélvicos femeninos	-	-	-	1	-
(O20 - O29) Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo	-	-	1	-	-

Cuadro 2-13 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(O85 - O92) Complicaciones principalmente relacionadas con el puerperio	-	-	2	-	-
(O94 - O99) Otras afecciones obstétricas no clasificadas en otra parte	-	-	5	1	-
(R10 - R19) Síntomas y signos que involucran el sistema digestivo y el abdomen	3	14	9	6	-
(R50 - R69) Síntomas y signos generales	32	14	23	26	1
(S90 - S99) Traumatismos del tobillo y del pie	1	1	3	3	-
(T08 - T14) Traumatismos de parte no especificada del tronco, miembro o región del cuerpo	15	7	8	8	1
(T20 - T32) Quemaduras y corrosiones	-	-	1	-	-
(T66 - T78) Otros efectos y los no especificados de causas externas	8	1	7	3	-
(W00 - X59) Otras causas externas de traumatismos accidentales	-	-	-	1	-
	351	67	217	180	17

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

• Aspectos migratorios

Cabe 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 las comunidades de 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 S0111 (Sitio 16) 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 del sitio S0111 (Sitio 16).

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:

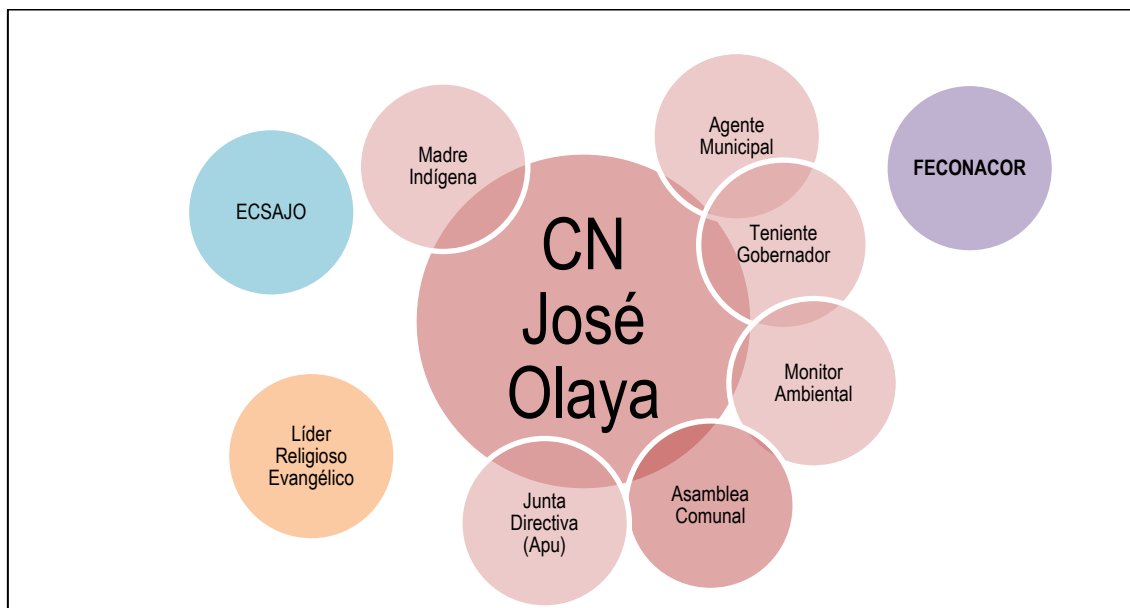
“Al encontrar una zona en donde pudieron dedicarse a la comercialización de pieles (otorongos, tigrillos, sajinos, serpientes) y extracción de resinas (leche caspi, balata, palo rosa), fundaron el pueblo. Inicialmente se establecieron en un lugar cercano a las tierras actuales, en una zona de bajal, de difícil acceso debido a las continuas inundaciones pero que, sin embargo, era rica en animales como sachavacas, motelos, paujiles, 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”^r

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.^s

^r 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.

^s 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.

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 S0111 - Sitio 16.
- 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 encuentra 14 comunidades

según Asamblea realizada el 4, 5 y 6 de agosto de 2017 en la comunidad nativa Pampa Hermosa¹. 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.º 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
- 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.

¹ <http://observatoriopetrolero.org/pronunciamento-de-feconacor-federacion-de-comunidades-nativas-de-la-cuenca-del-corrientes/>

APU

El Apu es la figura más importante en la comunidad, quien la gestiona de la mano con una junta directiva. Es la persona que toma decisiones 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 Dorissa^u el año 2006, Pluspetrol acepta la presencia de los monitores comunitarios independientes, a través de los compromisos con las comunidades achuar, cuya capacitación y salarios ha financiado a través del proyecto Plan de Salud en el marco de los acuerdos del Acta.

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

^u 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.

^v Organización histórica, previa a FECONACOR.

privada suiza Nuevo Planeta. Cabe mencionar, que el hecho de contar con un financiamiento externo garantiza al programa una mayor independencia.^w

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^x, Pluspetrol afirma que las empresas comunales promueven la generación de nuevas oportunidades laborales para la población local, a la vez que el grado de organización y capacitación que van adquiriendo les permite acceder a contratos de servicios no solo con Pluspetrol sino con otras empresas que también desarrollan actividades en la zona.

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

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

- N° partida de Ficha Registral: 11018425
- N° de socios: 249
- Fecha de Constitución: 15 de diciembre 2006

^w 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.

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

- 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 S0111 (Sitio 16). Las fuentes de información provienen de los organismos estatales como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante OEFA), Autoridad Nacional del Agua (en adelante ANA), Fondo Nacional del Ambiente (en adelante FONAM) y el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), y la información base cartográfica, entre otros.

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

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

Tipo de documento	Descripción
Documento Técnico N.º 20 - 1995	Contaminación ambiental en la amazonia Peruana-Instituto de Investigaciones de la Amazonía 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 192 (Ex 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/AAE	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 192 (Ex 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 impactado

Tipo de documento	Descripción
Informe N.º 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 02 de mayo de 2013.
Informe N.º 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.º 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.º 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.
Informe N.º 201-2016-OEFA/DE-SDCA	Informe de reconocimiento de sitios con residuos metálicos durante el monitoreo ambiental participativo en el Lote 192, realizado del 7 al 24 de agosto de 2016, en los distritos de Andoas, Trompeteros y Tigre, provincias de Datem de Marañón y Loreto del departamento de Loreto - OEFA.
Informe N.º 421-2016-OS/DSHL	Adecuación de ductos para el transporte de petróleo del Lote 192, remitido Oficio N.º 182-2016-OS-GAF.
Reporte de Campo CUC N.º 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 el sitio S0111 (Sitio 16), es necesario conocer los acontecimientos ocurridos desde los inicios de las actividades hidro carburíferas 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.

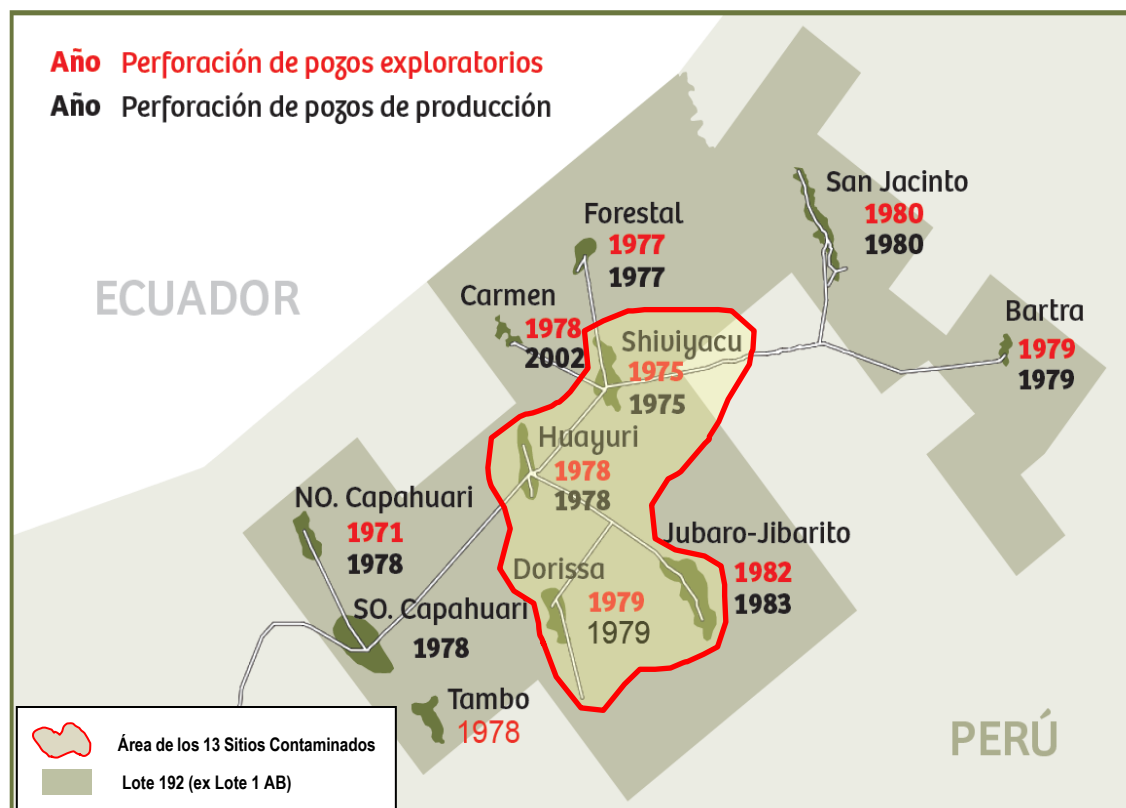
Paralelo a ello, se suscribió un contrato con Union Oil and Gas Group LTD. por el Lote 1B de 479 265 ha de extensión, el cual descubre reservas de crudo con la perforación de su primer pozo Jíbaro (los descubrimientos continuaron hasta 1989). El éxito obtenido fue tal, que conllevó a la perforación de 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 7157 bdp/día a finales de ese mismo año, debido al aumento en el número de pozos operativos (doce (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.º1 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 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. Ver Figura 3-1.

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



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

Es preciso indicar que, durante la operación de ambos lotes, se han producido derrames de hidrocarburos hacia el entorno, generando impactos ambientales negativos significativos. El impacto fue tal que 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 S0111 (Sitio 16) se detalla en el Cuadro 3-3).

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

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

Las primeras denuncias públicas se registraron en el año 1994 por parte de las federaciones indígenas sobre fugas en las tuberías del oleoducto, así como el vertimiento de aguas de producción a los ríos y suelos. Paralelamente en el año 1995 la OPCP se fusionó con Occidental Peruana Inc. Sucursal del Perú (en adelante OXY); asumiendo esta última todos los derechos y obligaciones de la OPCP. Al año siguiente, el alcalde del distrito de Trompeteros denunció públicamente a OXY y a PETROPERÚ ante la Fiscalía de la Nación, donde la Federación de Comunidades Nativas del río Corrientes (FECONACO) solicitó la conformación de una comisión especial para llevar a cabo una auditoría ambiental y la evaluación del grado de contaminación del río Corrientes. En ese mismo año el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) aprobó mediante Resolución Directoral N.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, Shiviyaçu, Forestal, San Jacinto y Bartra y la estación recolectora Andoas.

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

El 20 de abril de 2005, mediante Resolución Ministerial N.º 153-2005-MEM/AAE el MINEM aprobó el Plan Ambiental Complementario (PAC) presentado por PPN, a fin de remediar las zonas afectadas 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.º 056-2012-OEFA/DFSAL sancionó a PPN por no cumplir con el Límite Objetivo de remediación de TPH de 30 000 mg/kg en los sitios de SHIV12 y SHIV37.

Tras las demandas y la reactivación de los conflictos violentos en la zona, entre el 25 al 29 de junio de 2012, la Comisión del Congreso del Grupo de Trabajo sobre la Problemática Socio-Ambiental en las Comunidades Nativas ubicadas en las cuencas de los ríos Pastaza, Corrientes, Tigre y 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 contaminados, 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, 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 S0111 (sitio 16)

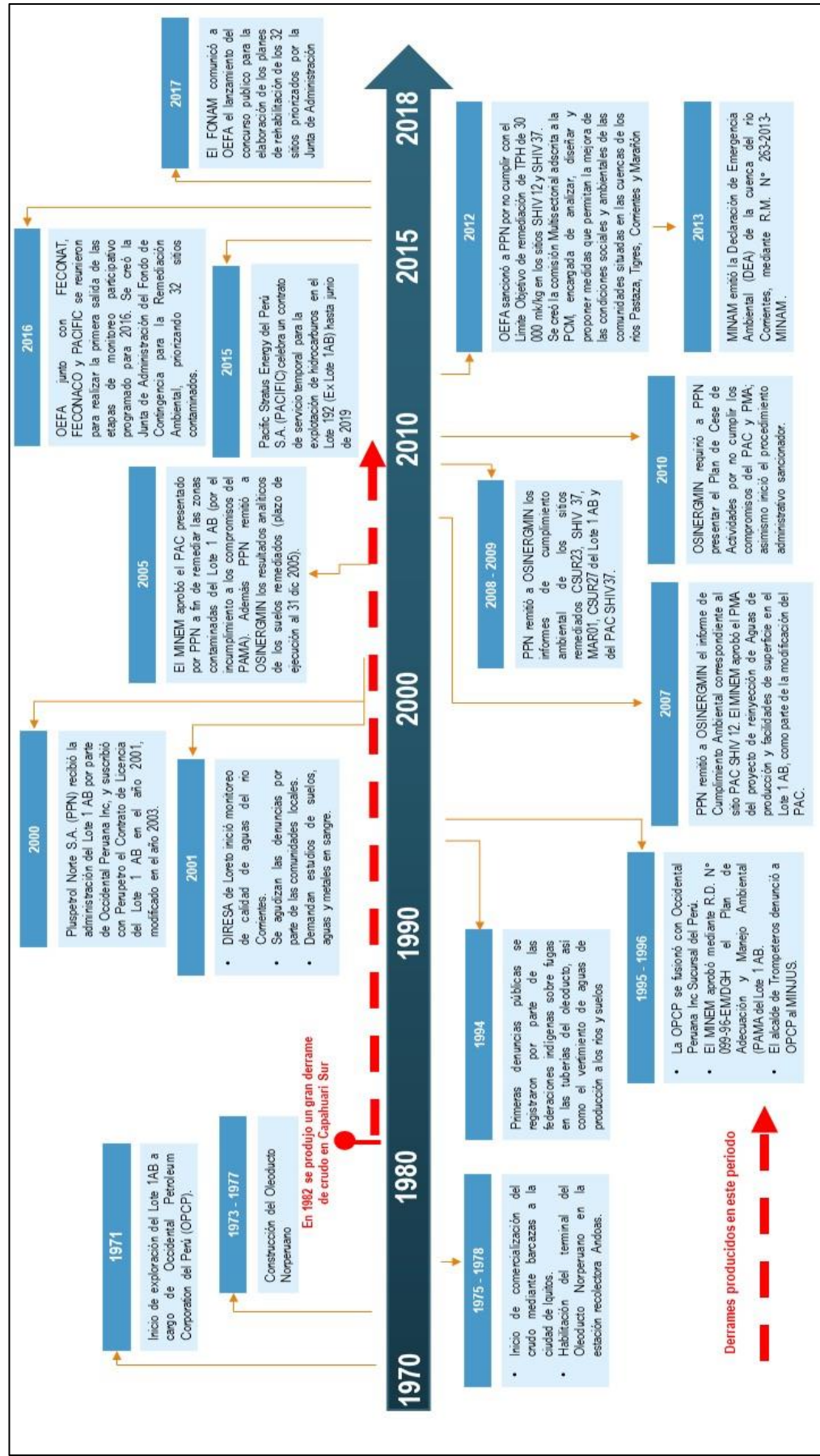
De lo expuesto líneas arriba, el sitio S0111 (Sitio 16) se relaciona directamente con las tuberías que interconectan las Baterías Carmen y Shiviayacu, así como el oleoducto que conecta los pozos SHIV 05 y SHI13D.

Las actividades hidrocarburíferas específicamente en el sitio S0111 (Sitio 16) datan del año 1975 con el descubrimiento y perforación del yacimiento Shiviayacu, donde el crudo extraído presentaba

bajo contenido de agua; siendo óptimo su procesamiento y aprovechamiento por aquellos años. Hasta antes de la implementación del Oleoducto Norperuano, se enviaba la producción de petróleo hacia la estación Marsella, para luego ser transportada vía fluvial hacia Iquitos; y con la construcción de dicha infraestructura, se enviaba la producción a la Estación N° 1 del Oleoducto Norperuano, situado en San José de Saramuro.

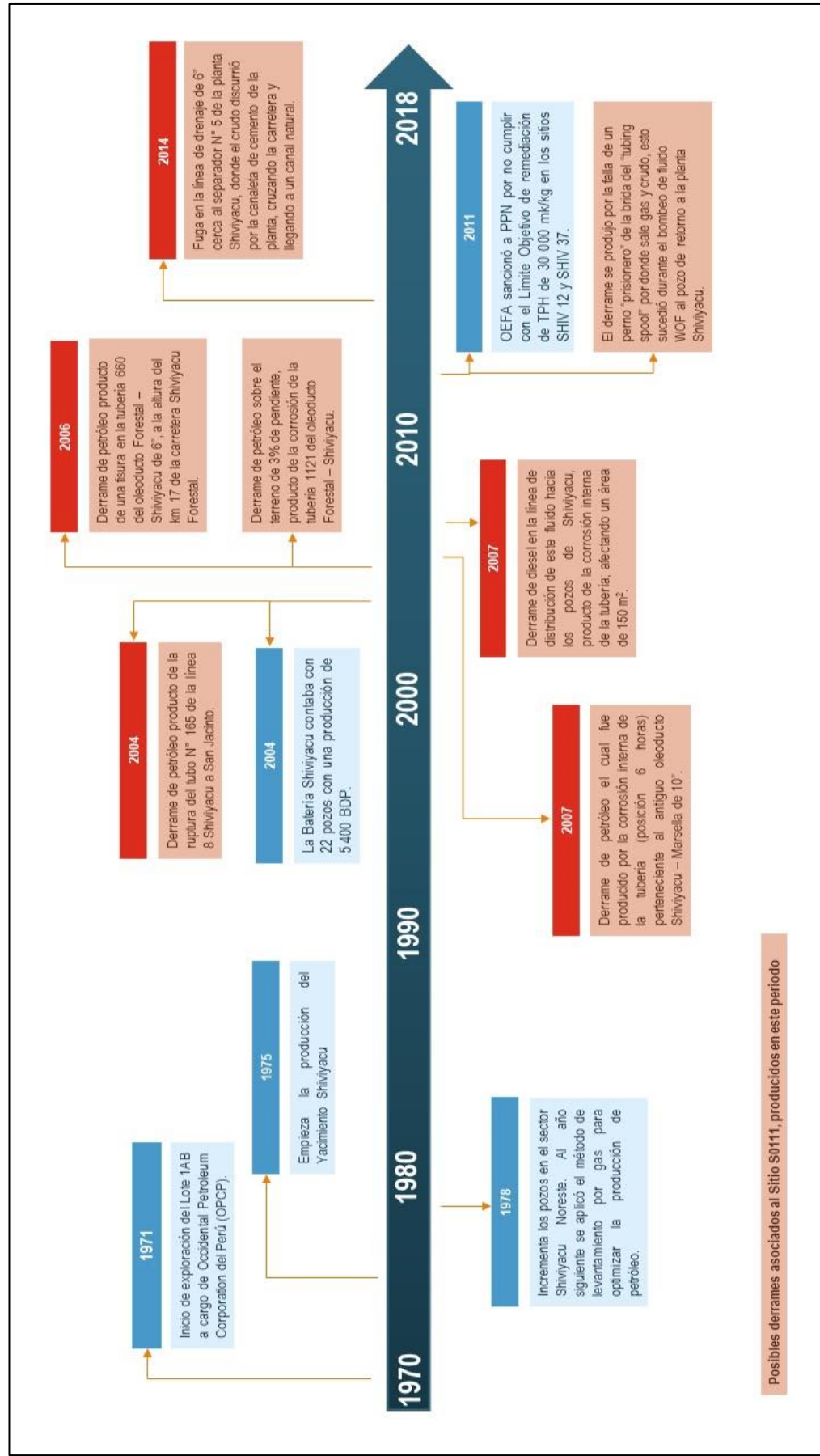
Los eventos relacionados al sitio S0111 (Sitio 16) se pueden ver en el Cuadro 3-3. Registro de fugas y derrames posiblemente relacionadas al sitio S0111 (Sitio 16); y en la Figura 3-2 se exponen estos eventos de manera ilustrativa a través de una línea de tiempo.

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



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

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



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

Cuadro 3-2 Resumen de los alcances de los estudios previos consultados para el sitio S0111 (Sitio 16)

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)				
S0111 (Sitio 16)	373 351	9 723 714	S-10	Se tomó una muestra a 300 m de la batería Shiviya, se encontraron excedencias de las fracciones F2 y F3.	QShiPo13	Se tomó una muestra en la Quebrada Shiviya, cercana a los pozos 5 y 13 del Yacimiento Shiviya. Se encontró excedencias de plomo y cadmio.

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

Cuadro 3-3 Registro de fugas y derrames relacionados al sitio S0111 (Sitio 16)

N.º	Fecha	Lugar	Sustancia	Descripción
1	19/02/04	Oleoducto de 8" Shiviayacu-San Jacinto	Petróleo	El derrame se produjo por la rotura del tubo N.º 165 de la línea de 8" (bombeo de crudo liviano de Shiviayacu a San Jacinto y línea de producción de los pozos de San Jacinto 10, 11 y 12), cuyo orificio fue de 4.7 mm de diámetro.
2	27/11/06	Tubo 1121 del oleoducto Forestal-Shiviayacu de 6" a la altura del km 2+100 de la carretera Shiviayacu - Forestal	Petróleo	Producto de la corrosión interna en posición 06 horas, a 6" de la brida aislante instalada. El terreno impactado estaba cubierto de hojarasca y una pendiente de 3%, asimismo se detuvo el bombeo desde Forestal, se colocó una grapa en el punto de falla de la tubería y se realizó la limpieza del área.
3	06/12/06	Tubo 660 del oleoducto Forestal-Shiviayacu de 6", a la altura del km 17 de la carretera Shiviayacu-Forestal	Petróleo	Se detectó una falla mecánica por abolladura (caída de árbol) donde la fisura era semejante al corte irregular de una navaja de diámetro de 1/16" posición 3 horas.
4	07/02/07	Antiguo oleoducto Shiviayacu Marsella de 10" fuera de servicio desde hace 15 años. A la altura de la carretera Shiviayacu-San Jacinto	Petróleo	Producto de la falla de corrosión interna de la tubería posición 6 horas, con agujero de 1/8", las labores de limpieza del sitio fueron de 5 días aproximadamente.
5	21/03/07	Km 6+800 carretera Shiviayacu a Forestal en línea de 2 7/8" de distribución de diésel	Diesel	Se produjo el derrame por un leak de 1/8" en posición 06:00 h, en la línea de distribución de diésel a los pozos de Shiviayacu. El orificio se produjo por corrosión externa del tubo. El área afectada fue de 150 m².
6	28/10/11	Locación del Pozo Shiviayacu 30	Petróleo	El derrame se produjo por la falla de un perno "prisionero" de la brida del "tubing spool" por donde sale gas y crudo, esto sucedió durante el bombeo de fluido WOF al pozo de retorno a la Planta Shiviayacu.
7	04/08/14	Línea de 6" cerca de separador #5 planta Shiviayacu	Petróleo crudo	Durante el recorrido de planta, se detectó una fuga en la línea de drenaje de 6" de las arenas de los separadores y separador de prueba, donde el crudo discurrió por la canaleta de cemento de la planta, cruzando la carretera y llegando a un canal natural.

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

3.2 Uso actual del área.

El sitio S0111 (Sitio 16) 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 S0111 (Sitio 16) es atravesado por dos sistemas de oleoductos: el primero, que lleva crudo desde los pozos SHIV 05 y SHIV13D y el segundo, el oleoducto que interconecta la Batería Carmen con la Batería Shiviayacu y 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.º 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 S0111 (Sitio 16).

Sin embargo, es importante mencionar, que el 75 % del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas, por el cual transita libremente fauna local (ej. *Opisthocomus hoazin*: “sansho”, *Mazama americana*: “venado”, *Cuniculus sp.*: “majaz”, *Tapirus terrestres*: “tapir”, *Dasyus sp.*: “armadillo”, *Tapirus terrestres*: “tapir”) por lo que se infiere que existe un potencial uso de los servicios ecosistémicos que este 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 rehabilitación/remediación del sitio S0111 (Sitio 16) 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 tiene una escasa superficie (alrededor de 0,096 ha, aproximadamente).

Es importante mencionar que el sitio impactado S0111 (Sitio 16) se ubica en la cuenca media-alta del río Tigre.

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

No se identificaron en el entorno, fuentes potenciales de contaminación, esto considerando aproximadamente 100 metros alrededor del sitio.

3.3.2 Focos potenciales de contaminación en el entorno

No se identificaron en el entorno, focos potenciales de contaminación, esto considerando aproximadamente 100 metros alrededor del sitio.

3.3.3 Fuentes potenciales de contaminación dentro del sitio

El entorno del sitio S0111 (Sitio 16) es atravesado por dos sistemas de oleoductos: el primero, que lleva crudo desde los pozos SHIV 05 y SHIV13D y el segundo, el oleoducto que interconecta la Batería Carmen con la Batería Shiviya y Huayurí.

Asimismo, considerando las imágenes de históricas en Google Earth por los años 70 aproximadamente (no se precisa la fecha exacta) no se visualiza fuentes adicionales, sin embargo, es importante mencionar que la imagen satelital disponible para esta fecha no cuenta con una resolución óptima.

Figura 3-4 Imagen histórica del sitio S0111 (Sitio 16)



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

Figura 3-5 Imagen actual del sitio S0111 (Sitio 16)



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

Por tanto, las fuentes de contaminación asociadas serían:

Cuadro 3-4 Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0111 (Sitio 16)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Descripción	Evidencias
	Este (m)	Norte (m)			
Oleoducto asociado a los pozos SHIV 05 y SHIV13D	373 369	9 723 749	Activo	Foto 2	Relevamiento en campo
Oleoducto que interconecta las baterías Carmen y Shiviayacu	373 367	9 723 795	Activo	Foto 1	Relevamiento en campo

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

Fotografía 3-1 Infraestructura cercana al sitio S0111 (Sitio 16)

	
Foto 1. Oleoducto que interconecta las baterías Carmen y Shiviayacu	Foto 2. Oleoducto asociado a los pozos SHIV 05 y SHIV13D

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

3.3.4 Focos de contaminación

Durante la fase de relevamiento del sitio, realizada el día 23 de febrero de 2018 por los especialistas de JCI-HGE en compañía del monitor ambiental y personal de apoyo de la comunidad, se encontraron hallazgos de potencial contaminación. Durante las labores de campo se evidenció signos de contaminación y hallazgos cercanos a las quebradas S/N que se atraviesan sobre el sitio impactado.

Cuadro 3-5 Focos potenciales de contaminación en el sitio S0111 (Sitio 16)

N°	Número de foto	Contaminante/Evidencia	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)
1	Foto 1	Crudo en suelo superficial y sondeo. Medio afectado: suelo.	373 355	9 723 708
2	Foto 2	Signos de afectación (iridiscencia). Medio afectado: suelo.	373 355	9 723 708

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



Fotografía 3-2 Evidencias de contaminación o focos asociados al sitio S0111 (Sitio 16)



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.

Cuadro 3-6 Focos potenciales de contaminación en el sitio S0111 (Sitio 16)

Foco potencial de contaminación	Vías de propagación y exposición relevante	Sustancias relevantes	Receptores
Crudo en suelo superficial y sondeo. Medio afectado: Suelo. (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 circulen en el sector - Receptores ecológicos
Signos de afectación (iridiscencia): Medio afectado: (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 circulen en el sector - Receptores ecológicos

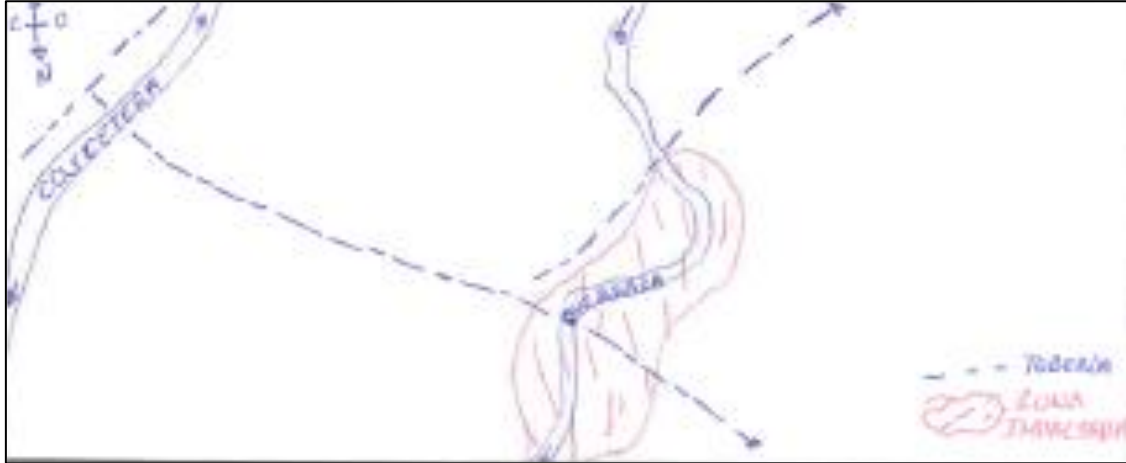
3.4 Fuentes de contaminación asociadas a fugas, derrames visibles, zonas de tanques de combustibles, insumos químicos, pozos, tuberías, pozas de lodos petroleros áreas de almacenamiento de sustancias, residuos y otras fuentes, productos de las actividades de hidrocarburos; e identificación de aspectos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

Durante las labores en campo para el reconocimiento del sitio se identificó dos sistemas de oleoductos: el primero, que lleva crudo desde los pozos SHIV 05 y SHIV13D y el segundo, el oleoducto que interconecta la Batería Carmen con la Batería Shiviayacu y Huayurí.

De acuerdo con la información proporcionada por los monitores ambientales, en los primeros años de Pluspetrol, ocurrió una rotura en la tubería debido a la corrosión y fue afectada una quebrada, realizándose trabajos de remediación en el año 2007, donde se limpió la quebrada afectada.

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 S0111 (Sitio 16)



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

3.5 Método para la caracterización del sitio impactado:

3.5.1 Diseño del plan de muestreo en detalle y alcance.

La fase de caracterización del suelo en el sitio en estudio se ejecutó en dos campañas de muestreo: la primera fue llevada entre los meses de mayo a julio el 2018, 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 (visita de reconocimiento) y delimitación del área de interés: Durante esta etapa, se realizó un recorrido del sitio para identificar focos y fuentes contaminación, así como la extensión de la contaminación y potenciales receptores;
- Elaboración del modelo conceptual preliminar de contaminación: En base a la fase de reconocimiento, se identificó las áreas fuente, áreas de transporte, área de validación y el área de potencial interés.
- Elaboración del plan de muestreo: Durante esta etapa se elaboró el plan de muestreo del sitio contemplando dos campañas de muestreo:
 - a) En la primera campaña de muestreo (época húmeda) se contempló la toma de muestras de suelos en el área delimitada por el modelo conceptual: área fuente, área de transporte, área de validación y el área de potencial interés, asimismo se contempló la toma de muestras de agua superficial y sedimentos, agua subterránea, caracterización biológica con el objeto de validar el modelo conceptual inicialmente planteado.
 - b) En la segunda campaña de muestreo (época seca), se realizó la toma de muestras de agua superficial, sedimentos e hidrobiología de época, asimismo, se adicionó estaciones de muestreo, donde en la campaña previa se encontraron excedencias en algunos parámetros

establecidos por la legislación nacional o internacional, según sea el caso. Asimismo, en el caso de suelos, con los resultados preliminares de laboratorio (campaña previa época húmeda) se consideró la toma de muestras adicionales sobre las muestras con excedencias que se encontraban sobre el perímetro del área delimitada por el modelo conceptual con el fin de confirmar la extensión de la contaminación y el área final impactada. En el caso de las aguas subterráneas, donde en algunos casos, se encontró excedencias a los estándares de calidad internacional (Alberta Tier 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. En el caso de presentar una quebrada muy cercana se tomará muestras de agua y sedimentos para comprobar su interacción mutua.

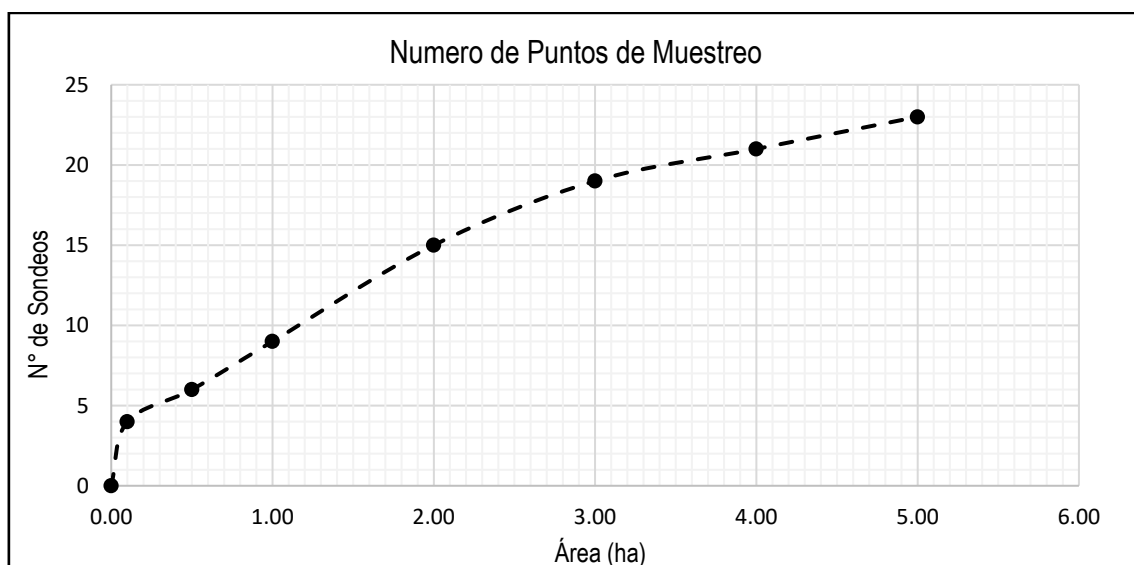
Los criterios o lineamientos para la toma de muestras en las diferentes matrices ambientales se detallan a continuación:

3.5.1.1 Muestreo de suelos

La localización, distribución y número de puntos de muestreo se estableció para el sitio S0111 (Sitio 16), siguiendo los criterios que permitan establecer una distribución representativa y enfocada en los objetivos del estudio basados en los lineamientos y recomendaciones de la Guía de Muestreo de Suelos (R. M. N.º 085-2014-MINAM).

Se trató de densificar y ubicar puntos de perforación profunda en zonas bajas, donde el modelo conceptual detecta almacenamiento de contaminantes y potenciales vías de transporte hacia acuíferos. 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:

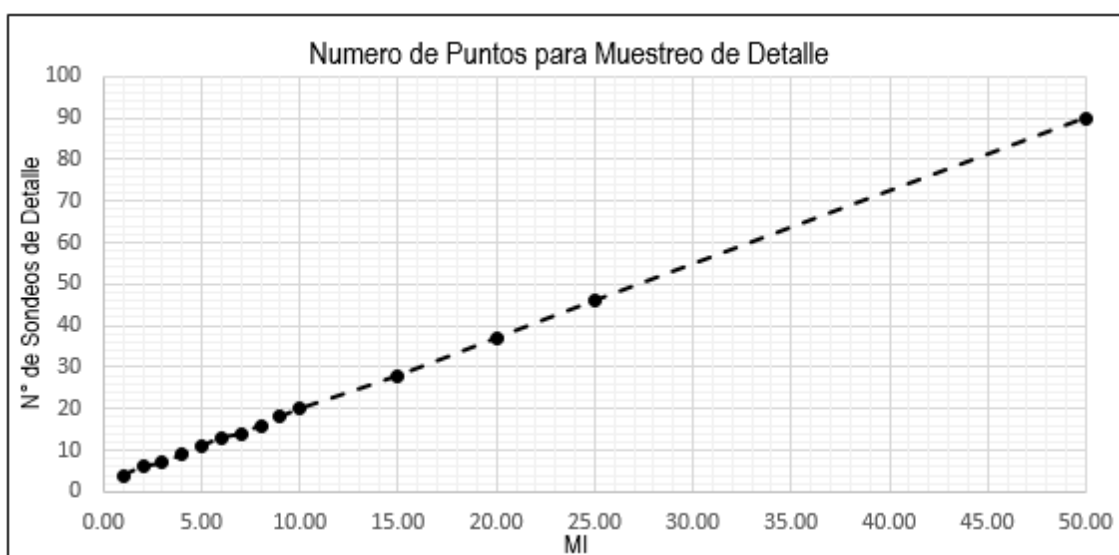
Cuadro 3-7 Estimación del número de sondeos de identificación por sitio: época húmeda

Sitio - Código OEFA	Área (ha)	Número de puntos de muestreo
S0111 (Sitio 16)	0,4	5

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
S0111 (Sitio 16)	0,4	6	13	10	Se tomó en consideración los estándares establecidos por la Guía para el Muestreo de Suelos, sin embargo, se mantuvo por debajo del muestreo de detalle ya que el número planteado se consideró suficiente e ideal para dar profundidad máxima y media según las necesidades dentro del polígono y por consiguiente lograr los objetivos propuestos.

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 con barrenos. Adicionalmente, se planteó la captación de muestras en las áreas de validación (áreas con potencial afectación, 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 manuales en el perímetro del sitio impactado a fin de determinar la extensión del área afectada.

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

Cuadro 3-9 Sondeos complementarios

Código OEFA	Área (ha)	Número sondeos adicionales (Total)	Consideraciones técnicas
S0111 (Sitio 16)	0,4	0	Sondeo complementario para evaluar la extensión del polígono
	0,4	2	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);
- Sondeos a profundidad, las cuales en algunos casos superó los 7 metros en zonas donde se evidenció presencia de contaminantes o subsuelo afectado, o lecturas de COV obtenidas en la prueba *head space* con el PID (*Photoionization detector*).

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

3.5.1.2 Muestreo de agua subterránea

La toma de muestras de agua subterránea se realizó en dos 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 de muestreo. 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 de interés, se estableció un número determinado de unidades muestrales (transectos) sobre los cuales se realizó la evaluación de fauna y flora (vegetación, aves) considerando los siguientes componentes:

- Vegetación
- Aves
- Mamíferos mayores y menores
- Reptiles

- Hidrobiología y necton. La descripción de la metodología se encuentra descrita en el punto 3.5.2.5.

3.5.2 Descripción del trabajo en campo.

3.5.2.1 Muestreo de suelos

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

- **Sondeo manual:** Los sondeos manuales, usando barreno, se realizaron para obtener muestras de suelo perturbadas hasta profundidades de 1,2 m para la época húmeda y de hasta de 2 m en la época seca. Las perforaciones en el sitio S0111 (Sitio 16) se realizaron hasta alcanzar la profundidad de 1,20 mbns y sirvieron básicamente para delimitar la extensión horizontal de la afectación. En el Anexo 6.5 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 S0111 (Sitio 16)



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

- **Sondeos con equipo:** El método permite determinar la resistencia de un suelo a la penetración, a la vez que permite obtener una muestra de suelo representativa. Operativamente, el método consiste en la hincada de un toma-muestras normalizado, mediante la caída de una masa de 63,5 kg de peso desde una altura de 76 cm. La hincada se efectúa en tres tramos de 15 cm cada uno, denominándose valor N a la suma de golpes de los últimos dos tramos.

Para efectuar la prueba el muestreador se enrosca al extremo de la tubería de perforación y se baja hasta la profundidad requerida. Las ventajas que ofrece este sistema son: (i) permite la realización de sondeos en puntos de difícil acceso debido al escaso volumen que la maquinaria

ocupa y a la facilidad de manejo del conjunto de percusión y extracción, (ii) es un método fiable para la realización de sondeos en zonas no saturadas, (iii) no requiere desplazamientos costosos de maquinaria pesada. Se utilizará la normativa ASTM D-1586.

Se dispone de un (1) equipo provisto de un trípode y un motor para lograr la profundidad deseada y recuperación de muestras semi alteradas con cuchara partida (Split Spoon Sampler). Los sondeos con equipo se realizaron a una profundidad que varía de 2.7 a 5 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).

• 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 Resultado de medición de COV's

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 las consideraciones en campo.

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

Fotografía 3-4 Muestreo de suelos con equipo - sitio S0111 (Sitio 16)

	
Perforación con equipo sondeo con equipo	Muestra extraída a través el método sondeo con equipo

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

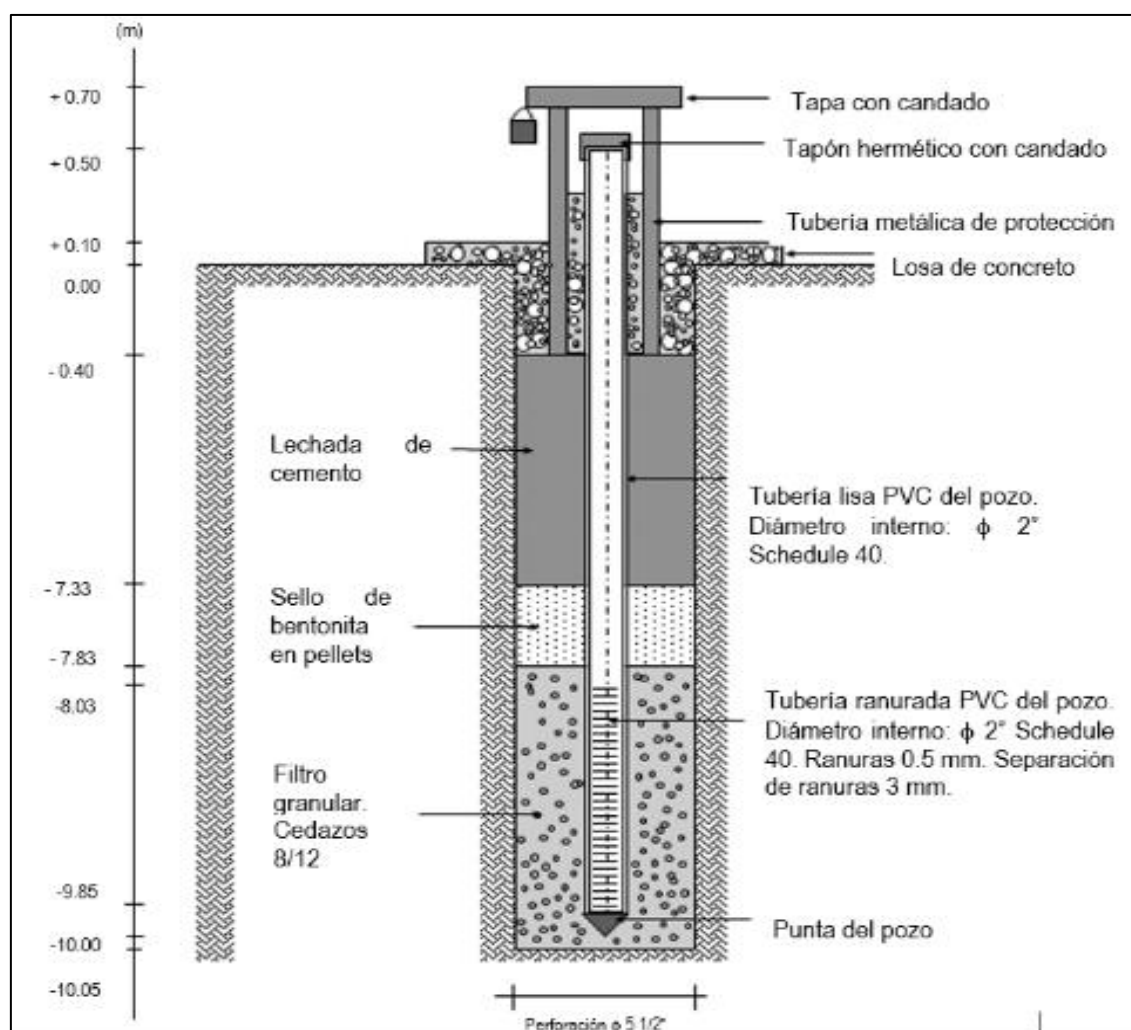
En el Anexo 6.5 se presenta la Documentación del muestreo de detalle y en el Anexo 6.7 se muestra la Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

3.5.2.2 Muestreo de aguas subterráneas

El muestreo de agua subterránea contempló las siguientes actividades:

- **Construcción de piezómetros:** Los piezómetros fueron contruidos en algunos casos con sondeo manual, usando una cuchara cerrada o abierta (tipo holandés) de 4" y en otros casos, mediante sondeo con equipo. El método consiste en la hinc a de un toma-muestras normalizado, mediante la caída de una masa de 63,5 kg de peso desde una altura de 76 cm. La hinc a se efectúa en tres tramos de 15 cm cada uno, denominándose valor N a la suma de golpes de los últimos dos tramos.
- Durante el proceso sondeo manual, se realizó la descripción litología de los tramos en los que se vayan recuperando muestras. Cuando se encontró el nivel freático, se realizó una limpieza del pozo (retirando el agua en la perforación) para facilitar la perforación e instalación del piezómetro. En la Figura 3-9 se describe los detalles constructivos que siguieron los piezómetros de monitoreo y las especificaciones de los materiales.

Figura 3-9 Detalles constructivos típicos de terminación de pozos



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

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

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

Fotografía 3-5 Construcción de piezómetros - sitio S0111 (Sitio 16)

	
Sondeo manual para la construcción de piezómetros	Descripción de los estratos previo a la instalación del piezómetro
	
Instalación del piezómetro	Piezómetro construido.

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

- **Desarrollo del piezómetro (purga) y monitoreo de agua subterránea:** Con el objeto de asegurar que el agua captada de cada pozo sea representativa al agua de la formación acuífera, se procedió a realizar la limpieza y desarrollo del pozo, esta labor se ejecutó mediante achicamiento y/o baldeo con el uso de bailers. En el Anexo 6.5 Documentación del muestreo de detalle se presenta las fichas de campo.

Fotografía 3-6 Desarrollo de piezómetros - sitio S0111 (Sitio 16)

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

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

3.5.2.3 Muestreo de aguas superficial y sedimentos

La toma de muestra de agua se realizó con toma directa, buscando el flujo representativo del cuerpo de agua en el sitio. Las muestras de agua de ríos y de arroyos se extrajeron de preferencia de la zona central del río o de una zona donde fluya el agua. Para el muestreo de sedimentos acuáticos se utilizó tanto palas de mano como bandejas de acero inoxidable y/o plástico. En el Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle, se presenta las planillas de campo de agua superficial y sedimentos y en el Anexo 6.7 Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

Fotografía 3-7 Muestreo de agua superficial y sedimentos - sitio S0111 (Sitio 16)



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

3.5.2.4 Geofísica

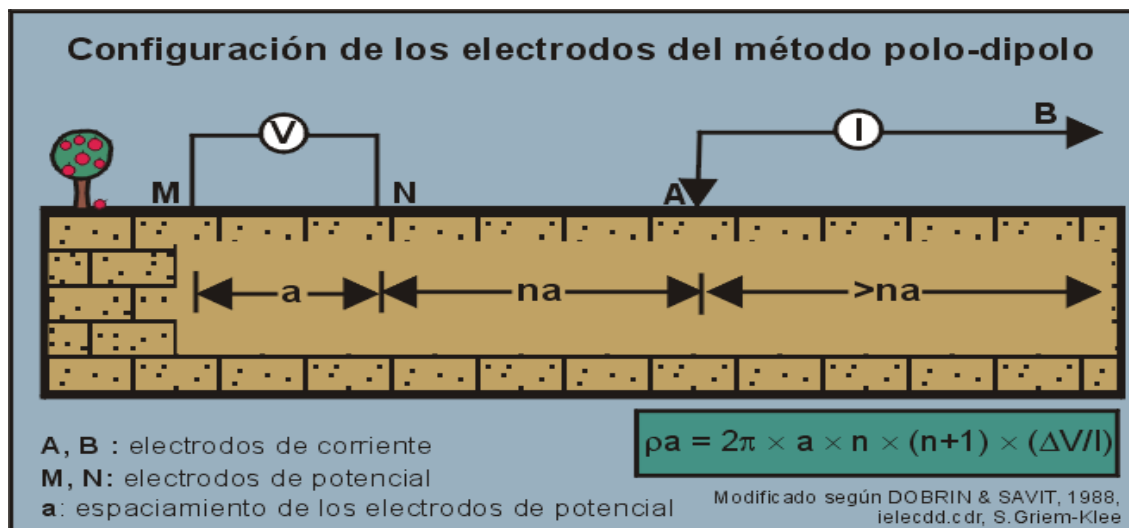
A. Tomografía eléctrica

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.

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).

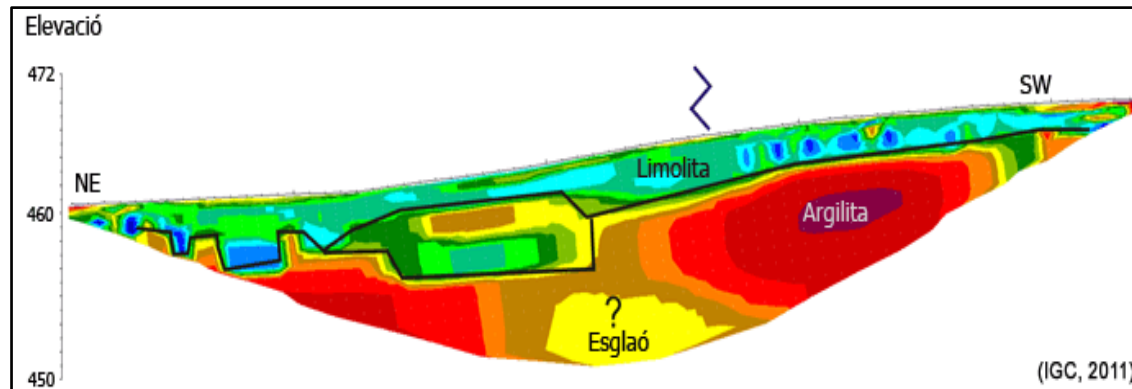
Figura 3-10 Configuración de los electrodos del arreglo polo-dipolo



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

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

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



Fuente: IGC,2011.

Para este trabajo se ha utilizado la Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT en inglés), que es una técnica que consiste en enviar impulsos eléctricos al subsuelo y medir la resistencia que ofrecen los materiales al paso de la corriente a diferentes profundidades, por medio de electrodos colocados a lo largo del perfil de interés. Una vez atribuidos los valores de resistividad que corresponden a cada material (por ejemplo: agua, sedimentos y roca) se logra determinar la extensión, profundidad y dirección que tienen estos materiales en el subsuelo. El objetivo de la tomografía eléctrica fue el de identificar lugares de ubicación de los piezómetros.

En el Anexo 6.5 Documentación del muestreo de detalle se presenta las planillas de campo de Tomografía y Anexo 6.7 Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización)

Fotografía 3-8 Tomografía - sitio S0111 (Sitio 16)



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 en los 4 sectores fueron: Bosque de terrazas bajas (Bt-b), Bosque de colinas bajas (Bcb) y Áreas de no-bosque amazónico (Ano-bo), conformado por Botaderos y "purmas" (de origen antrópico). 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 dos (2) transectos de evaluación para fauna y 2 transectos de evaluación para flora.

En el Anexo 6.5 Documentación del muestreo de detalle, se presenta los registros de muestreo de flora y fauna, y Anexo 6.7 Memoria fotográfica del sitio y de los trabajos efectuados (caracterización).

• 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 punto de registro 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.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0111 (Sitio 16)-época húmeda y Mapa 6.4.6: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología del sitio S0111 (Sitio 16)-época seca.

La metodología de estudio se describe en el siguiente acápite:

A. Vegetación

Las metodologías consideradas fueron:

- Muestreo Aleatorio estratificado: Este tipo de muestreo requiere de la estratificación del área a evaluar y en donde la selección de las muestras es aleatoria, pero solo al interior de cada estrato o unidad de vegetación.^y
- 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.^z

B. Mamíferos

La metodología considerada, consistió en la siguiente:

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.^{aa}

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

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

- *Mamíferos mayores:* El registro se realizó utilizando Censos por transecto lineal, recorridos diarios de ida y vuelta de aproximadamente, 200 m en cada estación de muestreo a distintas horas del día durante la mayor actividad de las especies. Los censos se realizaron entre las 07:00 y las 16:00 horas. En los recorridos se buscaron evidencias directas (observaciones y vocalizaciones) e indirectas (huellas, heces, comederos, pelos, madrigueras, restos óseos, etc.) de la presencia de mamíferos mayores. Todas las evidencias fueron fotografiadas. Los

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

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

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

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, bañaderos, olores, heces, pelos, excavaciones, madrigueras y otros rastros que son característicos y reconocidos por los pobladores locales (Rumiz et al., 1998).

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

C. Aves

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

D. Reptiles

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

E. Hidrobiología y Necton

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

- **Fitoplancton:** El fitoplancton fue colectado directamente en un frasco de polietileno de 500 ml. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron inmediatamente almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 5 % para su posterior separación e identificación de los organismos. (MINAM, 2014).

- **Zooplankton:** El zooplankton fue colectado mediante un arrastre de red planctónica en la superficie de agua a través de una red cónica de 20 micras de abertura de malla. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron inmediatamente almacenadas en frascos de plástico, etiquetados y fijados con formol al 5 % para su posterior separación e identificación de los organismos (MINAM, 2014).
- **Bentos:** Los organismos del fondo fueron colectados y filtrados en una red Surber de 900 cm² de abertura de malla con 500 micras de tamaño de malla, maniobrada por el personal especialista. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron colocadas en frascos de boca ancha de 500 ml debidamente etiquetados por punto de muestreo y transecto y fijadas con alcohol al 70 % para su posterior separación e identificación de los organismos (MINAM, 2014).
- **Perifiton:** Se realizó un raspado en piedras o sustratos blandos sobre un área de 25 cm² hasta 100 cm². Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología. Las muestras fueron colocadas en frascos de 250 ml y fijadas con 0,5 a 1 ml de Lugol, agitándolas por unos minutos, para finalmente preservarlas en formalina al 5 %. (MINAM, 2014).
- **Necton:** Para el muestreo se empleó una atarraya de 2 brazas, una red de arrastre (5 m x 2 m; 10 m x 2 m y abertura de malla de 1 cm) y una red de espera con tamaño de malla 2" 50 m x 3 m. Las muestras colectadas fueron fotografiadas en fresco, utilizando acuarios o directamente sobre una superficie plana con una escala de medida como referencia. Luego, dependiendo de los objetivos, fueron identificadas, o se contaron, se midieron y pesaron. Todos los datos se registraron en la Ficha de Datos de Campo de Hidrobiología (MINAM, 2014).

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

Ver Anexo 6.4 Mapas 6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de biología e hidrobiología del sitio S0111 (Sitio 16)-época húmeda y Anexo 6.4 Mapa 6.4.6: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de hidrobiología del sitio S0111 (Sitio 16)-época seca.

3.5.3 Materiales y aspectos logísticos

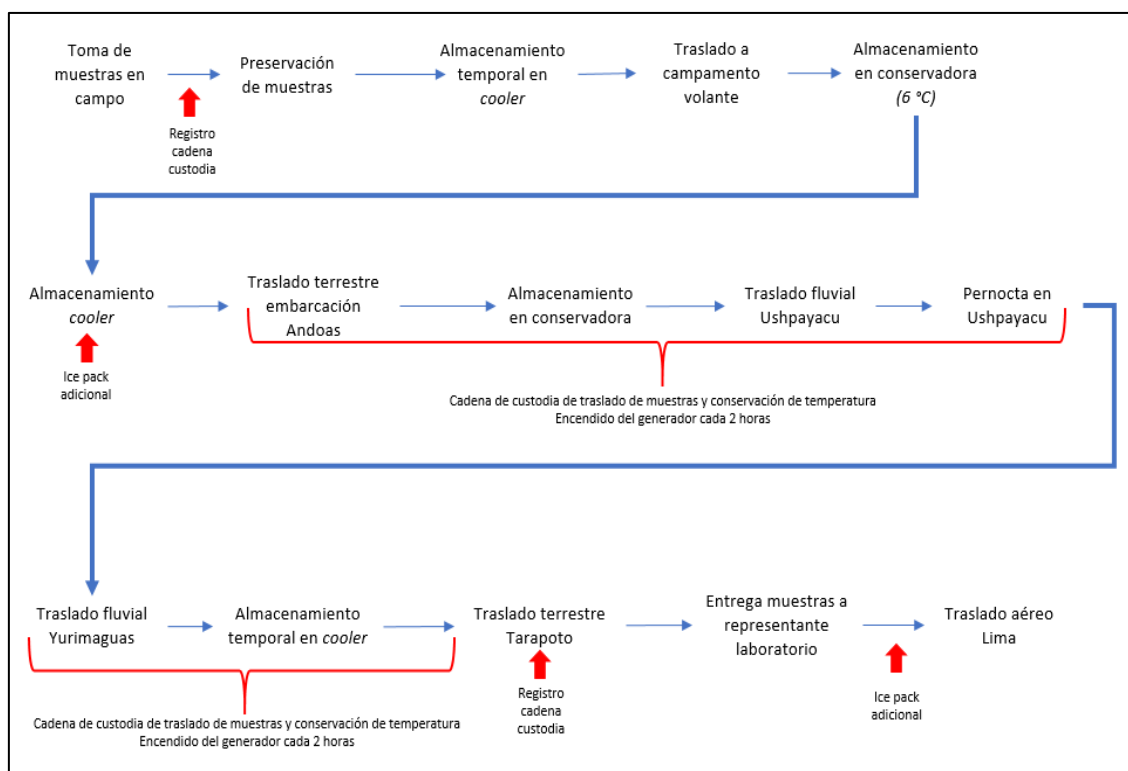
El ingreso de materiales a la zona de estudio fue por vía fluvial en embarcaciones apropiadas de acuerdo con la carga requerida, siguiendo la ruta Yurimaguas-Comunidad Nativa Nuevo Andoas y/o Nauta-Comunidad Nativa Nuevo Andoas. Para la etapa de campo, tanto en época húmeda y seca, se programó primero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

Ya durante la ejecución de los trabajos de campo, se programó de (5) a seis (6) ingresos para trasladar las muestras para los análisis laboratorio, para ser trasladados vía terrestre hasta Comunidad Nativa Nuevo Andoas, de allí por vía fluvial hasta Ushpayacu y de allí a Yurimaguas para finalmente ser trasladadas por vía terrestre hasta Tarapoto donde finalmente serán enviadas por vía aérea hasta Lima. El traslado vía fluvial tiene un tiempo de duración de dos (2) días. En

esta se llevará una conservadora, más coolers más *ice pack* suficiente que permitan mantener la temperatura hasta el punto de entrega al laboratorio en Tarapoto, donde este será el encargado de preservar la temperatura de las muestras hasta su llegada al laboratorio en Lima.

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

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 INACAL, asimismo las muestras duplicadas.

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

- **Acompañamiento de las muestras**

En todo momento durante la toma de muestras y el traslado de estas, las muestras fueron acompañadas por un monitor ambiental de la cuenca (uno por cada comunidad) y un responsable

de laboratorio, desde el lugar de toma de las muestras hasta el Laboratorio AGQ (Lima), asegurándose del correcto traslado de estas, control de la temperatura, así como custodia de estas.

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 AIZUETA
 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.

De acuerdo con las reuniones técnicas realizadas entre FONAM, la supervisora y JCI-HGE, se determinó duplicar el 5 % 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 01 muestras.

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

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

3.6 Descripción de los resultados de campo y de laboratorio.

En la presente sección se detalla la cantidad de muestras tomadas en la etapa de campo y resultados obtenidos del análisis de laboratorio de las muestras de suelo, sedimentos, agua superficial, agua subterránea, hidrobiología, vegetación y fauna (análisis cualitativo). Los cuales fueron recolectados en la época húmeda y época seca respectivamente. Sin embargo, no se realizó la toma de peces (necton) dado que las quebradas cercanas no presentaban las condiciones necesarias en ambas épocas.

La ubicación espacial de los puntos muestreados para suelos (sondeos manuales, sondeos con máquina y niveles de fondo), agua superficial, sedimentos, agua subterránea, biología, hidrobiología se muestran en los anexos, los cuales se estructuran de la siguiente manera: Anexo 6.4 Mapas numerados por cada acápite del presente informe; Anexo 6.5 plantillas de campo descritas en el Anexo 6.7 Galería fotográfica, Anexo 6.9 Hojas de datos de seguridad de materiales y Anexo 6.10 Data de laboratorio del sitio S0111 (Sitio 16).

3.6.1 Resultados de campo (época húmeda)

Se tomaron muestras para distintos medios (suelos, sedimentos, aguas e hidrobiología), cuyas cantidades se mencionan en los siguientes 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 con equipo, sondeos manuales y muestras duplicadas), sedimentos, agua superficial, agua subterránea, flora y fauna e hidrobiología. También tomaron muestras duplicadas para el control de calidad de datos, estas muestras fueron enviadas al laboratorio acreditado contratado (SGS) para este fin.

3.6.1.1 Suelos

Para la toma de muestra de suelos se utilizaron dos métodos los cuales fueron explicados en acápite anteriores (3.5.2 Descripción del trabajo de campo). Como la parte del muestreo de suelo

se realizó la toma de muestras de niveles de fondo, así como la toma de 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 PID.

A. Sondeos manuales

Se realizaron nueve (9) sondeos manuales a 1,2 metros de profundidad en esta época. Paralelamente se realizó las medidas con PID con la finalidad que el especialista defina mejor la profundidad de la toma de muestra.

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

Cuadro 3-11 Ubicación de sondeos manuales

Código	Profundidad de Muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0111-S001	0,6	373 363	9 723 694	31/05/2018	No	21,6
S0111-S002	0,9	373 356	9 723 707	31/05/2018	Si	6,1
S0111-S003	0,6	373 357	9 723 762	31/05/2018	No	3,8
S0111-S004	1,2	373 358	9 723 782	31/05/2018	Si	13,6
S0111-S005	0,9	373 348	9 723 810	31/05/2018	No	7,7
S0111-S006	0,6	373 334	9 723 806	31/05/2018	No	0
S0111-S011	0,9	373 348	9 723 873	10/07/2018	No	0
S0111-S012	0,9	373 345	9 723 857	10/07/2018	Si	139
S0111-S013	0,6	373 308	9 723 869	10/07/2018	No	0

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

B. Sondeos con equipo

Se realizaron cuatro (4) sondeos con equipo por el método de penetración de 5 metros de profundidad (promedio) en la época húmeda y para la cual se captaron de 2 a 3 muestras por punto de perforación. Paralelamente se realizó las medidas con PID con la finalidad que el especialista defina mejor la profundidad de la toma de muestra.

En el Cuadro 3-12 se muestra las coordenadas de ubicación de puntos de muestreo 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	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0111-S007	0,6	373 361	9 723 737	13/06/2018	No	0
	3,3	373 361	9 723 737	13/06/2018	No	1,2
S0111-S008	0,9	373 375	9 723 740	13/06/2018	No	0,1
	2,7	373 375	9 723 740	13/06/2018	No	0,1

Cuadro 3-12 Ubicación de los sondeos con equipo

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia Física	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0111-S009	0,6	373 357	9 723 775	14/06/2018	No	0
	2,7	373 357	9 723 775	14/06/2018	No	0
S0111-S010	0,9	373 346	9 723 822	14/06/2018	Si	6,3
	3,3	373 346	9 723 822	14/06/2018	No	0,2
	5,1	373 346	9 723 822	14/06/2018	No	0

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 fisiográficas, topográficas y naturales similares al sitio impactado.

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

Asimismo, para el análisis e interpretación de resultados, se complementó con la información obtenida del análisis de los niveles de fondo para otros sitios impactados dentro del área de estudio (cuenca del río Corrientes) y que se presenta más adelante en el documento (Ver Cuadro 3-39), 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.

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)	
S0111-NF	373 200	9 723 927	S0111-NF1	0.4	373 200	9 723 927	2/06/2018
			S0111-NF2	0.4	373 390	9 723 686	2/06/2018
			S0111-NF3	0.4	374 833	9 719 905	2/06/2018

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 21 muestras enviadas al laboratorio AGQ, 1 muestra adicional fue enviada al laboratorio SGS para ser analizadas por metales y comparar resultados de ambos laboratorios.

Cuadro 3-14 Ubicación de las muestras duplicadas

Código	Fecha de muestreo	Profundidad de muestreo (m)	Evidencia Física/ Organoléptica	Registro PID
S0111-S002	20/06/2018	0,9	*	*

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 S0111 (Sitio 16)-época húmeda y Mapa 6.4.2: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0111 (Sitio 16)-época seca.

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 por los tres métodos propuestos: el método del correntómetro, método volumétrico y el método del flotador. Los resultados de los caudales tomados para cada época se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 3-15 Caudales aforados en el sitio S0111 (Sitio 16) época húmeda y seca

Código	Coordenadas UTM - WGS84			Fecha	Época	Caudal (l/s)
	Este (m)	Norte (m)	altitud (m s. n. m.)			
S0111-AF-06	373 317	9 723 858	214	8/06/2018	Húmeda	13,13

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

Fotografía 3-9 Medición de caudal en campo



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

B. Calidad de agua superficial

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

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

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)		
S0111-As001	373 355	9 723 705	31/05/2018	Aguas arriba del sitio
S0111-As002	373 337	9 723 828	31/05/2018	Aguas abajo del sitio

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

3.6.1.3 Sedimentos

En esta época se muestreó dos (2) muestras 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.

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16)-época húmeda.

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

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

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

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0111-Sed001	373 355	9 723 705	31/05/2018	Aguas arriba del sitio
S0111-Sed002	373 337	9 723 828	31/05/2018	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 probable de remediación 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. Ver Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle.

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

Código	Coordenadas WGS84			Fecha	Longitud (m)	Espaciamento de electrodos (m)
	Electrodo	Este (m)	Norte (m)			
S0111-GEO-001	INICIAL	373 323	9 723 802	8/06/2018	100,00	6,0
	FINAL	373 414	9 723 760			
S0111-GEO-002	INICIAL	373 356	9 723 710	8/06/2018	100,00	6,0
	FINAL	373 340	9 723 612			

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 de remediación, 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.

Las características de la instalación de los piezómetros pueden ser revisadas directamente de las fichas de campo: Ver Anexo 6.5 Documentación de muestreo de detalle.

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)				
S0111-Pz-01	373 295	9 723 798	5,2	2"	0,75	9/06/2018
S0111-Pz-02	373 354	9 723 688	7,3	2"	1,8	7/06/2018

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

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

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

Cuadro 3-20 Variación del nivel freático

Código	Prof. del nivel freático en instalación (m)* - Época Húmeda	
	1ra Purga - junio 2018	12da Purga - junio 2018
S0111-Pz-01	1,465	1,54
S0111-Pz-02	2,59	1,485

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

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

B. Calidad de agua subterránea

En esta época se muestrearon dos (2) piezómetros realizando previa limpieza de los mismo.

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)		
S0111-ASub001	373 295	9 723 758	20/06/2018	Aguas abajo del sitio
S0111-ASub002	373 358	9 723 688	20/06/2018	Aguas arriba del sitio

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

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.3: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16)-época húmeda.

3.6.1.6 Flora y fauna

En época húmeda, siguiendo los transectos definidos se monitorearon tres (3) transectos de fauna y tres (3) transectos de flora y vegetación, para ambas estaciones se realizaron las descripciones biológicas e identificaciones de las diferentes especies de manera directa o indirecta, siempre en compañía del monitor ambiental y apoyos de la comunidad contratados.

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

Anexo 6.4 Mapa 6.4.5: Mapa de ubicación de puntos de muestreo biológicos e hidrobiológicos del sitio S0111 (Sitio 16)-época húmeda.

Cuadro 3-22 Ubicación de transectos de flora y fauna

Código de Registro	Coordenadas Iniciales UTM WGS84		Coordenadas Finales UTM WGS84	
	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)
S0111-FLO/FAU	373 341	9 723 812	373 342	9 723 782
S0111-FLO/FAU	373 358	9 723 818	373 362	9 723 692
S0111-FLO/FAU	373 368	9 723 813	373 383	9 723 734

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

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

A continuación, se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las muestras tomadas en campo (Cuadro 3-23, Anexo 6.4: Mapa 6.4.5 y 6.4.6)

Cuadro 3-23 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de Estación	Código de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Sub componente
		Este (m)	Norte (m)	
S0111-Hb-001	S0111-Ben1-Hb-001	373 355	9 723 705	macrobentos
	S0111-Fit1-Hb-001	373 355	9 723 705	fitoplancton
	S0111-Zoo1-Hb-001	373 355	9 723 705	zooplancton
	S0111-Per1-Hb-001	373 355	9 723 705	perifiton
S0111-Hb-002	S0111-Ben1-Hb-001	373 337	9 723 828	macrobentos
	S0111-Fit1-Hb-001	373 337	9 723 828	fitoplancton
	S0111-Zoo1-Hb-001	373 337	9 723 828	zooplancton
	S0111-Per1-Hb-001	373 337	9 723 828	perifiton

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 S0111 (Sitio 16), los resultados de los muestreos de campo se mencionan 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 época se muestrearon: suelos (sondeos manuales), sedimentos, agua superficial, agua subterránea e hidrobiología. En esta época no hubo muestras duplicadas para suelos para este sitio.

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 seis (6) sondeos manuales de 1.5 metros de profundidad en esta época. Estos sondeos manuales fueron complementarios para verificar la influencia del suelo con el piezómetro y definir la forma del polígono del área impactada. 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 en al área de remediación.

Cuadro 3-24 Ubicación de sondeos manuales (complementarios)

Código	Profundidad de muestreo (m)	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Evidencia física / organoléptica	Registro PID
		Este (m)	Norte (m)			
S0111-S014	0,9	373 285	9 723 808	3/09/2018	No	1
	1,5	373 285	9 723 808	3/09/2018	No	0,3
S0111-S015	0,6	373 341	9 723 684	3/09/2018	No	0,9
	1,2	373 341	9 723 684	3/09/2018	No	0,4

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

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.2: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de suelos del sitio S0111 (Sitio 16)-época seca.

3.6.2.2 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 por los tres métodos propuestos: el método del correntómetro, método volumétrico y el

método del flotador. Los resultados de los caudales tomados para cada época se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 3-25 Caudales aforados en el sitio S0111 (Sitio 16) época seca

Código	Coordenadas UTM - WGS84			Fecha	Época	Caudal (l/s)
	Este (m)	Norte (m)	altitud (m s. n. m.)			
S0111-AF-07	373 317	9 723 829	217	11/09/2018	Seca	1,56

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

Fotografía 3-10 Medición de caudal en campo



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

B. Calidad de agua superficial

En esta época se muestreó seis (6) puntos agua superficial, ubicados aguas arriba y aguas abajo. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis de calidad de agua.

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

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

Código Agua Superficial	Fecha de Muestreo	Coordenada UTM WGS84		Ubicación
		Este (m)	Norte (m)	
S0111-As001	373 355	9 723 705	4/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0111-As001a	373 354	9 723 702	4/09/2018	Aguas arriba del punto 001
S0111-As001b	373 353	9 723 722	4/09/2018	Aguas abajo del punto 001
S0111-As002	373 337	9 723 828	4/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0111-As002a	373 345	9 723 821	4/09/2018	Aguas arriba del punto 002
S0111-As002b	373 322	9 723 843	4/09/2018	Aguas abajo del punto 002

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

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16)-época seca.

3.6.2.3 Sedimentos

En esta época se muestreó seis (6) muestras 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.

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

Cuadro 3-27 Ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial y sedimentos

Código Sedimentos	Coordenada UTM WGS84		Fecha de Muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0111-Sed001	373 355	9 723 705	4/09/2018	Aguas arriba del sitio
S0111-Sed001a	373 354	9 723 702	4/09/2018	Aguas arriba del punto 001
S0111-Sed001b	373 353	9 723 722	4/09/2018	Aguas abajo del punto 001
S0111-Sed002	373 337	9 723 828	4/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0111-Sed002a	373 345	9 723 821	4/09/2018	Aguas arriba del punto 002
S0111-Sed002b	373 322	9 723 843	4/09/2018	Aguas abajo del punto 002

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

Ver Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16)-época seca.

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 3-28 se muestra la variación del nivel freático de acuerdo con la época de muestreo.

Cuadro 3-28 Variación del nivel freático

Código	Coordenadas WGS84		Nivel freático (m) - Época seca
	Este (m)	Norte (m)	7 setiembre 2018
S0111-Pz-001	373 295	9 723 758	1,58
S0111-Pz-002	373 358	9 723 688	1,47

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

B. Calidad de agua subterránea

Se tomaron las muestras de calidad de agua para los dos (2) piezómetros realizando previa limpieza de los mismo, las muestras fueron tomadas por el laboratorio AGQ con la supervisión de JCI-HGE.

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

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

Código	Coordenada UTM WGS84		Fecha de muestreo	Ubicación
	Este (m)	Norte (m)		
S0111-ASub001	373 358	9 723 688	07/09/2018	Aguas abajo del sitio
S0111-ASub002	373 295	9 723 758	07/09/2018	Aguas arriba del sitio

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

Anexo 6.4 Mapa 6.4.4: Mapa de ubicación de puntos de muestreo de agua superficial, sedimentos y agua subterránea del sitio S0111 (Sitio 16)-época seca.

3.6.2.5 Hidrobiología

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

En el Cuadro 3-30 se muestra las coordenadas de ubicación y codificación de las muestras tomadas en campo.

A continuación, se muestra las coordenadas de ubicación, información y codificación de las muestras tomadas en campo (Cuadro 3-23, Anexo 6.4 Mapa 6.4.5 y 6.4.6)

Cuadro 3-30 Ubicación de estaciones de muestreo hidrobiológico

Código de estación	Código de muestreo	Coordenada UTM WGS84		Sub componente
		Este (m)	Norte (m)	
S0111-Hb-001	S0111-Ben1-Hb-001	373 355	9 723 705	macrobentos
	S0111-Fit1-Hb-001	373 355	9 723 705	fitoplancton
	S0111-Zoo1-Hb-001	373 355	9 723 705	zooplancton
	S0111-Per1-Hb-001	373 355	9 723 705	perifiton
S0111-Hb-002	S0111-Ben1-Hb-001	373 337	9 723 828	macrobentos
	S0111-Fit1-Hb-001	373 337	9 723 828	fitoplancton
	S0111-Zoo1-Hb-001	373 337	9 723 828	zooplancton
	S0111-Per1-Hb-001	373 337	9 723 828	perifiton

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.º 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.º 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 3-31 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	

Véase el Anexo 6.10 informes de resultados analíticos emitidos por el laboratorio y las acreditaciones de cada laboratorio.

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 / Organoléptica	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 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
S0111 (Sitio 16)	S0111-NF	373 200	9 723 927	02/06/2018	No Medido	No Medido	-	4,62	47,36	0,0008	-	0,01	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S001-0,60	373 363	9 723 694	31/05/2018	No	21,6	Arcilla-Limosa	4,28	106	0,0903	-	0,01	24,3	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S002-0,90	373 356	9 723 707	31/05/2018	Si	6,1	Franco- Arcilloso	4,32	711	0,1806	-	0,01	17,2	1762,0	2578	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S003-0,60	373 357	9 723 762	31/05/2018	No	3,8	Arcilla-Limosa	5,89	115	0,0008	-	0,01	33,1	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S004-1,20	373 358	9 723 782	31/05/2018	Si	13,6	Franco- Arcilloso	1,36	557,1	0,0692	-	0,01	10	89,50	143	0,3	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
	S0111-S005-0,90	373 348	9 723 810	31/05/2018	No	7,7	Franco- Arcilloso	2,84	133,9	0,0534	-	0,01	15,5	138,0	205	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S006-0,60	373 334	9 723 806	31/05/2018	No	0	Arcilla-Limosa	4,5	104,4	0,0008	-	0,01	15	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
	S0111-S007-0,60	373 361	9 723 737	13/06/2018	No	0	Arcillosa	5,15	145,7	0,1809	-	0,01	13,3	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S007-3,30	373 361	9 723 737	13/06/2018	No	1,2	Arcillosa	4,72	91,85	0,0546	-	0,01	10,4	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
	S0111-S008-0,90	373 375	9 723 740	13/06/2018	No	0,1	Arcillosa	4,67	63,16	0,0008	-	0,01	13,7	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S008-2,70	373 375	9 723 740	13/06/2018	No	0,1	Arcillosa	6,38	72,85	0,0008	-	0,01	12,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S009-0,60	373 357	9 723 775	14/06/2018	No	0	Arcillosa	3,45	54,07	0,0500	-	0,01	19,8	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S009-2,70	373 357	9 723 775	14/06/2018	No	0	Arcillosa	5,77	75,08	0,0008	-	0,01	11,8	5	5	-	0,005	0,003	-	-	-	-
	S0111-S010-0,90	373 346	9 723 822	14/06/2018	Si	6,3	Arcillosa	4,52	138	0,0864	-	0,01	10,4	480,0	1305	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S010-3,30	373 346	9 723 822	14/06/2018	No	0,2	Arcillosa	4,79	276,8	0,3676	-	0,01	11,9	5	5	0,3	0,005	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01
	S0111-S010-5,10	373 346	9 723 822	14/06/2018	No	0	Arcillosa	3,49	639,3	0,2960	-	0,01	13,9	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S011-0,90	373 348	9 723 873	10/07/2018	No	0	Franca	4,05	64,71	0,0698	-	0,06	10,2	171,0	229	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S012-0,90	373 345	9 723 857	10/07/2018	Si	139	Franco- Arenoso	2,57	69,6	0,0677	-	0,064	12,4	781,0	435	2	0,005	0,2	0,01	0,08	0,01	0,1
	S0111-S013-0,60	373 308	9 723 869	10/07/2018	No	0	Franca	5,57	84,33	0,0763	-	0,066	16,9	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)
- Parámetro no medido

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

Cuadro 3-33 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo (época seca)

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 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	1 200	3 000	200	0,1	0,1	0,03	0,082	0,37	11
S0111 (Sitio 16)	S0111-S014-0,90	373 285	9 723 808	3/09/2018	No	1	Franca	6,57	68,01	0,0008	-	0,01	13,2	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S014-1,50	373 285	9 723 808	3/09/2018	No	0,3	Franca	5,29	87,51	0,0008	-	0,01	8,47	5	5	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S015-0,60	373 341	9 723 684	3/09/2018	No	0,9	Franca	3,83	212,9	0,2400	-	0,01	15,9	113,0	334	-	-	-	-	-	-	-
	S0111-S015-1,20	373 341	9 723 684	3/09/2018	No	0,4	Franca	4,9	102,8	0,0900	-	0,01	16	5	5	-	-	-	-	-	-	-

[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)
- Parámetro no medido

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

Cuadro 3-34 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
S0111 (Sitio 16)	S0111-As001	373 355	9 723 705	31/05/2018	114	6,94	7,21	24,9	0,062	0,00021	0,0123	0,0808	0,00001	0,0023	0,001	0,00007	0,0009	0,00084	0,00452	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-As002	373 337	9 723 828	31/05/2018	113	7,12	7,23	24,7	0,081	0,00023	0,0129	0,1918	0,00001	0,0039	0,002	0,00007	0,0011	0,00302	0,00406	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 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
S0111 (Sitio 16)	S0111-As001	373 355	9 723 705	4/09/2018	114	6,8	7	24	0,053	0,00007	0,00101	0,1	0,00005	0,0013	0,001	0,00007	0,0009	0,00035	0,00072	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-As002	373 337	9 723 828	4/09/2018	103	7	6,8	24	0,047	0,00002	0,00105	0,09	0,00005	0,0013	0,001	0,00007	0,0009	0,00034	0,00054	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-As001a	373 354	9 723 702	4/09/2018	116	6,7	7,7	23	0,050	0,00002	0,00113	0,1	0,00005	0,0013	0,001	0,00007	0,0009	0,00031	0,00057	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-As001b	373 353	9 723 722	4/09/2018	111	6,7	7	24	0,054	0,00002	0,002	0,12	0,00005	0,0014	0,001	0,00007	0,0009	0,00049	0,00272	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-As002a	373 345	9 723 821	4/09/2018	104	7	6,8	24	0,039	0,00002	0,00106	0,09	0,00005	0,0014	0,001	0,00007	0,0009	0,0003	0,0006	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-As002b	373 322	9 723 843	4/09/2018	101	7,1	6,8	24	0,041	0,00002	0,00111	0,09	0,00005	0,0014	0,001	0,00007	0,0009	0,00036	0,00054	0,00001	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Leyenda:

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 3-36 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						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
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISQG Agua dulce)						5,90	0,60	35,70	37,30	0,17	35,00	123,00	0,00671	0,00587	0,0469	0,0317	0,0319	0,0571	0,00622	0,0419	0,111	0,0212	0,0346	0,053	
S0111 (Sitio 16)	S0111-Sed001	373 355	9 723 705	31/05/2018	Franco- Arcilloso	6,39	0,0619	19	14,4	0,01	11,4	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	S0111-Sed002	373 337	9 723 828	31/05/2018	Arcillosa	6,2	0,0008	21	18,2	0,01	16,2	60	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,072	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005	

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Leyenda:

No excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
Excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
- Parámetro no medido

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

Cuadro 3-37 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						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
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISQG Agua dulce)						5,90	0,60	35,70	37,30	0,17	35,00	123,00	0,00671	0,00587	0,0469	0,0317	0,0319	0,0571	0,00622	0,0419	0,111	0,0212	0,0346	0,053
S0111 (Sitio 16)	S0111-Sed001	373 355	9 723 705	4/09/2018	Franca	3,48	0,1700	15	14,5	0,01	10	50	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0111-Sed002	373 337	9 723 828	4/09/2018	Franca	2,67	0,0008	16	11,9	0,01	13,5	58	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0111-Sed001a	373 355	9 723 725	4/09/2018	Franco Arenoso	3,64	0,5100	20	13,7	0,01	15,3	67	0,005	0,005	0,005	1,93	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0111-Sed001b	373 352	9 723 707	4/09/2018	Franco Arenoso	5,71	0,1000	18	12,5	0,01	11,8	52	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,005
	S0111-Sed002a	373 338	9 723 822	4/09/2018	Franco Arcilloso	3,5	0,0008	18	13,4	0,01	13,1	54	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,059	0,005	0,02	0,003	0,005
	S0111-Sed002b	373 321	9 723 844	4/09/2018	Franco Arenoso	5,8	0,0008	18	15,3	0,01	23,2	50	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Leyenda:

No excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce
Excede el Estándares Canadá ISQG Agua dulce

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

Cuadro 3-38 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																														
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
S0111 (Sitio 16)	S0111-ASub002	373 358	9 723 688	20/06/2018	676	4,07	7,23	24,9	0,344	13	5,99	0,00002	0,01675	0,2569	0,011	0,00016	0,0087	0,003	3,1	1,1351	<0,00007	0,0042	0,00006	0,00539	0,00028	0,00001	0,053	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-ASub001	373 295	9 723 758	20/06/2018	174	4,14	6,69	24,9	0,056	1,7	2,3	0,00002	0,0024	0,0316	0,002	0,00001	0,0073	0,001	1,5	0,22914	<0,00007	0,0017	0,00006	0,00169	0,00004	0,00001	0,027	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 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																														
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
S0111 (Sitio 16)	S0111-ASub001	373 358	9 723 688	07/09/2018	155	1,75	6,52	24,7	0,036	1,3	0,676	0,00035	0,00578	0,0262	0,003	0,00001	0,0034	0,001	0,48	0,15919	<0,00007	0,0016	0,00039	0,00074	0,00004	0,00001	0,018	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007
	S0111-ASub002	373 295	9 723 758	07/09/2018	354	1,58	7,15	24,4	0,068	11	1,24	0,00029	0,01205	0,1881	0,01	0,00001	0,0027	0,001	0,78	0,50472	<0,00007	0,0017	0,00006	0,00151	0,00004	0,00001	0,027	0,05	0,05	0,00008	0,00008	0,00008	0,007

Leyenda:

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

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

Cuadro 3-40 Resumen de los resultados de laboratorio muestras de suelo para calidad agrícola o suelo agrícola

Tipo de Producto		SUELO AGRÍCOLA		
Fecha de muestreo		13/06/2018	9/09/2018	9/09/2018
Nombre de la Estación		S0111-SCA-016	S0111-SCA-017	S0111-SCA-018
Parámetro	Unidades	Resultados		
Complejo de Cambio				
Aluminio de Cambio	meq/100 g	0.03	2.97	3.72
Calcio Cambio	meq/100 g	32.1	20.2	20.3
CIC Efectiva	meq/100 g	35.1	26.3	27.2
Magnesio de Cambio	meq/100 g	2.6	2.86	2.9
Potasio Cambio	meq/100 g	0.3	0.31	0.32
Sodio Cambio	meq/100 g	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fertilidad				
Caliza Activa	% CaCO3	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cond. Eléctrica (Ext 1/1)	µS/cm a 20° C	414	98	< 70
Fósforo Disponible Bray-Kurtz	mg/kg	< 3,5	< 3,5	< 3,5
Materia Orgánica	%	1.42	1.28	1.37
Nitrógeno Total	mg/kg	791	768	714
pH (Extracto 1/1)	Unidades de pH	5.67	4.97	5.09
Microelementos				
Boro	mg/kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cobre (DTPA)	mg/kg	0.98	1.72	1.47
Hierro (DTPA)	mg/kg	22.9	29.6	59.2
Manganeso (DTPA)	mg/kg	114	97.6	115
Zinc (DTPA)	mg/kg	1.28	2.38	1.65
Propiedades Físicas - Granulometría				
Arcilla	%	59	33.7	40.9
Arena	%	1.49	26.5	5.38
Arena Fina	%	1.49	26.5	5.38
Arena Gruesa	%	< 0	< 0	< 0
Clase Textural	%	Arcillosa	Franco-Arcillosa	Arcillo-Limosa
Limo	%	39.5	39.8	53.7
Relaciones de Interés				
Relación C/N		10.4	9.66	11.1

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.º 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 3-41. 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 al sector 3, de los sitios impactados localizados en los predios de la CN de Nueva Jerusalén). La variabilidad en los niveles de metales en el área de estudio (4 sectores) es elevada.

En sitio S0111 (Sitio 16) analizaron 15 muestras de suelo, de las cuales 13 muestras se captaron en la época húmeda y 2 muestras en la época seca.

Los sitios de muestras en la segunda temporada se establecieron a partir de los resultados obtenidos de laboratorio para el muestreo de la primera temporada, adicionando sondeos en los límites del polígono con evidencias de impacto y así delimitar efectivamente el sitio impactado y definir la afectación.

El Cuadro 3-32 y Cuadro 3-33, 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 en época húmeda y época seca no se superan los estándares de la Norma Internacional en el sitio S0111 (Sitio 16). Algunas excedencias puntuales (sólo un punto) para Bario, Fracción F2 y Naftaleno cuando se compararon con estas normas internacionales.

Durante el avance de los sondeos, se detectaron suelos predominantemente de textura fina en la totalidad de los perfiles del sitio S0111 (Sitio 16).

Las concentraciones de laboratorio obtenidas de las muestras de fondo para el sitio S0111 (Sitio 16) indican que el Boro supera en forma natural la normativa internacional.

Ver Anexo 6.4.1 Mapa 6.4.1.1: Mapa de excedencias en suelos del sitio S0111 (Sitio 16)-época húmeda y seca.

Cuadro 3-41 **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

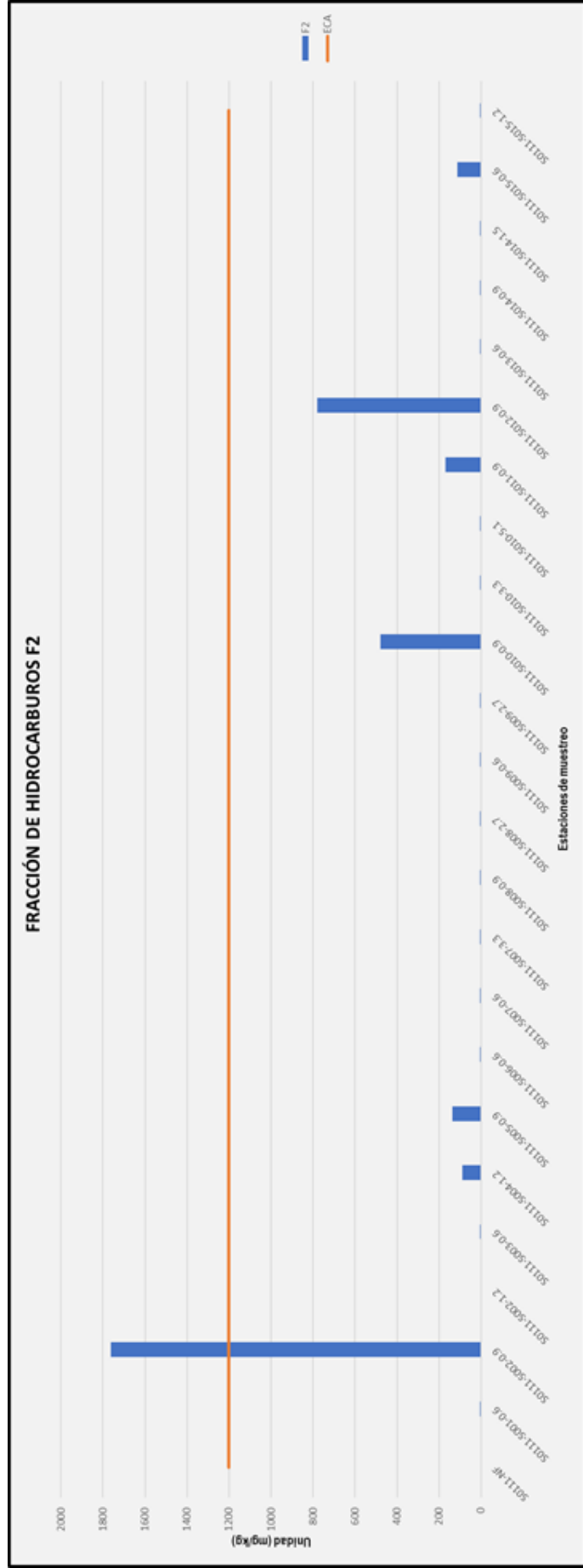
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- La fracción de hidrocarburo F2 fue detectada con excedencia para el ECA de suelo de uso agrícola (1,200.0 mg/kg) en 1 sondeo (1 muestra). Ver Figura 3-15:

Sondeo	Concentración mg/kg
S002-0.90	1,762

Figura 3-15 Concentraciones de fracción de hidrocarburo F2

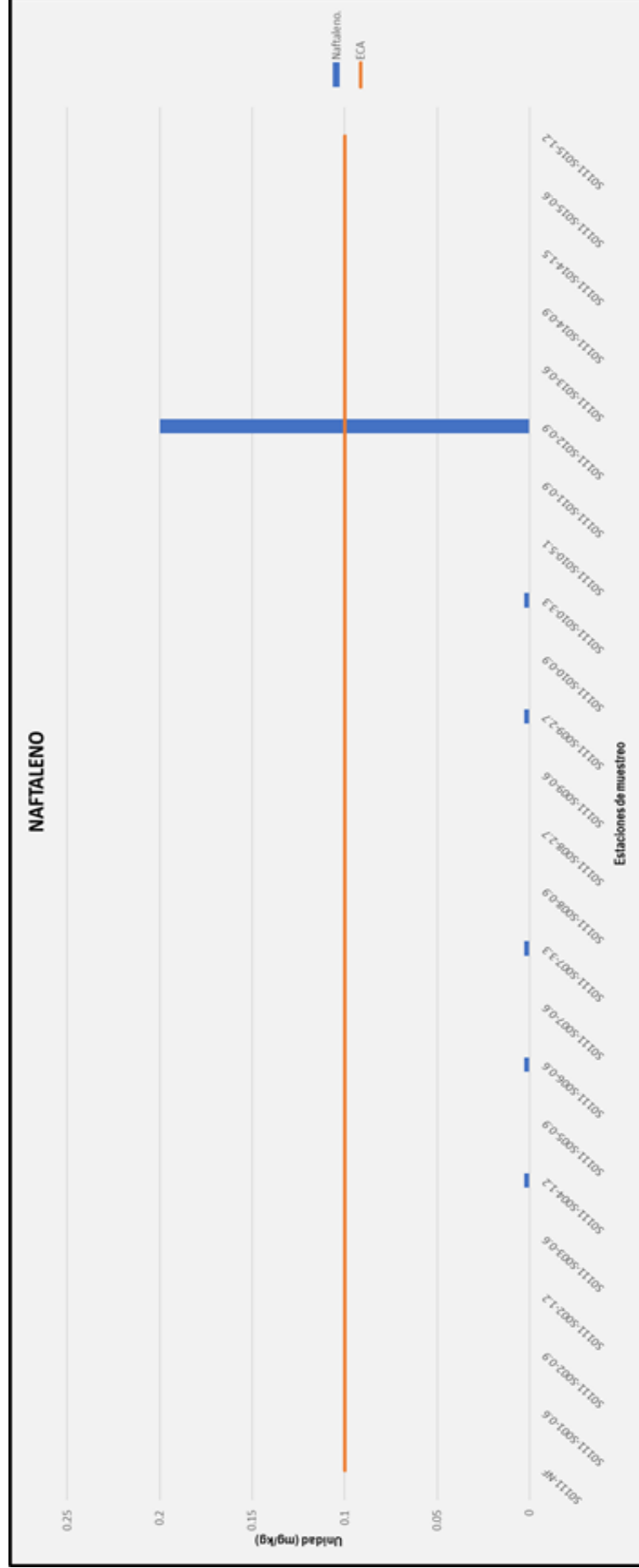


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

- El **naftaleno** fue detectado excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (0.10 mg/kg) en un (1) sondeo (1 muestra de suelo):

Sondeo	Concentración mg/kg
S012-0,90	0,20

Figura 3-16 Concentraciones de naftaleno



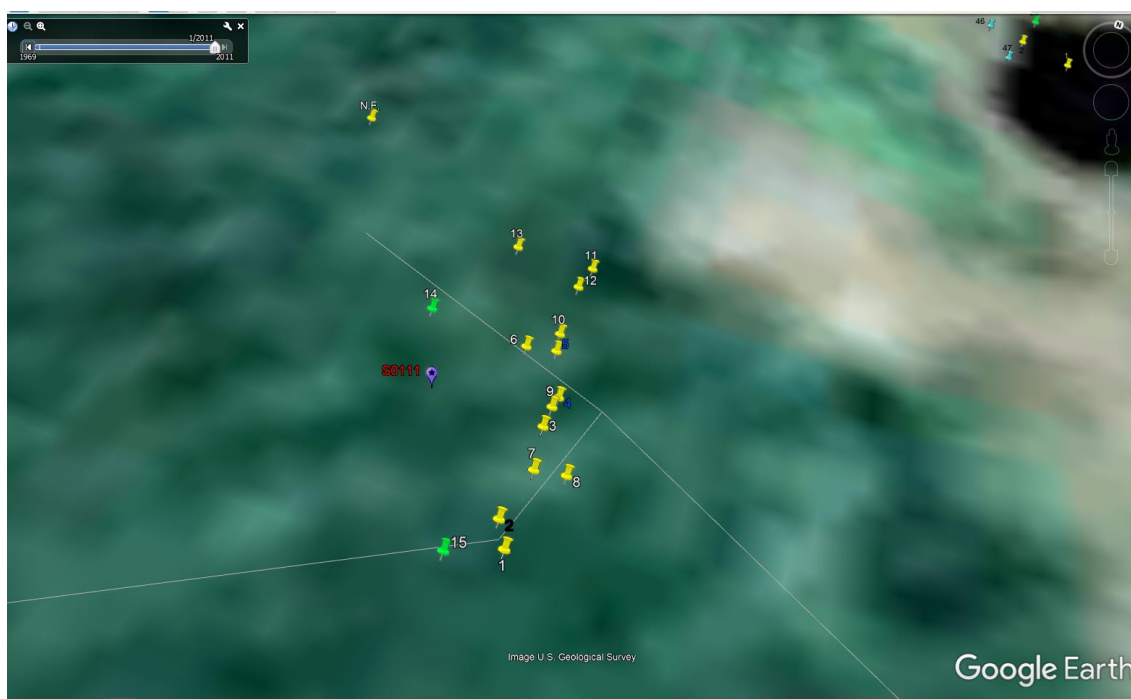
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Interpretación de los resultados:

Únicamente las fracciones de hidrocarburos F2 y el Naftaleno superan la normativa ECA suelo (tanto peruana como canadiense) dos puntos de muestreo a la misma profundidad de 0,9 m. Se presume que la presencia de hidrocarburos en el área se debe a roturas recientes en el ducto. Sin embargo, la presencia de fracciones de hidrocarburos F2, así como naftaleno, no es significativa.

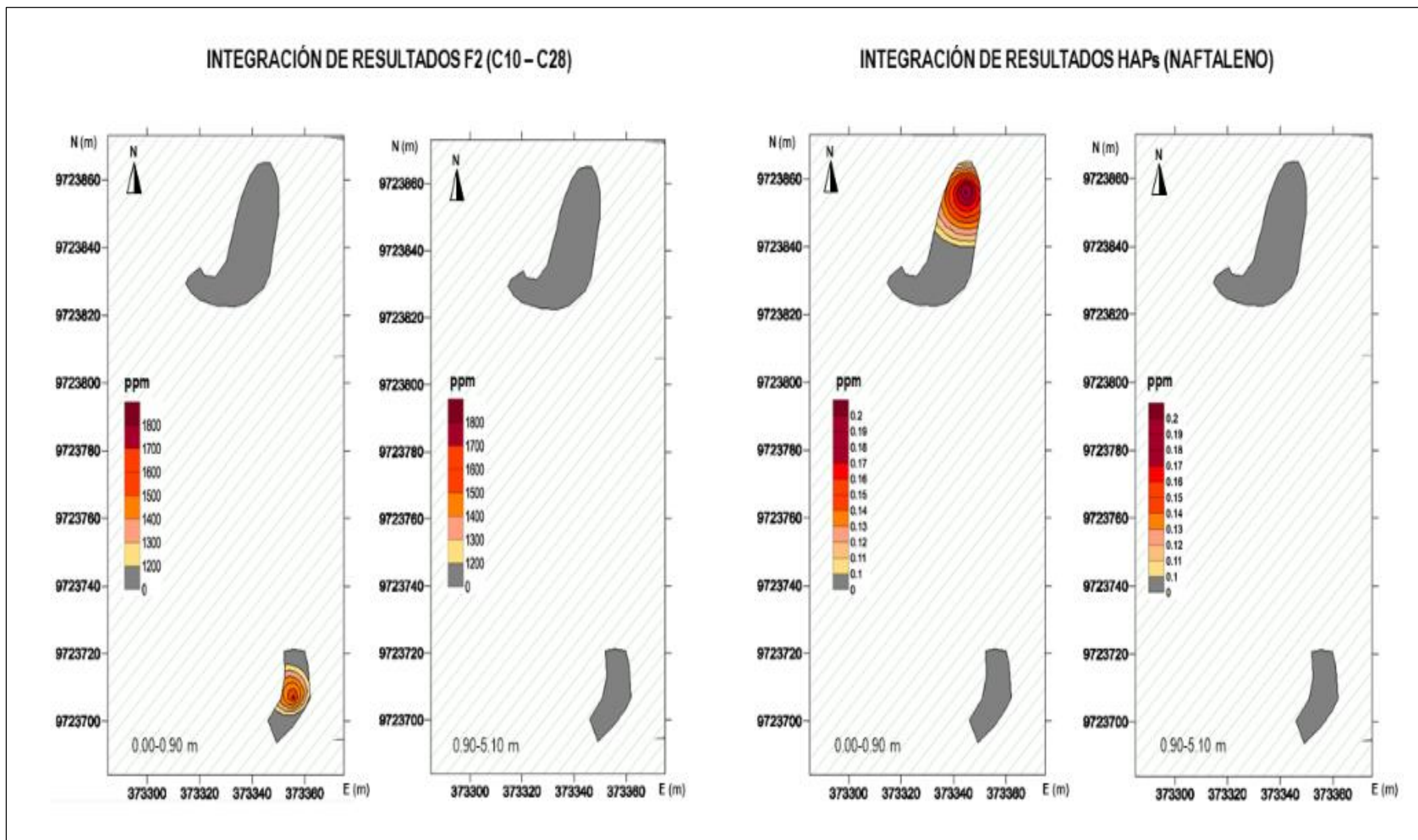
En la Figura 3-17 las marcas de color amarillo corresponden a los sondeos manuales en época húmeda, los verdes corresponden a sondeos manuales de confirmación en época seca. La numeración en negro significa presencia de fracciones de hidrocarburos F2 que superan la normativa ECA suelo. La numeración en azul significa presencia de fracciones F2 y F3 que no superan ECA suelos. Finalmente, la numeración blanca corresponde a sondeos sin presencia de fracciones de hidrocarburos.

Figura 3-17 Sondeos realizados en el sitio S0111 (Sitio 16)



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

Figura 3-18 Modelamientos de Isoconcentraciones sitio S0111 (Sitio 16) - Fracción de hidrocarburos F2 y Naftaleno (HAPs)



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

Según los resultados de laboratorio se procedió al análisis respectivo, se hizo la comparación inicialmente con los niveles de fondo para el sector, en segundo lugar, con los límites establecidos por los estándares de calidad de la Normatividad Nacional Vigente ECA para Suelo (D. S. N.º 011-2017-MINAM). Finalmente, para aquellos parámetros no contemplados en la norma peruana se tomaron, de forma referencial u orientativa, los valores de la norma canadiense y de la norma de Ecuador.

Ciertos elementos contaminantes fueron comparados con otras normas internacionales (Canadá y Ecuador). No obstante, estas comparaciones se hacen de manera orientativa ya que los escenarios en los que se determinaron los parámetros internacionales pueden discrepar considerablemente de las condiciones del sitio en estudio. Durante el análisis comparativo se comprueba la presencia -en algunos casos de forma natural- de altas concentraciones de otros metales, lo cual se comprueba con el análisis de los niveles de fondo, esto en especial se cumple para el B y el Se.

Es importante resaltar que la comparación de resultados con normas internacionales, incluso con las nacionales, debe ser vista con sumo cuidado. Para este análisis se contempló la comparación con la norma ECA ecuatoriana para la comprobación de los niveles de afectación potencial en el suelo. Se efectuó la comparación con Plomo y Zinc quienes al ser comparados con la norma de Ecuador potencialmente presentan excedencias y en el caso del Zinc, este presenta correlación espacial con el único punto con excedencia de fracción F2.

Cuadro 3-42 Estadístico de valores de metales no contemplados en normas peruanas sitio S0111 (Sitio 16)

Metal	Nivel fondo	Media	Norma Canadá	Norma Ecuador	Desviación estándar	Lím. Inf. (ppm)	Lím. Sup. (ppm)
	Ppm					ppm	
Plomo	10,4	15,05	70	19	5,32	4,4	25,7
Zinc	56	66,67	250	60	12,88	41	92,4

N: 25 muestras / 15 puntos de muestreo

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

Al hacer la comparación con la norma ecuatoriana para el plomo, como base de referencia por ser un contaminante predominantemente asociado a los derrames de hidrocarburos o de aguas de producción, se evidencian excedencias en 4 puntos de muestreo, las cuales se correlacionan espacial y en ocurrencia con Zn.

En el caso del zinc al hacer la comparación con la norma ecuatoriana se evidencian excedencias para 20 muestras en 13 de 15 puntos de muestreo para el sitio S0111 (Sitio 16). Presentan estas excedencias una correlación espacial y en ocurrencia con Fracción F2, Naftaleno y Pb.

Origen del Bario

Para 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 los Cuadro 3-32 y 3-33 se presenta los resultados obtenido en laboratorio donde ninguna muestra presenta excedencias en el ECA suelo.

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 5% del total de muestras de suelos del sitio S0111 (Sitio 16).

Los 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 petróleo.

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
S0111-S002-0.90	5	100	5	0.00472	0.71029	1.0221

* 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)
S0111-S002-0.90	Húmeda	<50

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

3.7.2 Agua superficial

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

El Cuadro 3-34 y el Cuadro 3-35 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron, en al menos un parámetro.

Asimismo, en el Anexo 6.4.2, el Mapa 6.4.2.1: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea-época húmeda y Mapa 6.4.2.2: Mapa de excedencias en agua superficial, sedimentos y agua subterránea-época seca.

A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los ECA de agua superficial:

- Fosforo, fue detectado fuera del rango del ECA para agua (0,05 mg/l) en cuatro (4) muestras, siendo las estaciones: S0111-As001 (ambas épocas), S0111-As002 (época húmeda), S0111-As001a (época seca), y S0111-As001b (época seca).
- Plomo, fue detectado fuera del rango del ECA para agua (0,0025 mg/l) en una (1) muestra, siendo la estación: S0111-As002 (época húmeda).

Para estos metales (fosforo y plomo) carecen de información para realizar un análisis consistente de la presencia de estos mismo.

3.7.3 Sedimentos

Los parámetros y variables determinados en agua superficial y sedimentos fueron comparados con los Estándares de calidad para sedimentos de Canadá (Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life).

El Cuadro 3-36 y el Cuadro 3-37 presenta los resultados analíticos de las muestras colectadas durante la Fase de Caracterización que excedieron, en al menos un parámetro. A continuación, se presentan los compuestos que excedieron los Estándares Canadá ISQG sedimentos:

- Arsénico fue detectado fuera del estándar para sedimentos (5,9 mg/kg) en dos (2) muestras en la época húmeda, siendo las estaciones: S0111-Sed002 y S0111-Sed001.
- Benceno (a) antraceno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0317 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0111-Sed001a.
- Criseno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0571 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0111-Sed001a.
- El fenantreno fue detectado fuera del estándar para sedimentos (0,0419 mg/kg) en una (1) muestra en la época seca, siendo la estación: S0111-Sed002a.

El arsénico solo se presentó en una época, por lo que se asume que fue arrastrado o lavado para la siguiente época; por ende, carece de información relevante para realizar un análisis consistente.

Los resultados de hidrocarburos en sedimentos no se incluyen en los cuadros 3-36 y 3-37 debido a que estos parámetros no están listados en los Estándares de Canadá ISQG de sedimentos para agua dulce.

Es importante aclarar que las concentraciones de hidrocarburos no constituyen una herramienta confiable en la investigación de sedimentos debido a la incertidumbre de su origen, pudiendo deberse a diferentes fuentes, entre ellas un hidrocarburo propiamente, o la misma alta concentración puede deberse a un hidrocarburo biogénico natural producto de las hojas de los

árboles o de las biomoléculas animales. Por lo que la toxicidad dependiendo de estos orígenes varía desde no tóxico hasta muy tóxico. En vista que las concentraciones de hidrocarburos no son defendibles científicamente, normalmente se utilizan los datos de HAPs, que cuentan con datos de toxicidad. Por otra parte, los hidrocarburos más tóxicos son los más solubles y volátiles, los cuales son difíciles que persistan en sedimentos, especialmente después que se transportan desde su punto de liberación. Respecto a los F3, estos son prácticamente insolubles bajo condiciones ambientales y estos no representan problemas de toxicidad comparados con los F2.

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 (S0111-GEO-001)**

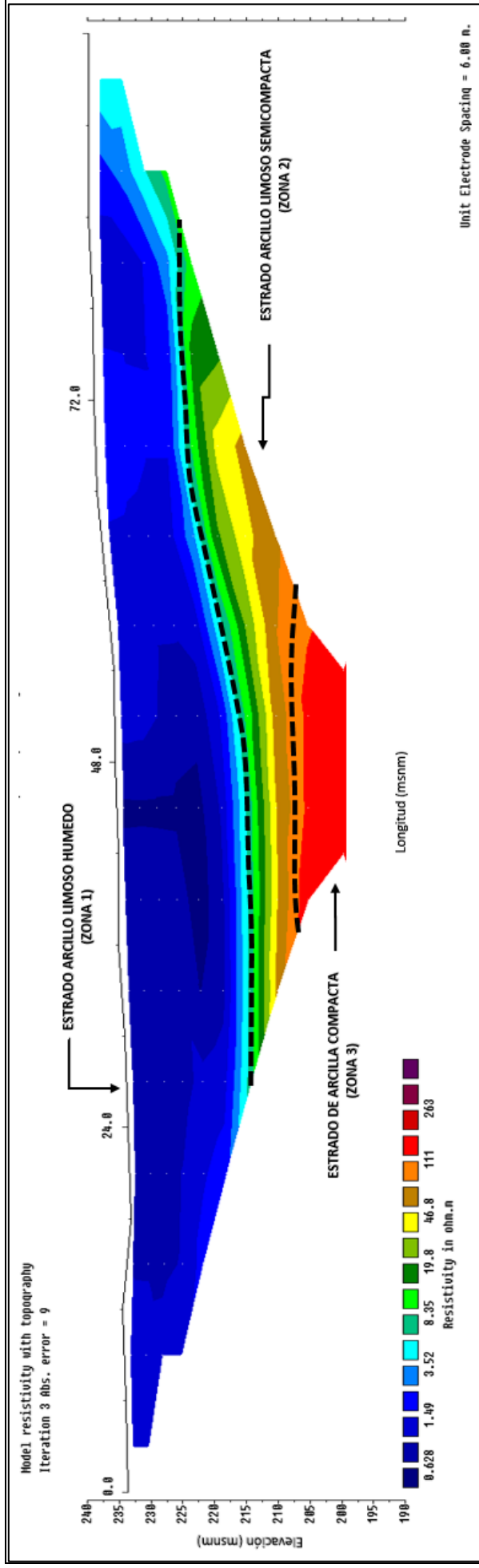
El perfil tomográfico tiene una orientación SE-NO y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-19.

La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado es de 22 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

La zona 2 presenta resistividades entre 10,0 y 100,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso semi compactado. La potencia o espesor estimado es de 10 a 20 metros aproximadamente. Este estrato se presume este saturado por proceso de recarga por infiltración de las quebradas o precipitaciones producto de la época en que se realizó la prospección geofísica.

La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 300,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Nauta. No se estimó la potencia de dicho estrato.

Figura 3-19 Perfil Tomográfico Eléctrico 1 (S0111-GEO-001)



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

• Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0111-GEO-002)

El perfil tomográfico tiene una orientación N-S y una profundidad de investigación de 30 metros y en la cual se ha llegado a determinar tres zonas litológicas. Véase la Figura 3-20.

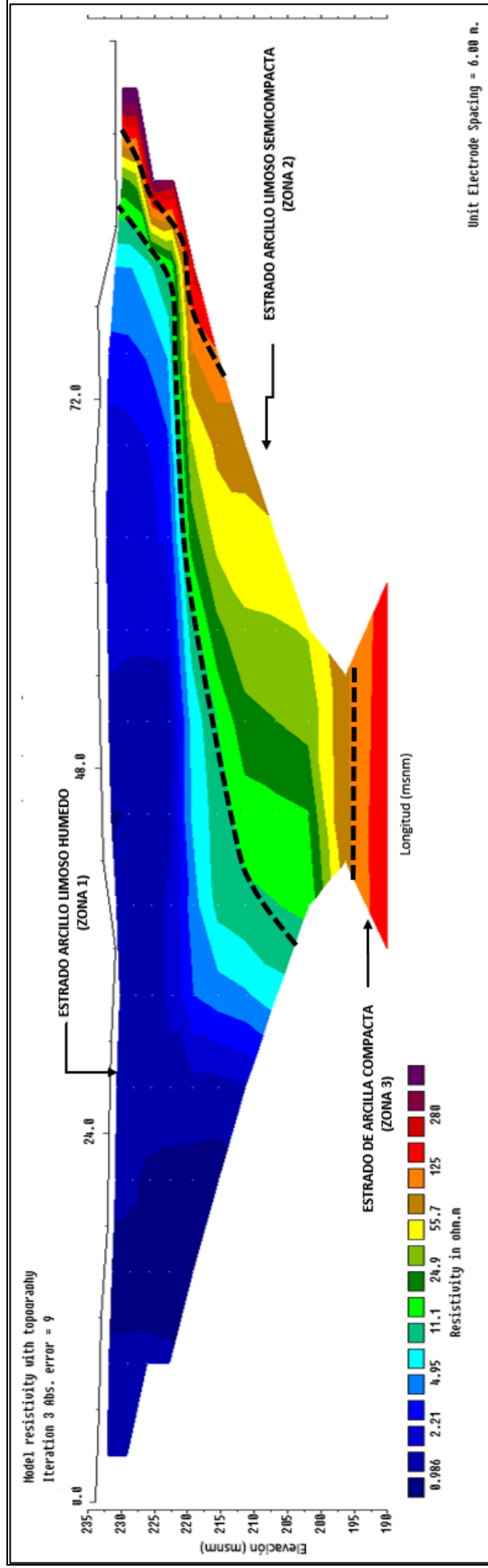
La zona 1 presenta resistividades entre 0,001 y 10,0 ohm.m, correspondería a un estrato de arcilla limosa saturada. La potencia o espesor estimado es de 13 metros aproximadamente, hidrogeológicamente se trata de una buena zona para la instalación de los piezómetros poco profundos.

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 es de 2 a 4 metros aproximadamente. Hidrogeológicamente este estrato es más permeable, la permeabilidad este influenciado por el grado de compactación.

La zona 3 presenta resistividades entre 100,0 y 300,0 ohm.m, correspondería a un estrato arcilloso compacto posiblemente intercalado con gravillas cuarzosa de la formación Nauta. No se estimó la potencia de dicho estrato.

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 sea entre 13 y 20 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 S0111 (Sitio 16) se encuentran meteorizados y deben representar las fracciones más recalcitrantes lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través del subsuelo, incluso también en superficie.

Figura 3-20 Perfil Tomográfico Eléctrico 2 (S0111-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 3-38 y el Cuadro 3-39 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 Alberta Canadá:

- Fosforo, fue detectado fuera del estándar para agua (0.05 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0111-ASub001 (época húmeda) y S0111-ASub002 (ambas épocas).
- Aluminio, fue detectado fuera estándar para agua (0.01 mg/L) en dos (2) muestras para ambas épocas, siendo las estaciones: S0111-ASub001 y S0111-ASub002.
- Arsénico, fue detectado fuera del estándar para agua (0.005 mg/L) en dos (2) muestras, siendo las estaciones: S0111-ASub001 (época seca) y S0111-ASub002 (ambas épocas).
- Cobre, fue detectado fuera del estándar para agua (0.007 mg/L) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las estaciones: S0111-ASub001 y S0111-ASub002.
- Hierro, fue detectado fuera del estándar para agua (0.3 mg/L) en dos (2) muestras para ambas épocas, siendo las estaciones: S0111-ASub001 y S0111-ASub002.
- Manganeso, fue detectado fuera del estándar para agua (0.05 mg/L) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las estaciones: S0111-ASub001 y S0111-ASub002.
- Plata, fue detectado fuera del estándar para agua (0.0001 mg/L) en una (1) muestra para la época seca, siendo la estación: S0111-ASub001.

Los demás metales (Al, Fe y Mn) que se observan están fuera del rango del Alberta se infiere se producto del mismo suelo natural de la zona debido a que las concentraciones presentes elevadas y característico de los suelos que puedan influenciar de alguna manera al agua subterránea.

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 registró dos especies vegetales con uso por parte de la población: *Piper umbellatum* "Santa María", y *Phytelphas macrocarpa* "Yarina", y son tradicionalmente utilizadas como medicina y alimento, respectivamente.

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

Sector	Comunidad Nativa	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
1	José Olaya	S0111 (Sitio 16)	Flora	Piperales	Piperaceae	<i>Piper umbellatum</i>	Santa María	Medicinal
				Arecales	Arecaceae	<i>Phytelephas macrocarpa</i>	Yarina	Alimentación

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

Fotografía 3-11 *Piper umbellatum* “Santa María” (especie de uso medicinal)



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

Fotografía 3-12 *Phytelephas macrocarpa* “Yarina” (especie de uso alimentario)


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

B. Diversidad

La diversidad quedó como indeterminada por ser una evaluación netamente cualitativa. Sin embargo, cuadro anterior se puede observar dominancia de especies arbóreas de gran porte, tales como los Piperales y Arecales (MINAM, 2015).

3.7.6.2 Fauna

Respecto a las especies de fauna silvestre más comunes dentro del área evaluada (Cuadro N° 3-46), 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						
			<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas					X	Ornamento
Mamíferos	Cingulata	Dasypodidae								
	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
Anfibios	Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta sp.</i>	Añuje					X	Alimento
			<i>Rhinella marina</i>	Sapo						
	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella margaritifera</i>	Sapo pipa						

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						
	Testudinata	Viperidae	<i>Bothrops atrox</i>	Jergon						
		Testudinidae	<i>Chelonoidis denticulata</i>	Motelo		VU	Apéndice II		X	Alimento

Leyenda: VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazado; LC: Preocupación menor

Apéndice I: incluye especies amenazadas de extinción. El comercio de individuos de estas especies, se permite solamente en circunstancias excepcionales.

Apéndice II incluye las especies que no necesariamente están amenazadas con la extinción, pero en las que el comercio debe ser controlado para evitar un uso incompatible con su supervivencia.

Apéndice III contiene las especies que están protegidas al menos en un país, y que han solicitado a otras Partes de la CITES ayuda para controlar su comercio.

Fuente: Informe N° 97-2008-MEM-AAE/IB. Proyecto de Perforación de los 20 pozos de Desarrollo en el Lote 1 AB

INFORME TECNICO-LOTE 1AB-N°2413084-N°33

D.S. 004-2014 MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba la actualización de la Lista de Clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.

Tirira, D. 2015. Mamíferos del Ecuador. Grupo Murciélago Blanco. Versión 5, on-line.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, ver. 2018.3. The CITES Appendices. <http://www.cites.org/eng/append/index.shtml>

International Union for Conservation of Nature, ver 2018.3. En web: <http://www.iucnredlist.org/static/programme#partnership>

Carrillo e Icochea, 1995. Lista taxonómica preliminar de los reptiles vivientes del Perú. Publicaciones del Museo de Historia natural U.N.M.S.M.

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

A. Composición de especies (con uso potencial)

Se realizó el muestreo de fauna según la metodología propuesta (ítem 3.5.2.4; MINAM, 2015), registrándose 5 especies de mamíferos. La especie más representativa y con uso conocido fue *Dasypus* sp. "Armadillo", cazada ocasionalmente con fines alimentarios. (Ver ítem 3.5.2.5 Métodos para la caracterización biológica).

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

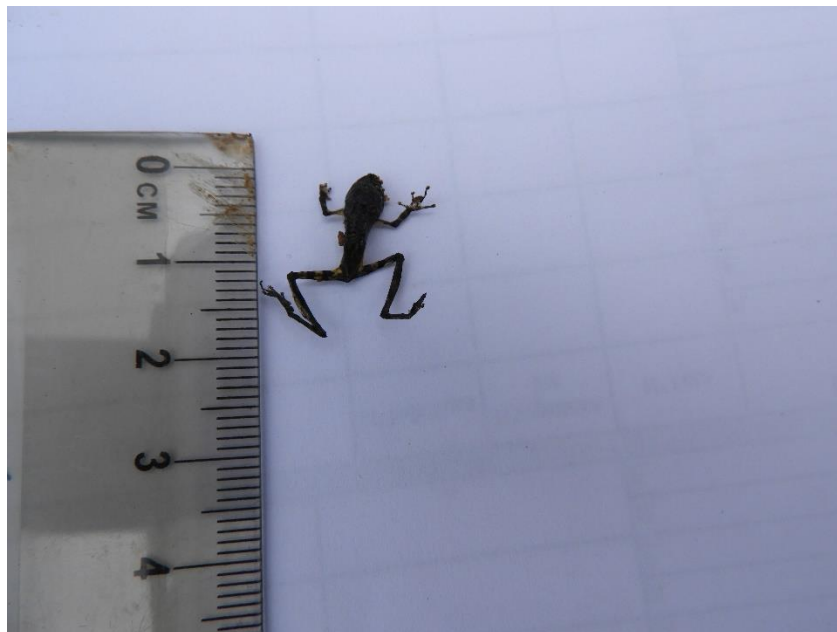
Sector	CCNN	Sitio	Componente	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Uso potencial
1	José Olaya	S0111 (Sitio 16)	Fauna	Opisthocomiformes	Opisthocomidae	<i>Opisthocomus hoazin</i>	Shansho	Sin uso conocido
				Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Mazama americana</i>	Venado colorado	Alimentación
				Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus</i> sp.	Majaz	Alimentación
				Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir	Sin uso conocido
				Anura	Craugastoridae	<i>Pristimantis</i> sp.	Rana cutín	Sin uso conocido

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

Fotografía 3-13 *Opisthocomus hoazin* "Shansho"



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

Fotografía 3-14 *Pristimantis* sp. "Rana cutin"


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

B. Abundancia y diversidad

La abundancia de una especie está íntimamente relacionada con la probabilidad de ser cazada. De acuerdo a esta premisa, se optó por calcular el índice de ocurrencia e índice de actividad de Boddicker para mamíferos mayores, y las tres especies registradas alcanzaron un puntaje total menor a 10, con lo que no se puede confirmar la presencia ni la abundancia de esta especie para el sitio; (MINAM, 2015). Todas las especies de mamíferos fueron registradas de manera indirecta.

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>Mazama americana</i>	Venado colorado	Huellas	5	1	5
<i>Cuniculus</i> sp.	Majaz	Huellas	5	1	5
<i>Tapirus terrestris</i>	Tapir	Huellas	5	1	5

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

3.7.7 Hidrobiología

3.7.7.1 Fitoplancton

A. Composición de especies

En la época húmeda, se determinaron 4 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Cyanobacteria con 3 especies representando el 75 % de dominancia, seguida por las Bacillariophyta con 1 especie (25%). La estación de monitoreo mejor representada fue S0111-HB-FIT1-002 con 3 especies, mientras que en la estación S0111-HB-FIT1-001 no se registraron especies de fitoplancton.

En la época seca, se determinaron 11 especies de fitoplancton, destacando el Phylum Bacillariophyta con 7 especies representando el 63,63 % de dominancia, seguido por Cyanobacteria y Euglenophyta, con 2 especies cada una (18,18 % cada una). La estación S0111-Hb-Fit-001 presentó la mayor riqueza de especies (11).

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

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

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-FIT1-001	S0111-HB-FIT1-002	S0111-HB-FIT1-001	S0111-HB-FIT1-002
	No. de especies			
Cyanobacteria	0	3	2	
Bacillariophyta	0	1	7	
Euglenophyta			2	
Charophyta				
Miozoa				
Total de especies	0	4	11	

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

B. Abundancia

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para época húmeda, se registró un total 232 ind/L. La mayor abundancia la presentaron las Cyanobacteria (85,84%), seguida de las Bacillariophyta (14.16 %).

La estación S0111-HB-FIT1-002 presentó la mayor cantidad de individuos de fitoplancton (232 ind/L).

Con respecto a la abundancia de especies de fitoplancton para la época seca, se registró un total 851 ind/L. El Phylum Bacillariophyta presentó la mayor abundancia (74.5 %), seguido de Euglenophyta (7.32 %).

La estación S0111-HB-FIT1-001 presentó la mayor cantidad de individuos de fitoplancton (701 ind/L).

Cuadro 3-50 Abundancia del fitoplancton por estación de monitoreo

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-FIT1-001	S0111-HB-FIT1-002	S0111-HB-FIT1-001	S0111-HB-FIT1-002
	No. de individuos			
Bacillariophyta	0	33	617	67
Cyanobacteria	0	199	17	33
Euglenophyta			67	50
Miozoa				
TOTAL	0	232	701	150

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

C. Diversidad

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0111-HB-FIT1-002 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S= 4$, $H'= 1,842$ bits/ind y $1-D= 0,550$ probits/ind), mientras que en la estación S0111-HB-FIT1-001 no se encontró fitoplancton.

En época seca, la estación S0111-HB-FIT1-001 registró valores de diversidad medios ($H'= 1,881$ bits/ind y $1-D= 0,804$ probits/ind). Los valores de equidad, en general fueron altos; es decir, la comunidad se presentó homogénea sin especies dominantes.

La familia Bacillariophyta presentó una clara dominancia sobre las demás taxas. Estas presentan distintos grados de tolerancia a concentraciones orgánicas como de variabilidad hídrica (Roldán y Ramírez, 2008; Esteves, 2011), por lo cual no se descarta contaminación orgánica para este sitio.

Cuadro 3-51 Número de especies, individuos e índices de diversidad de fitoplancton

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-FIT1-001	S0111-HB-FIT1-002	S0111-HB-FIT1-001	S0111-HB-FIT1-002
	No de Individuos			
Riqueza específica (S)	0	4	9	6
Total de Individuos	0	233	701	150
Índice de Margalef (D)	-	0,550	1,221	0,997
Equidad de Pielou (J')	-	0,921	0,855	0,970
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,000	1,842	1,881	1,74
Índice de Simpson (1-D)	-	0,694	0,804	0,816

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

3.7.7.2 Zooplancton

A. Composición de especies

En época húmeda el zooplancton estuvo representado por 15 especies y 5 phylum, destacando el

Phylum Rotífera con 8 especies representando el 53,3 % de dominancia

En época seca el zooplancton estuvo representado por 17 especies, distribuidas en 14 familias, 7 órdenes y 6 phylum. El phylum Rotífera es el más representativo, con el 47 % de las especies registradas.

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

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

Phylum	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-ZOO1-001	S0111-HB-ZOO1-002	S0111-HB-ZOO1-001	S0111-HB-ZOO1-002
	No. de especies			
Gastrotrichia			1	
Rotífera	2	7	8	1
Protozoa	3	1	3	1
Ciliophora	0	2	1	
Nemátoda	1	1	1	1
Artrópoda	0	1	2	1
Total de especies	6	12	16	4

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

B. Abundancia

Respecto a la abundancia del zooplancton para época húmeda, se registró un total de 66100 ind/L. La estación S0111-HB-ZOO1-002 representó la mayor abundancia con 65400 ind/L.

Respecto a la abundancia del zooplancton para época seca, se registró un total de 7925 ind/L, siendo la más representativa la estación S0111-HB- Zoo 1-001 (7375 ind/L).

Cuadro 3-53 Abundancia del zooplancton por estación de monitoreo

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-ZOO1-001	S0111-HB-ZOO1-002	S0111-HB-ZOO1-001	S0111-HB-ZOO1-002
	No. de individuos			
GASTROTRICHIA			125	
NEMATODA	300	150	1375	50
ARTHROPODA	0	850	2750	50
ROTIFERA	150	1100	2625	50
CILIOPHORA	0	300	125	
PROTOZOA	250	63000	375	400
TOTAL	700	65400	7375	550

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

C. Diversidad

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 al respecto 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.

Las estaciones S0111-HB-ZOO1-001 y S0111-HB-ZOO1-002 presentan valores menores a 3, lo que indican comunidades de media a baja diversidad, probablemente de hábitats perturbados. La estación S0111-HB-ZOO1-001 la que presentó los mayores valores de diversidad ($H' = 2.143$ bits/ind y $1-D = 0,815$ probits/ind).

De acuerdo con estos valores, se puede inferir una regular a baja calidad de agua para este sitio, la cual mejora en época húmeda (probablemente por el mayor volumen y caudal de las quebradas), evidenciándose además una distribución homogénea entre las taxa registradas (Índice de Equidad).

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

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-ZOO1-001	S0111-HB-ZOO1-002	S0111-HB-ZOO1-001	S0111-HB-ZOO1-002
	No. de individuos			
Riqueza específica (S)	6	12	16	4
Total de Individuos	700	65400	7375	550
Índice de Margalef (D)	0,763	0,992	1.684	0.475
Equidad de Pielou (J')	0,858	0,091	0.773	0.638
Índice de Shannon y Wiener (H')	2,217	0,326	2.143	0.885
Índice de Simpson (1-D)	0,735	0,072	0.815	0.446

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

3.7.7.3 Perifiton

A. Composición de especies

En la época húmeda, se determinaron 10 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 4 especies representando el 40 % de dominancia, seguida por Rotífera con 2 especies (20 %). La estación de monitoreo mejor representada fue S0111-HB-PER1-002 con 6

especies.

En la época seca, se determinaron 31 especies de perifiton, destacando el phylum Bacillariophyta con 14 especies representando el 45.16 % de dominancia. La estación S0111-Hb-PER1-001 presentó la mayor cantidad de especies (22 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	
	S0111-HB-PER1-001	S0111-HB-PER1-002	S0111-HB-PER1-001	S0111-HB-PER1-002
	No. de especies			
Bacillariophyta	3	1	12	8
Rotífera	0	2		1
Nemátoda	1	1	1	1
Cyanobacteria	1	0	5	3
Arthropoda	0	1		
Protozoa	0	1	2	2
Ciliophora				1
Cryptophyta				1
Euglenophyta				2
Chlorophyta			2	
Total de especies	5	6	22	19

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

B. Abundancia

Con respecto a la abundancia de especies del perifiton en época húmeda se registró un total 10351963 org/cm². La mayor abundancia la presentó Bacillariophyta (48,06 %), seguida de Rotífera (17,20 %).

Con respecto a la abundancia de especies del perifiton en época seca, se registró un total 10351963 org/cm². El phylum Euglenophyta presentó la mayor abundancia de especies (93,98 %).

Las algas más abundantes fueron las Euglenophytas, las cuales pululan en este cuerpo de agua, particularmente en el caso de Euglena sp., la cual indicaría un proceso de contaminación del cuerpo de agua, por lo que se podría inferir una cierta contaminación en el sitio, ubicándolo en la Clase IV de calidad de agua (Streble, H., & Krauter, D., 1987).

Cuadro 3-56 Abundancia del perifiton por estación de monitoreo

PHYLUM	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-PER1-001	S0111-HB-PER1-002	S0111-HB-PER1-001	S0111-HB-PER1-002
	No. de individuos			
Arthropoda	0	19		
Bacillariophyta	94	15	135 469	39 269
Cyanobacteria	13	0	223 125	6 481
Rotífera	0	39		381
Nemátoda	13	24	4 219	381
Cryptophyta				200 538
Euglenophyta				9 729 500
Ciliophora				381
Chlorophyta			7 969	
Protozoa	0	10	2 344	1 906
Total de especies	119	107	37 3129	9 978 838

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

C. Diversidad

Con respecto a la diversidad en época húmeda, la estación S0111-HB-PER1-002 registró los valores más altos de riqueza, y diversidad ($S = 6$, $H' = 2,465$ bits/ind). Los valores de equidad, en general, fueron medios a altos; es decir, la comunidad se presentó relativamente homogénea sin especies particularmente dominantes.

Respecto a la diversidad en época seca, las dos estaciones presentaron similares valores de diversidad; la estación S0111-HB-PER1-001 registró valores de diversidad más altos ($H' = 1,724$ bits/ind y $1-D = 0,651$). Los valores de equidad fueron muy bajos, es decir, la comunidad se presentó bastante heterogénea, evidenciando las dos especies dominantes del Phylum Euglenophyta.

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

ÍNDICE	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-PER1-001	S0111-HB-PER1-002	S0111-HB-PER1-001	S0111-HB-PER1-002
Riqueza específica (S)	5	6	22	19
Total de Individuos	119	107	373129	9978837
Índice de Margalef (D)	0,837	1,071	1.637	1.117
Equidad de Pielou (J')	0,718	0,954	0.557	0.267
Índice de Shannon y Wiener (H')	1,668	2,465	1.724	0.786
Índice de Simpson (1-D)	0,430	0,187	0.651	0.496

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

3.7.7.4 Macroinvertebrados bentónicos

A. Composición de especies

En época húmeda, se registró un total de 4 órdenes, 5 familias y 5 morfoespecies pertenecientes a las clases Insecta (phylum Arthropoda), y Gastropoda (phylum Mollusca). La estación que presentó la mayor riqueza de macroinvertebrados fue S0111-Hb-BEN1-002, con 3 morfoespecies (100 % de la riqueza total).

En época seca, se registró un total de 5 órdenes, 6 familias y 6 morfoespecies pertenecientes a las clases Insecta (phylum Arthropoda), y Gastropoda (phylum Mollusca). La estación que presentó la mayor riqueza de macroinvertebrados fue S0111-Hb-BEN1-002, con 5 morfoespecies (83,3 % de la riqueza total).

La lista de especies de Macroinvertebrados bentónicos registradas durante el presente monitoreo se encuentra en el Anexo 6.10 Informes de Ensayos de Laboratorio.

Cuadro 3-58 Número de especies de macroinvertebrados bentónicos por orden

ORDEN	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-BEN1-001	S0111-HB-BEN1-002	S0111-HB-BEN1-001	S0111-HB-BEN1-002
Díptera	1	1	2	2
Ephemeroptera	0	2	1	3
Plecoptera	0	1		
Odonata			1	
Architaenioglossa	1	1		
Total de especies	2	5	4	5

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

La especie de familia Chironomidae correspondiente al Orden Díptera es la dominante, la cual es tolerante a ambientes con contaminación orgánica, por lo que podría significar un indicador de estos impactos en el sitio (Barrera Alfonso, M.F., Monroy Mora, B.S., 2015).

B. Abundancia

Se colectaron 78 individuos de bentos en época húmeda. El 95,94 % correspondieron al phylum Arthropoda (74 individuos) y el 4,05 % al phylum Mollusca (4 individuos). En la estación S0111-HB-BEN1-002 se encontró el mayor número de individuos (72). El macroinvertebrado más abundante fue Chironomidae con 58 individuos. Todas las especies de macroinvertebrados registrados pertenecen al Phylum Arthropoda.

Se colectaron 39 individuos de bentos en época seca en ambas estaciones de muestreo. La estación que presentó mayor número de individuos fue S0111-Hb-BEN1-002 (32 individuos).

La dominancia del phylum Arthropoda en las estaciones evaluadas fue total, lo cual coincide con estudios anteriores (Rosenberg y Resh, 1993; Luján *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	
	S0111-HB-BEN1-001	S0111-HB-BEN1-002	S0111-HB-BEN1-001	S0111-HB-BEN1-002
	No. de especies			
Diptera	3	58	5	22
Ephemeroptera	0	12	1	9
Plecoptera	0	1		
Odonata			1	
Architaenioglossa	3	1		
Total de especies	6	72	7	31

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

C. Diversidad

En época húmeda, ambas estaciones registraron valores bajos de diversidad ($H' = 0,693$ y $H' = 0,876$ bits/ind). Los valores de riqueza, diversidad y de equidad en general, fueron bajos, es decir, la distribución de especies es heterogénea, pero no presenta especies dominantes.

En época seca, ambas estaciones registraron valores bajos de diversidad ($H' = 0,693$ y $H' = 0,876$ bits/ind). Los valores de riqueza, diversidad y de equidad, en general, fueron bajos, es decir, la comunidad no es homogénea y presenta especies particularmente dominantes.

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

Índice	Época húmeda		Época seca	
	S0111-HB-BEN1-001	S0111-HB-BEN1-002	S0111-HB-BEN1-001	S0111-HB-BEN1-002
Riqueza específica (S)	2	5	4	5
Total de Individuos	6	72	7	32
Índice de Margalef (D)	0,558	1,169	1,542	1,154
Equidad de Pielou (J')	1,000	0,488	0,921	0,622
Índice de Shannon y Wiener (H')	0,693	0,876	1,277	1
Índice de Simpson (1-D)	0,5	0,429	0,693	0,494

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. Sin embargo, los valores de diversidad fueron medios a bajos.

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, 20011), tal como especies del Phylum rotífera, indicador de aguas tipo IV.

De acuerdo a los resultados de zooplancton, se observa una diversidad de Shannon media a baja (cerca o menores a 1) en ambas épocas; y se podría interpretar como una baja calidad de agua; sin embargo, este resultado varía en época húmeda (probablemente por el mayor volumen y caudal de las quebradas), evidenciándose además una distribución medianamente homogénea entre las taxa registradas.

Las diatomeas (Bacillariophyta) fueron las más representativas en los valores de perifiton en época húmeda. Sin embargo, el phylum Euglenophyta es el dominante en época seca. Esto se debería a las razones ya mencionadas para el fitoplancton, donde se podría inferir una alta contaminación por materia orgánica reflejada fehacientemente.

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). Sin embargo, los valores de diversidad en ambas épocas fueron bajos, corroborando 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 3-21.

Se presenta en esta figura el polígono del área impactada, secciones en profundidad con la presencia de fracciones de hidrocarburos (F2 y F3) y un perfil estratigráfico que define, por tipo de suelo y las perforaciones ejecutadas en el sitio, la ubicación de la contaminación asociada a la textura del suelo. Igualmente se presentan los volúmenes y superficies de suelo impactado.

La tabla resumen de volúmenes y superficies contaminadas se presentan en el Cuadro 3-59, por cada contaminante predominante en el sitio.

Cuadro 3-61 Volúmenes y superficies contaminadas por profundidad para el sitio impactado S0111 (Sitio 16)

Estimación de Volúmenes Contaminados Fracción F2 Hidrocarburos		
Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,90	131,85	118,67
Total		118,67

Estimación de Volúmenes Contaminados Naftaleno - (HAPs)		
Profundidad (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)
0,00-0,90	320,37	288,33
Total		288,33

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, la superficie y volumen de suelo a remediar será estimado según los niveles de remediación estimados por el ERSA.

Para el sitio S0111 (Sitio 16) se toma como superficie y volumen contaminado la comprometida por los contaminantes presentes (con mayor ocurrencia/representatividad) en el sitio impactado de acuerdo con las comparaciones con estándares de calidad de suelo nacionales e internacionales. Para este caso la predominancia de contaminantes la observan las fracciones de hidrocarburos F2 y el Naftaleno (HAPs).

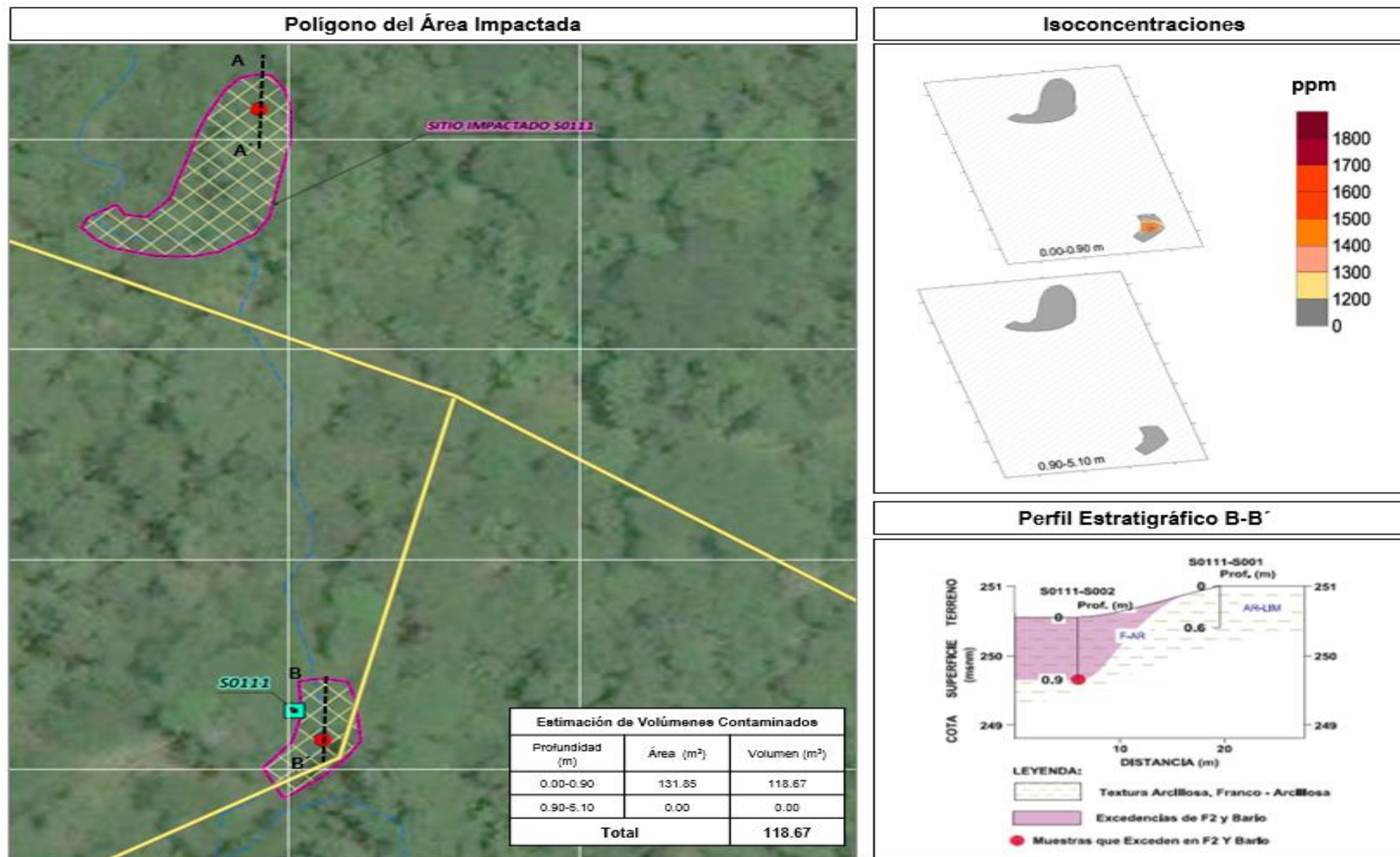
Cuando se realiza la comparación con los estándares de calidad ecuatorianos, lo cual se efectúa de manera referencial y como medio de verificación de la no presencia de excedencias de contaminantes, se evidencia la potencial presencia de Pb y Zn. No obstante, presentan una correlación en la distribución espacial con Fracción de hidrocarburos F2 y con Naftaleno, lo cual permite inferir que los cálculos de estimación de potenciales áreas y volúmenes de suelo contaminado, los contemplan de igual forma.

La superficie potencial contaminada compromete casi el 15 % y 30 % aproximadamente, del área total del sitio impactado en superficie para la fracción de hidrocarburos F2 y para los HAPs (incluyendo también la potencial contaminación de suelos por Pb y Zn) respectivamente, que se encontraron en el sitio. La mancha de contaminación se reduce a 0 en estratos más profundos para todos los elementos contaminantes.

El volumen de suelo contaminado se estima en 400 m³ aproximadamente, para un horizonte de suelos que va de 0,00-0,9 metros.

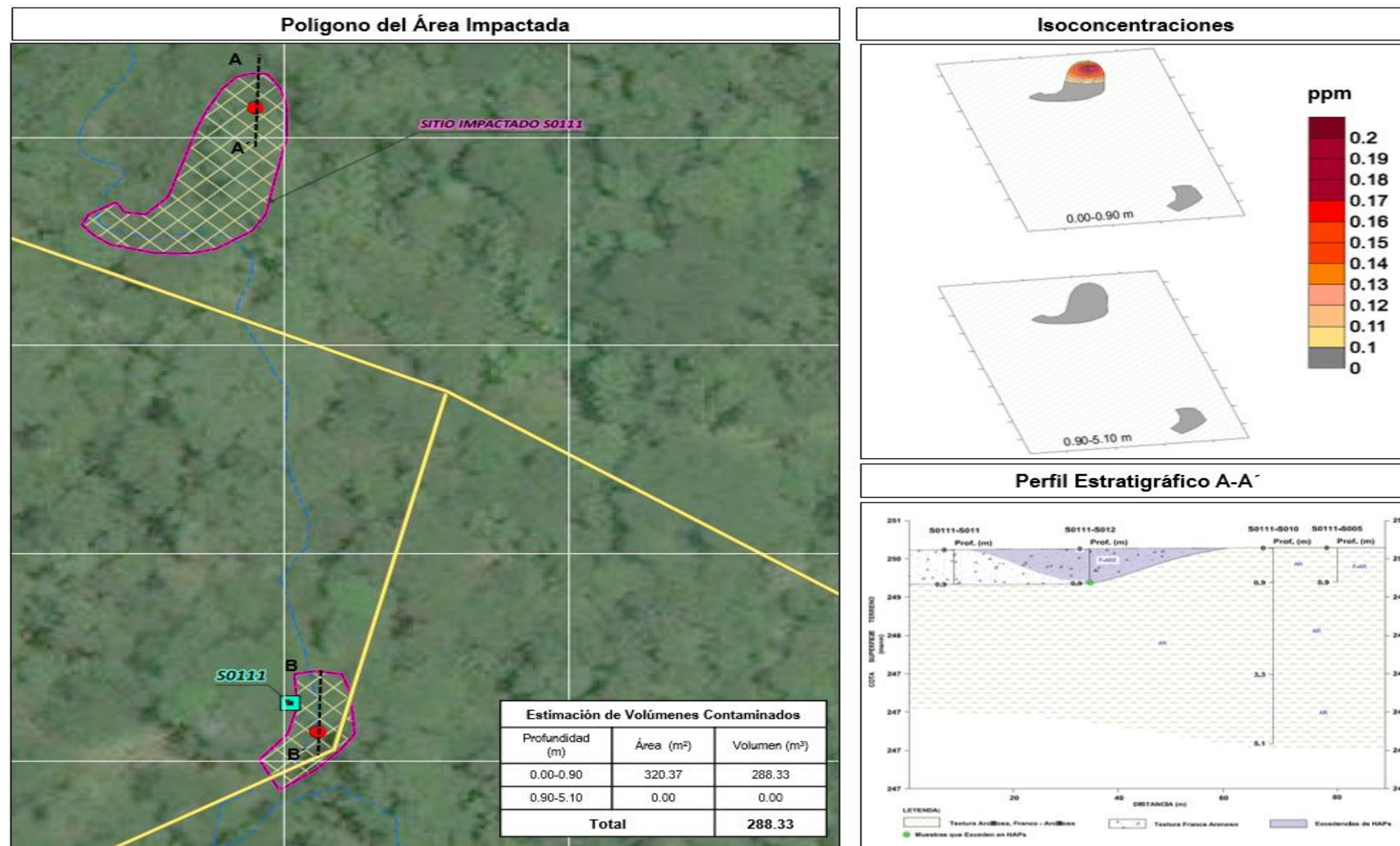
Las figuras 3-21 y 3-22 muestran la delimitación del sitio impactado, las isoconcentraciones y un perfil de contaminación por tipo de suelo tanto para la fracción de hidrocarburos F2 como para el Naftaleno (HAPs).

Figura 3-21 Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo - Fracción de hidrocarburos F2



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

Figura 3-22 Delimitación del sitio impactado, isoconcentraciones, perfil de contaminación por tipo de suelo – HAP's Naftaleno



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

3.9 Desarrollo del Modelo Conceptual Inicial, considerando:

El modelo conceptual inicial (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.

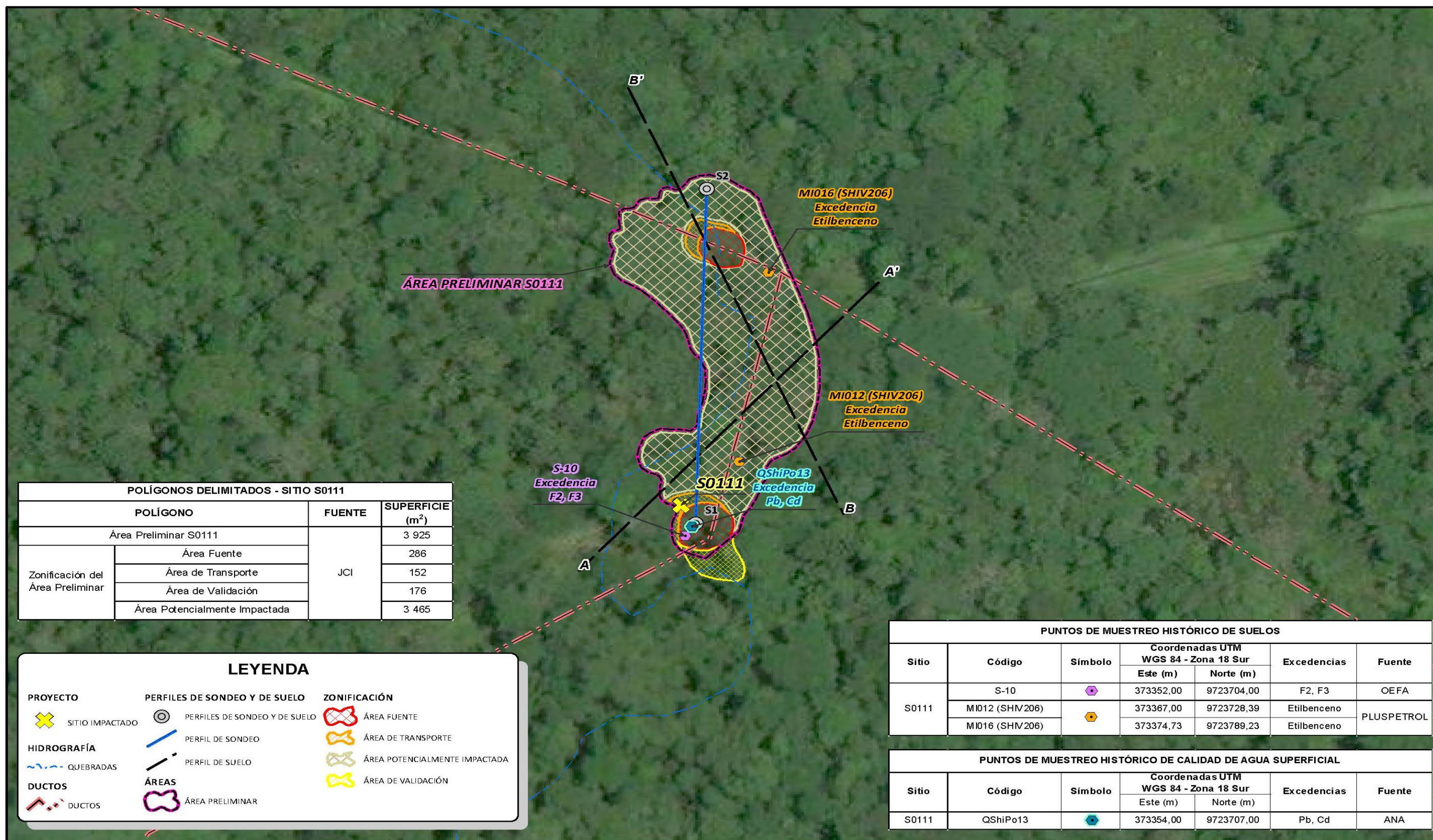
El sitio S0111 (Sitio 16) se encuentra cercano al área operativa campamento Shiviyaqu con actividad operacional, posee una ligera pendiente desde la fuente del oleoducto que dinamiza el transporte, por escorrentía superficial del hidrocarburo, se encuentra limitada por laderas de colinas.

El sitio está sujeto a fuertes cambios por la temporalidad de las lluvias incrementando de manera significativa los volúmenes de agua que discurren por una colina de pendiente suave.

Desde el reconocimiento se infiere que se unen eventos que vienen desde el pozo y desde el oleoducto; el área impactada se localiza en una microcuenca, esta no ha sido caracterizada previamente de acuerdo con la información del FONAM, se evidencia actividad cinética en el entorno del sitio, así como contaminación superficial muy recientes.

Por lo indicado en párrafos anteriores se delimitó la concentración del contaminante de acuerdo con el polígono que se observa en la Figura 3-23.

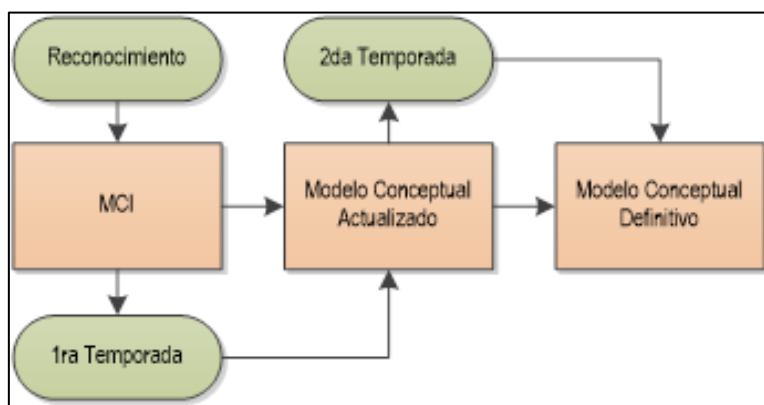
Figura 3-23 Área potencial de interés (API) de acuerdo con el MCI



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 3-24 se muestra un flujograma de la evolución del modelo conceptual (MC).

Figura 3-24 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 una incertidumbre en cuanto a la excedencia de metales en los piezómetros (pozos de monitoreo), puesto que la proveniencia de la excedencia podía ser generada por la naturaleza del suelo.

Para la segunda época de muestreo se desarrolló el Modelo Conceptual Actualizado donde se muestran los puntos en el entorno del pozo de agua subterránea S0111-Pz01 y S0111-Pz02, (para verificar si los valores de metales conseguidos en la primera época eran propios del suelo natural), de igual forma se realizaron muestreos confirmatorios de agua superficial y sedimentos (para confirmar la dinámica de la contaminación en estos medios).

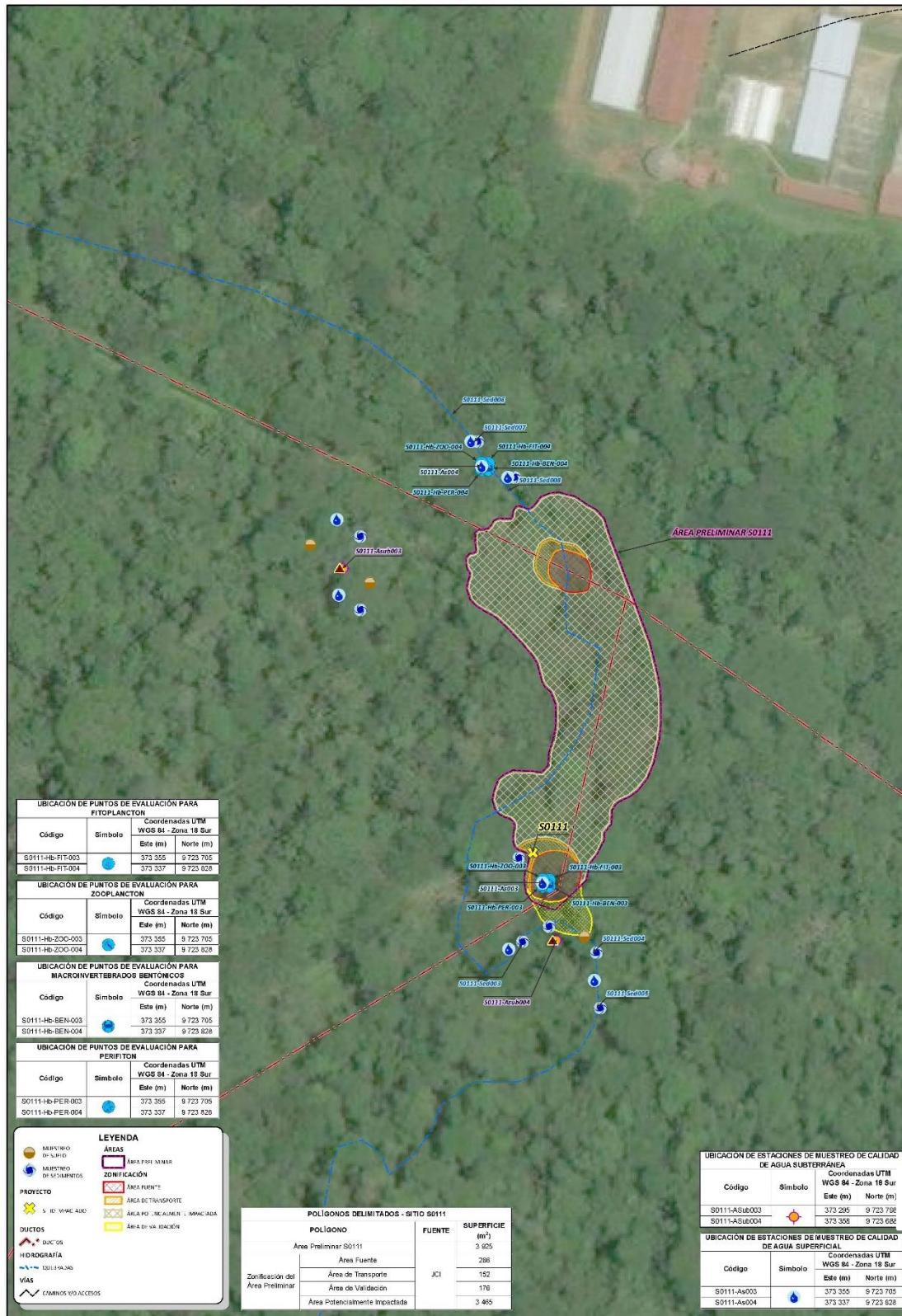
Premisas para la actualización del Modelo Conceptual

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 en investigación esto se puede observar en la Figura 3-25.

Figura 3-25 Modelo conceptual actualizado con puntos confirmatorios



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

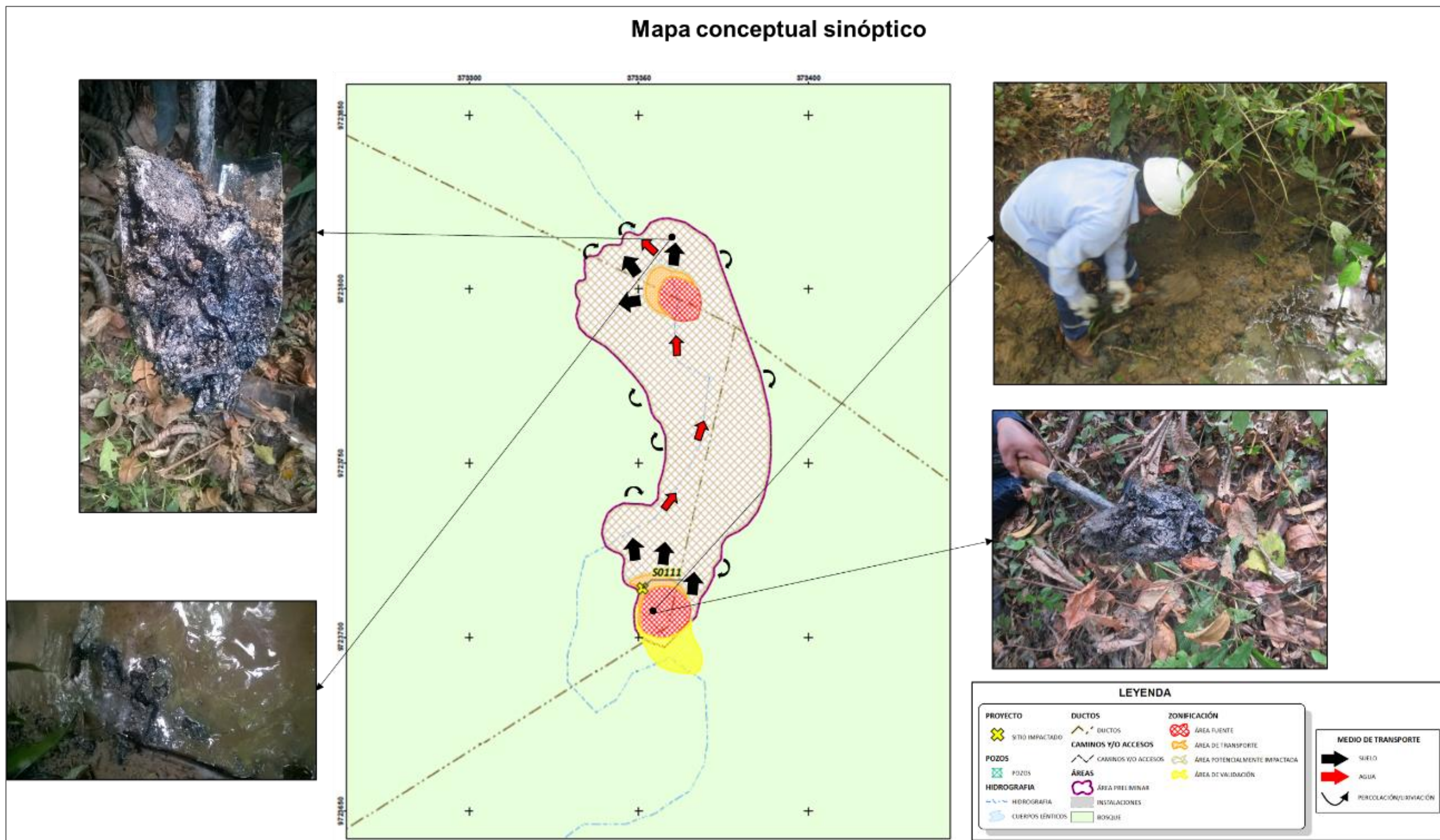
3.9.1 Fuentes de los contaminantes.

La fuente primaria es la operación petrolera, liberada por recurrentes fugas en el oleoducto cercano al campamento Shiviyaqu, corredor de servicios del oleoducto sin mantenimiento y muchos árboles caídos sobre la tubería.

3.9.2 Potenciales receptores de la contaminación.

Los principales receptores son el suelo, la vegetación a lo largo del bosque primario, las aguas superficiales y sedimentos, la fauna asociada a estos ecosistemas y posibles receptores humanos lo indicado se ilustra en la Figura 3-26, que simula la dirección del flujo del contaminante en suelo, además del posible proceso de percolación o lixiviación.

Figura 3-26 Mapa sinóptico Modelo conceptual inicial



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 e hidrobiología), 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 existe una probabilidad muy baja de que la flora y fauna afectadas sean una potencial ruta de exposición, debido a la caza o recolección incidental.

Cuadro 3-62 Tipos de uso/aprovechamiento de las especies de flora, fauna terrestre 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

Flora. Este sitio presenta por formación vegetal al Bosque de colinas bajas, y el área impactada representa aproximadamente un 40 % del área total del sitio. Por ser una zona potencialmente inundable, los accesos para realizar actividades de recolección en todo el lugar son bastante limitados. Se registró 2 especies vegetales susceptibles a uso por parte de pobladores locales; sin embargo, no se observaron indicios de recolección de especies en este sitio, lo cual significaría una baja probabilidad 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 ocasionalmente; sin embargo, según los pobladores (monitor ambiental y apoyos de la comunidad durante la fase de registro en campo), 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 polígono es intersectado al norte y al sur del sitio evaluado por una quebrada permanente; esta pudiera 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

Para los Planes de Rehabilitación el movimiento de los metales pesados a través de las diferentes litologías producido por el flujo de agua subterránea es con dirección sur-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 -aproximadamente-, según los resultados de la tomografía eléctrica está presente capas de arcillas más compactas a mayor profundidad de las ya mencionadas que actúa como material impermeable. Los hidrocarburos presentes como elementos contaminantes en el sitio S0111 (Sitio 16) 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.

También es factible una potencial migración de suelo superficial a agua superficial por escorrentía, potencial migración al subsuelo desde las aguas superficiales, posible infiltración a nivel freático especialmente en zonas bajas donde se estima mayor tiempo de exposición al contaminante.

3.9.5 Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores

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.
- Situación psicosocial (estilos de vida, actividades, alimentación, rutinas entre otros)

3.9.6 Otros factores diferentes a los contaminantes evaluados

Durante la evaluación de la zona no se evidenciaron otros factores de estrés distintos a los ya evaluados.

3.9.7 Resultados de campo

Se presenta los cuadros resumen para los puntos de muestreo que exceden los estándares de calidad y solo para los parámetros de concentración.

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

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Hidrocarburos Totales C10-C28
		Este	Norte		
Unidades					mg/kg PS
Estándar de Calidad Ambiental para Suelo – Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)					1200
S0111 (Sitio 16)	S0111-S002-0,90	373 356	9 723 707	31/05/2018	1762,0

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

Fuente: AGQ Perú SAC

Legenda:

No excede el ECA-Suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM)

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

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

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

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Fósforo	Plomo
		Este (m)	Norte (m)			
Unidades					mg/L	mg/L
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					0,05	0,0025
S0111 (Sitio 16)	S0111-As001	373 355	9 723 705	31/05/2018	0,062	0,00084
	S0111-As002	373 337	9 723 828	31/05/2018	0,081	0,00302

[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 las muestras de agua superficial (época seca)

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Fósforo
		Este (m)	Norte (m)		
Unidades					mg/L
Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2					0,05
S0111 (Sitio 16)	S0111-As001	373 355	9 723 705	4/09/2018	0,053
	S0111-As001a	373 354	9 723 702	4/09/2018	0,050
	S0111-As001b	373 353	9 723 722	4/09/2018	0,054

[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 3-66 Resumen de excedencias de las muestras de sedimentos (época húmeda)

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Clase Textural	Arsénico	Criseno
		Este	Norte			mg/kg PS	mg/kg PS
Unidades							
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)						5,90	0,0571
S0111 (Sitio 16)	S0111-Sed001	373 355	9 723 705	31/05/2018	Franco-Arcilloso	6,39	-
	S0111-Sed002	373 337	9 723 828	31/05/2018	Arcillosa	6,2	0,072

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

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 3-67 Resumen de excedencias de las muestras de sedimentos (época seca)

Sitio	Código de Muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de Muestreo	Clase Textural	Benzo (a) antraceno	Fenantreno
		Este	Norte				
Unidades							mg/kg PS
Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)						0,0317	0,0419
S0111 (Sitio 16)	S0111-Sed001a	373 355	9 723 725	4/09/2018	Franco Arenoso	1,93	0,005
	S0111-Sed002a	373 338	9 723 822	4/09/2018	Franco Arcilloso	0,005	0,059

[a] Datum WGS 84 – Zona 18 Sur

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 3-68 Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea (época húmeda)

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	Fósforo Total	Aluminio	Arsénico	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc
		Este	Norte									
Unidades					mg/L O ₂	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					≥ 5	0,05	0,01	0,005	0,007	0,30	0,050	0,03
S0111 (Sitio 16)	S0111-ASub002	373 358	9 723 688	20/06/2018	4,07	0,344	5,99	0,01675	0,0087	3,1	1,1351	0,053
	S0111-ASub001	373 295	9 723 758	20/06/2018	4,14	0,056	2,3	0,0024	0,0073	1,5	0,22914	0,027

Legenda:

No excede la normativa internacional

Excede Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines

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

Cuadro 3-69 Resumen de excedencias de las muestras de agua subterránea (época seca)

Sitio	Código de muestra	Coordenadas UTM ^[a]		Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto	Fósforo Total	Aluminio	Arsénico	Hierro	Manganeso	Plata
		Este	Norte								
Unidades					mg/L O ₂	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Alberta Tier (Groundwater) Remediation Guidelines					≥ 5	0,05	0,01	0,005	0,30	0,050	0,0001
S0111 (Sitio 16)	S0111-ASub001	373 358	9 723 688	07/09/2018	1,75	0,036	0,676	0,00578	0,48	0,15919	0,00039
	S0111-ASub002	373 295	9 723 758	07/09/2018	1,58	0,068	1,24	0,01205	0,78	0,50472	0,00006

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.

De acuerdo con la evolución y cambios del modelo conceptual para el sitio S0111 (Sitio 16), producto de la interpretación de los resultados de laboratorio y del análisis integrado de estos con el entorno natural y modificado del sitio, se delimitó el área impactada como se puede apreciar en la Figura 3-27.

Figura 3-27 Delimitación del sitio impactado S0111 (Sitio 16)



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

El sitio se caracteriza por presentar una textura de suelos que va de franco-arcilloso (0,00-1,20 m) al arcilloso (> 1,20 metros). De acuerdo con los resultados de la tomografía eléctrica, las arcillas impermeables se localizan a unos 13-20 metros de profundidad. La interpretación de la geofísica, acompañado de los resultados de campo y laboratorio, así como la interpretación del entorno, permite inferir una dinámica de hidrogeológica, para el agua subsuperficial, en sentido sur a norte y que se localiza entre los 0 y los 13 metros de profundidad.

La potencial migración de contaminantes se pudiera manifestar verticalmente en este horizonte de suelos de 13 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
Pz 1	373 295	9 723 798	231	0,75	230,25
Pz 2	373 358	9 723 688	214	1,806	212,2

De estos datos se deduce que los pozos están separados 110 m y sus diferencias de nivel piezométrico son 18,05 m.

Considerando que la dirección del flujo fuera de P_{z1} a P_{z2} el gradiente vendrá dado por:

$$I = 18,05 / 110 = 0,164$$

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

$$V_R = \frac{k_e i}{m_e} = \frac{10^{-3} \cdot 0,164}{0,05} = 0,003 \text{ m/d}$$

Es decir, el resultado obtenido es de 0.003 m/día, o lo que es lo mismo 1 m/año aproximadamente. Estos valores ponen de manifiesto que el agua subterránea, “se mueve lentamente”. Los suelos arcillosos tienen una permeabilidad baja, en algunos casos se pueden considerar como impermeables a los efectos de transmisión del agua y más aún de un producto petrolífero de viscosidad mayor. Igualmente capturan metales y HAPs de acuerdo con su potencial de intercambio catiónico.

Amén de la hipótesis que pudiera hacerse sobre la migración potencial de contaminantes en el sitio S0111 (Sitio 16), es importante recalcar que los eventos que dieron origen a esta área impactada tienen una data mayor a 5 años (de acuerdo con la información bibliográfica y a la información obtenida del monitor ambiental “local”).

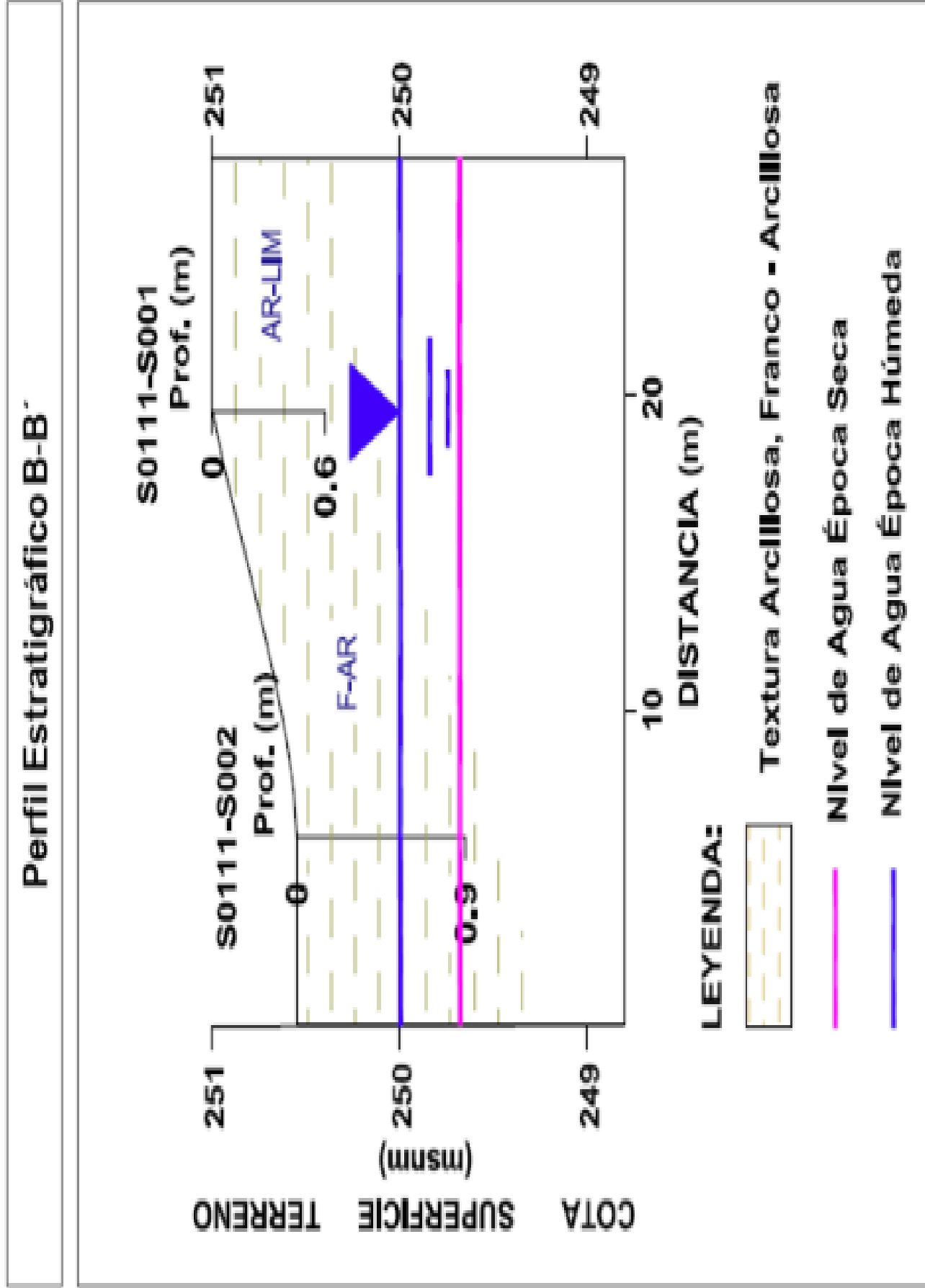
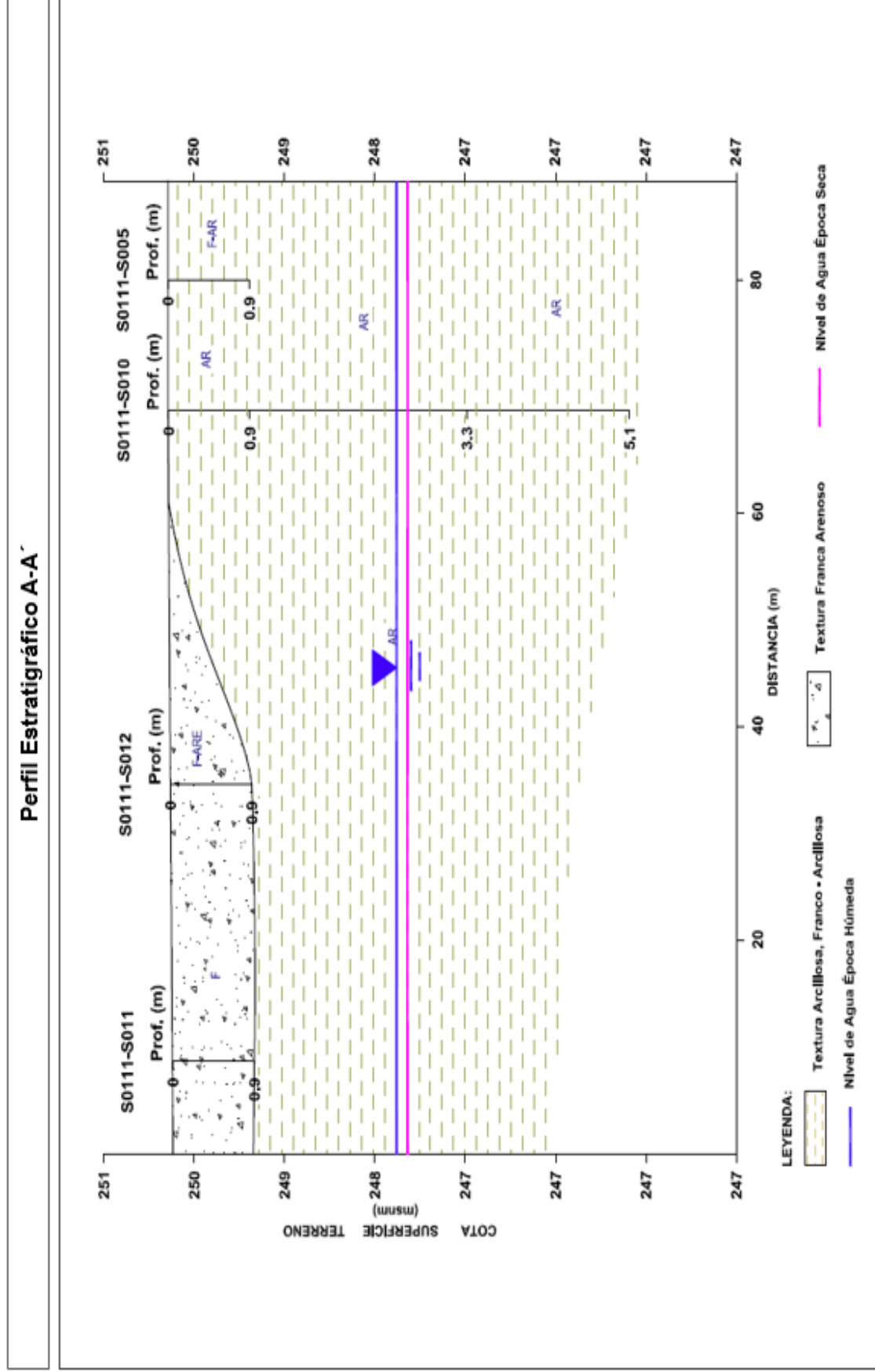
La presencia potencial de metales Pb y Zn, asociados a los derrames de hidrocarburos o de aguas de producción, así como su presencia en muestras de agua superficial y subterránea, corroboran que aun cuando estas evidencias surgen de la comparación con el ECA de suelos de Ecuador, efectivamente hay una presencia de estos en el suelo y una potencial movilización a cuerpos de agua.

La alineación de los puntos de muestreo que arrojaron excedencias a lo largo del cauce de una quebrada estacional afirma la correlación en la ocurrencia espacial de los contaminantes encontrados.

Para el sitio impactado S0111 (Sitio 16) los resultados analíticos en sedimentos arrojaron presencia de metales (As) en ambas épocas (húmeda y seca) y de HAPs (Benzo -a- antraceno, Criseno y fenantreno). Estos últimos tienen, de acuerdo con la bibliografía, una tasa de degradación media inferior al año, lo cual permite inferir que su origen es distinto al del sitio impactado o se encuentran atrapados en los sedimentos, por su carácter lipofílico, reduciendo su accesibilidad a microorganismos que pudieran descomponerlos.

La conceptualización de la dinámica del agua subsuperficial se presenta en la Figura 3-28.

Figura 3-28 Conceptualización dinámica hidrogeológica



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

3.10.1 Determinación de los contaminantes.

Los contaminantes presentes en el sitio S0111 (Sitio 16) se presentan en los cuadros siguientes, donde se resumen exclusivamente las excedencias comparando los resultados con los valores de ECA para suelos tipo “agrícolas” del Perú (D. S. N.º 011-2017-MINAM). Se resumen los elementos contaminantes encontrados a continuación:

Suelos

Fracción F2	1 muestra	Suelo arcilloso	Profundidad entre 0,6 – 0,9 m
Naftaleno	1 muestra		
Plomo	4 muestras		
Zinc	20 muestras		

25 muestras de suelo / 15 puntos de muestreo

Sedimentos

HAPs (Criseno, Benzo -a- antraceno y fenantreno)	5 muestras / 6 puntos	Aguas arriba/ Aguas abajo
Arsénico	2 muestras / 4 puntos	Aguas abajo

Aguas subterráneas

Manganeso	4 muestras / 2 puntos
Cobre	2 muestras / 2 puntos
Zinc	1 muestras / 2 puntos
Plomo	1 muestras / 2 puntos

3.10.2 Aspectos que contribuyen a la degradación ambiental.

De acuerdo con el acápite anterior, son las fracciones pesadas de hidrocarburos “recalcitrantes” y “meteorizados” los que caracterizan ampliamente la contaminación del S0111 (Sitio 16). Se determinó la presencia puntual de algunas fracciones de hidrocarburos F2, metales pesados y HAPs los cuales comprometen la calidad del área impactada.

Existen diversas condicionantes del sitio S0111 (Sitio 16) que contribuyen a la degradación ambiental. A continuación, se mencionan los más determinantes:

- Terreno con colinas
- Cuerpos de agua superficiales que colindan con el área.
- Dinámica hidrogeológica positiva, que facilita la migración de contaminantes solubilizados
- Fácil acceso por el corredor de tubería y carretera
- Posible acceso para la caza de fauna silvestre

Adicionalmente, la existencia de una pendiente natural muy suave en dirección sur-norte, la cual coincide con la dinámica de las aguas subterráneas, sumado a la existencia de una quebrada estacional que colinda con el sitio impactado, así como la dinámica de saturación de agua en el suelo, pudieran ser fenómenos que contribuirían potencialmente a la degradación ambiental.

Las aguas subterráneas presentan valores de contaminación para metales (Pb y Zn). La presencia de estos metales pudiera contribuir a la degradación ambiental, no obstante, la población más cercana está a más de 17 km de distancia y el sitio se ubica en una cuenca distinta a la del río Corrientes.

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)

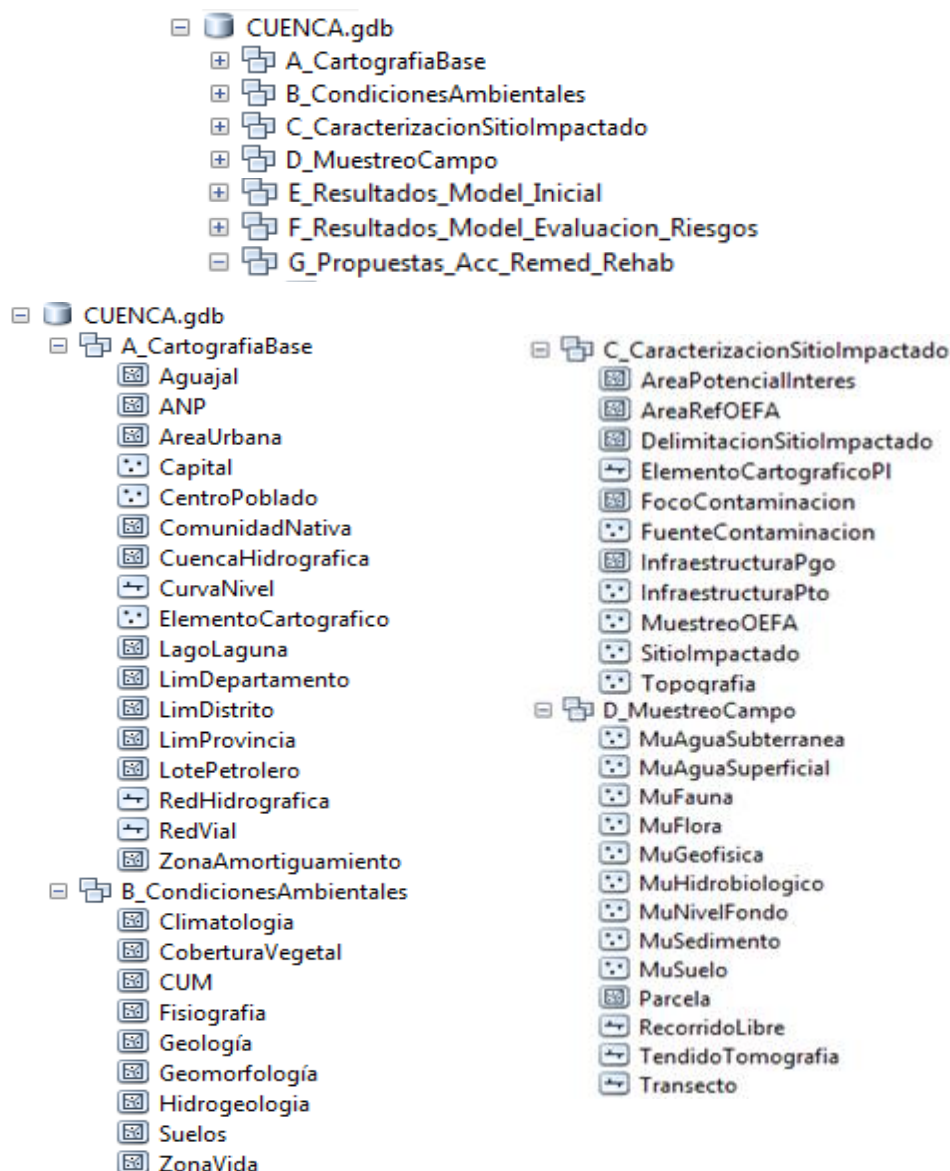
La base de información en donde se almacenará toda la información recopilada durante el desarrollo de proyecto será una **Geodatabase**, en donde se coleccionan datos espaciales, alfanuméricos y reglas de comportamiento, los cuales estarán interrelacionados.

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^{bb}

El ERSA es un instrumento de orientación que tiene como objetivo evaluar si la contaminación existente en el Sitio S0111 (Sitio 16) 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 S0111 (Sitio 16) 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 S0111 (Sitio 16). 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 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.

^{bb} 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 S0111 (Sitio 16) 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.

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:

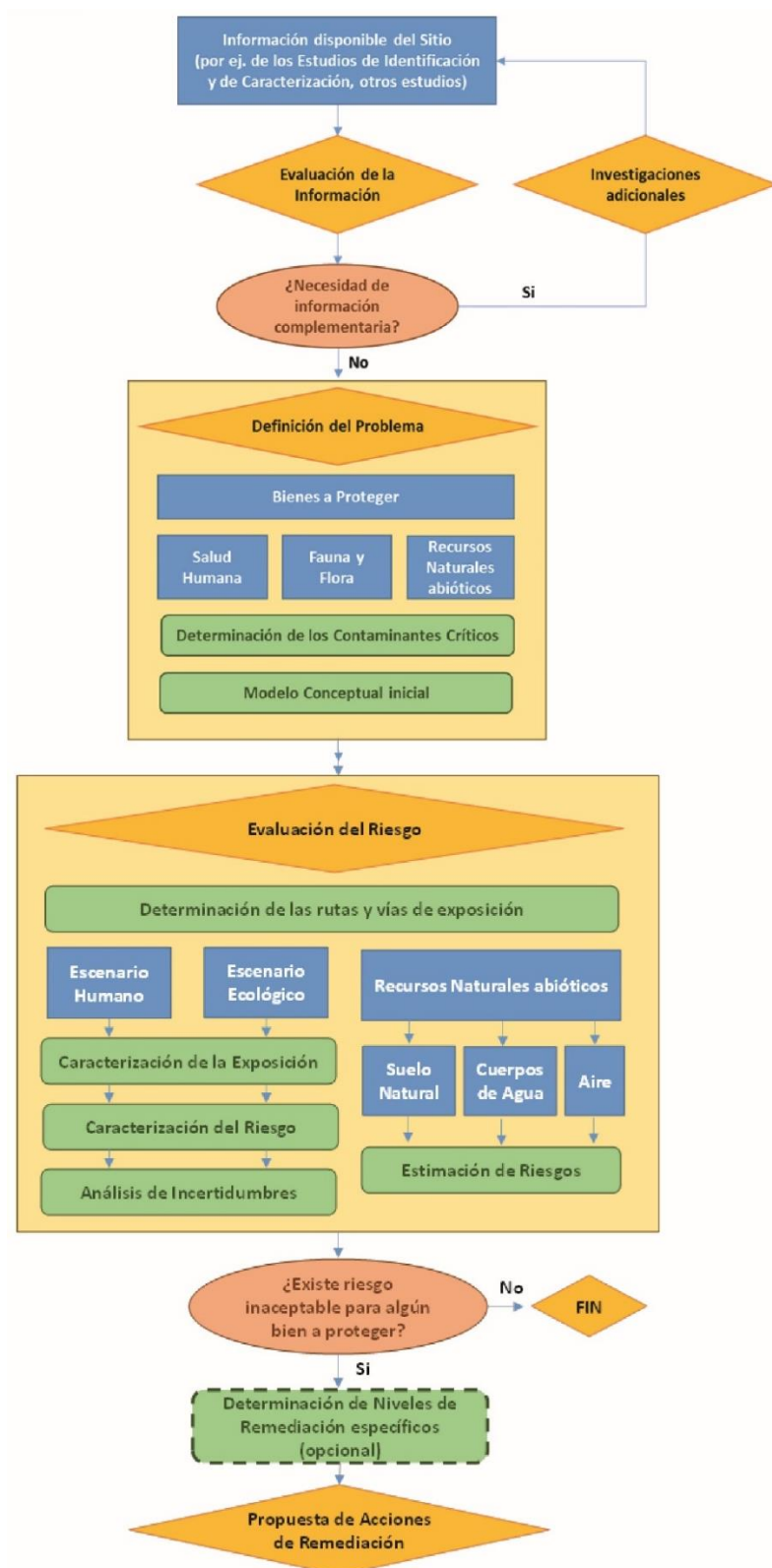
- Identificación de las rutas y vías de exposición.
- Caracterización de los receptores y escenarios de exposición.
- Selección de factores de exposición.
- Cálculo de la dosis de exposición.

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

El sitio S0111 (Sitio 16) se relaciona directamente con las tuberías que interconectan las Baterías Carmen y Shiviyaçu, así como el oleoducto que conecta los pozos SHIV-05 y SHI-13D.

Las actividades hidrocarburíferas específicamente en el sitio S0111 (Sitio 16) datan del año 1975 con el descubrimiento y perforación del yacimiento Shiviyaçu, donde el crudo extraído presentaba bajo contenido de agua; siendo óptimo su procesamiento y aprovechamiento por aquellos años. Hasta antes de la implementación del Oleoducto Norperuano, se enviaba la producción de petróleo hacia la estación Marsella, para luego ser transportada vía fluvial hacia Iquitos; y con la construcción de dicha infraestructura, se enviaba la producción a la Estación N.º 1 del Oleoducto Norperuano, situado en San José de Saramuro.

Cuadro 4-1 Fuentes potenciales de contaminación del sitio S0111 (Sitio 16)

Fuente potencial	Coordenadas UTM WGS-84		Estado	Evidencias
	Este (m)	Norte (m)		
Oleoducto asociado a los pozos SHIV 05 y SHIV13D	373369	9723749	Activo	Relevamiento en campo
Oleoducto que interconecta las baterías Carmen y Shiviyaçu	373367	9723795	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 S0111 (Sitio 16), 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 S0111 (Sitio 16).

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 S0111 (Sitio 16) se relaciona directamente con las tuberías que interconectan las Baterías Carmen y Shiviyaçu, así como el oleoducto que conecta los pozos SHIV 05 y SHI13D.

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 intercalaciones estratificadas de lodolitas,

superficialmente corresponde a una litología de los cuaternarios antiguos y recientes, compuesta por limo-arenas, limos, arcillas con escasa consolidación e inconsolidadas (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 del sitio S0111 (Sitio 16) se encuentra ubicado al oeste de la parte industrial de la batería Shiviya a unos 320 metros, la profundidad del agua subterránea sobre el área de interés es aproximadamente como máximo dos (2) metros y la dirección de flujo del agua subterránea principal es de sur-norte hacia la quebrada S/N 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 bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y terrazas bajas eventualmente inundable en los sedimentos cuaternarios de la formación nauta. También ocurren con buena extensión las colinas bajas desarrolladas en sedimentos cuaternarios y colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias.

La cobertura vegetal de la zona esta predominado por bosques de colinas bajas, incluye los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas). En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, con presencia de pequeñas quebradas que inundan parcialmente la zona en época muy 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 veinticuatro (24) muestras de suelo, de las cuales veinte (20) muestras se captaron en época húmeda y cuatro (4) muestras se captaron en época seca. Adicionalmente, se tomó una (1) muestra de Nivel de Fondo.

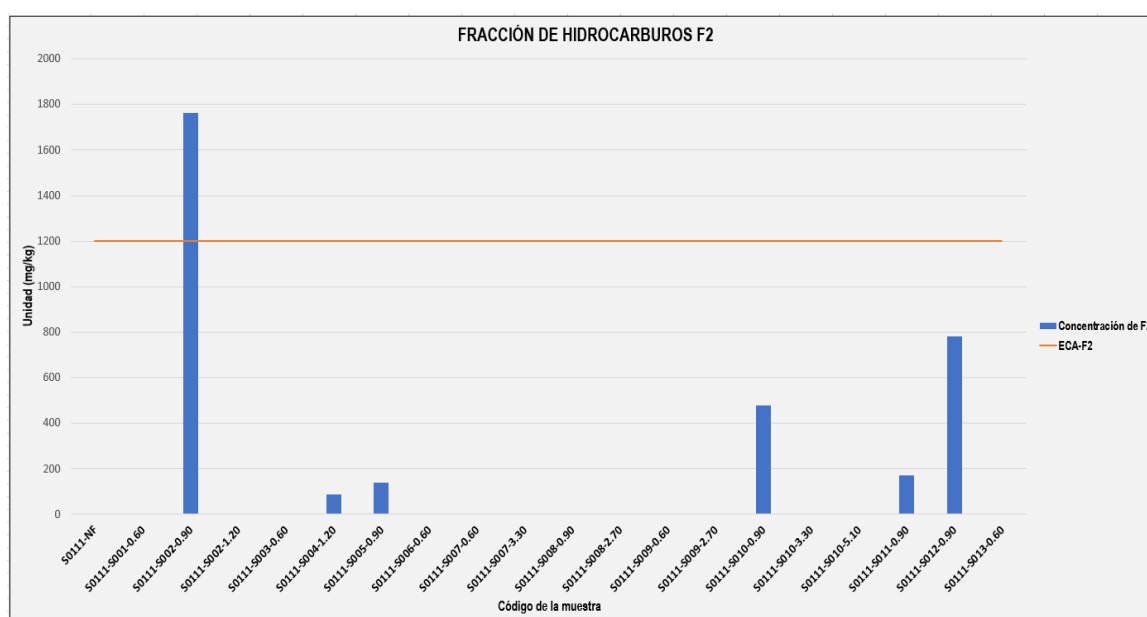
Los resultados fueron comparados con el ECA para suelos de uso agrícola cuyo análisis se presenta más adelante. Es preciso mencionar que, de manera orientativa los resultados de metales fueron comparados con normas internacionales (Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural), sin embargo; se aclara que son estándares utilizados en regiones donde las condiciones climáticas, ecosistemas, tipos de bosque

y suelos, distan mucho de los existentes en la selva amazónica peruana. De dicha comparación se encontró que en época húmeda no se superan los estándares de la Norma Internacional en el sitio S0111 (Sitio 16) para el Berilio (Be), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Plata (Ag), Vanadio (V) y Zinc (Zn). El 100% de las muestras de suelo superan la concentración normada internacionalmente para el Boro (B), mientras que el 77% supera el Selenio (Se). El Talio (Tl) solamente supera en una muestra. En época húmeda, solo una muestra supera el estándar de Selenio (Se).

Según los resultados de los análisis de laboratorio las muestras analizadas dieron como resultado:

La **fracción de hidrocarburo F2** fue detectada excediendo el ECA para suelo de uso agrícola (1,200.0 mg/kg) en 1 muestra.

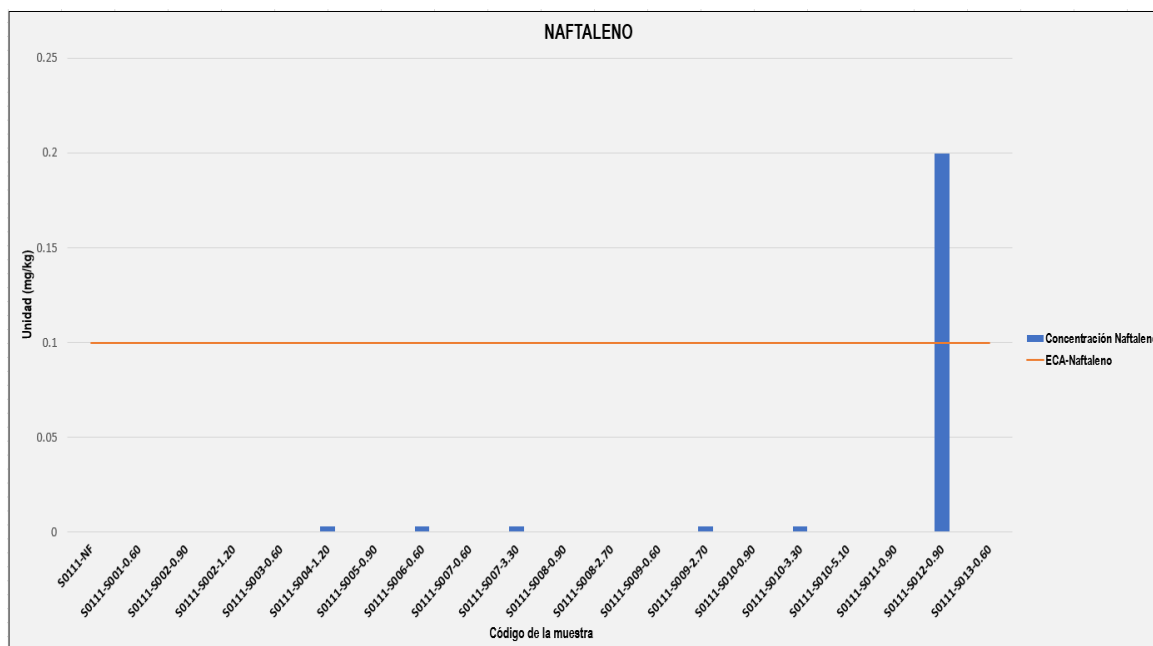
Figura 4-2 Excedencias de fracción de hidrocarburo F2 (época húmeda)



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 (1) muestra:

Figura 4-3 Excedencias de naftaleno (época húmeda)



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

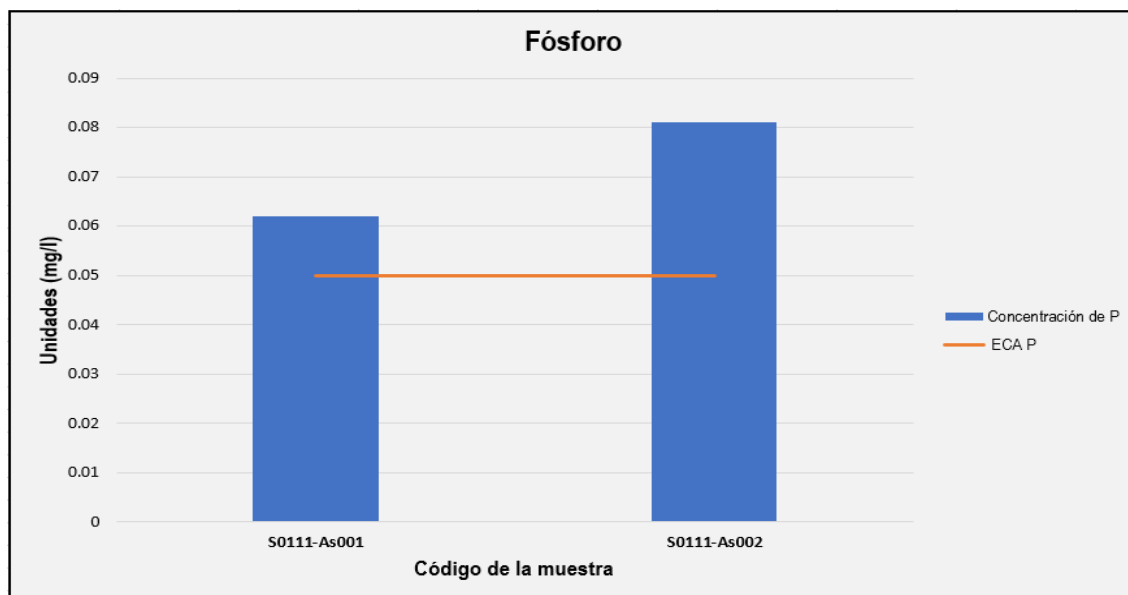
• Descripción de resultados de agua superficial

Se analizaron dos (2) muestras de agua superficial en época húmeda, en la época seca se tomaron dos (2) muestras en el mismo sitio y codificadas de igual manera que en la época húmeda y se adicionaron cuatro (4) muestras. Las concentraciones se compararon con el ECA para agua Categoría 4: E2 ríos de la Selva.

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

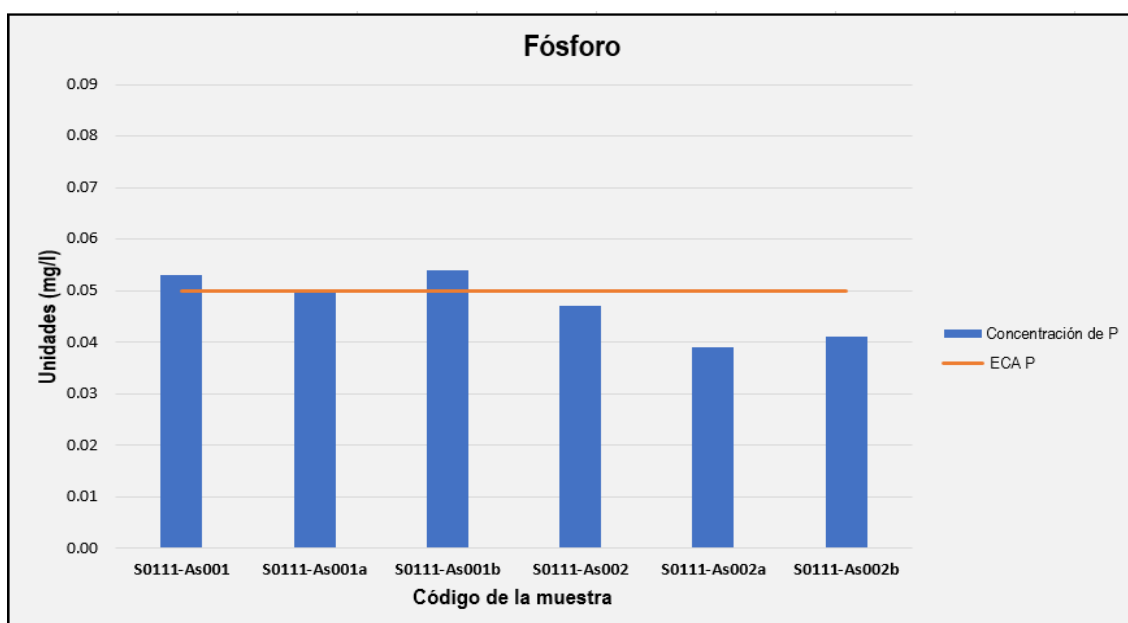
El **fosforo** fue detectado fuera del rango del ECA para agua (0,05 mg/L) en dos (2) muestras para época húmeda, siendo las muestras: S0111-As001 (0,062 mg/L) y S0111-As002 (0,081 mg/L) y en dos (2) muestras para época seca, siendo las muestras: S0111-As001 (0,053 mg/L) y S0111-As001b (0,054 mg/L). Se precisa que la muestra S0111-As001a reportó un valor igual al ECA: 0,050 mg/L.

Figura 4-4 Excedencias de fosforo (época húmeda)



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

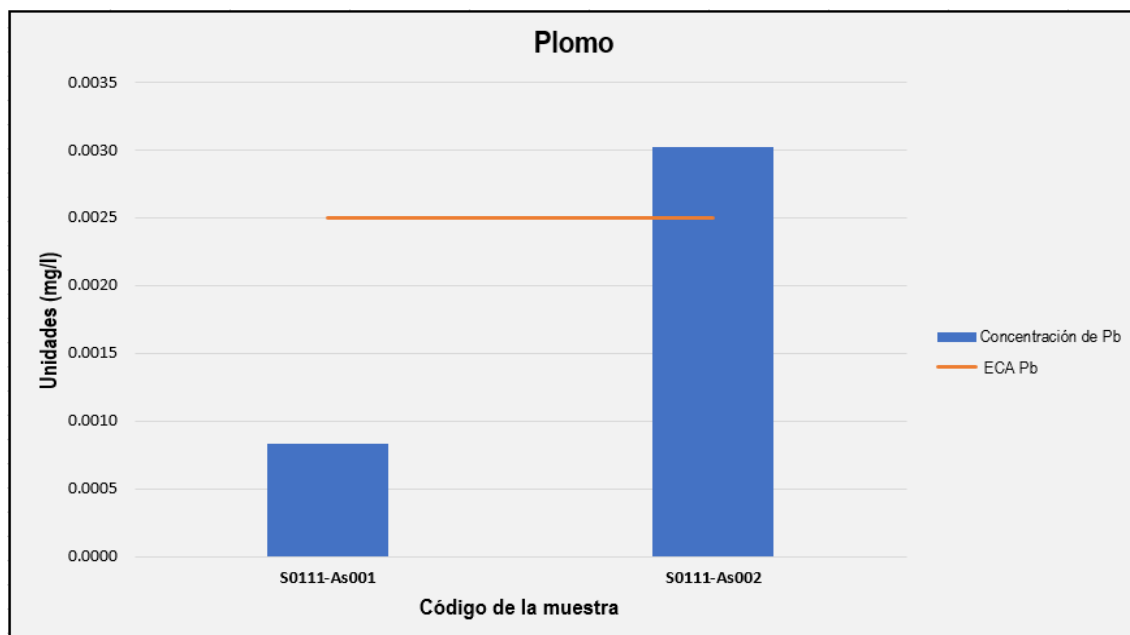
Figura 4-5 Excedencias de fosforo (época seca)



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

El **plomo** fue detectado fuera del rango del ECA para agua (0.0025 mg/L) en una (1) muestra para época húmeda, siendo la muestra: S0111-As002 (0,00302 mg/L).

Figura 4-6 Excedencias de plomo (época húmeda)



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

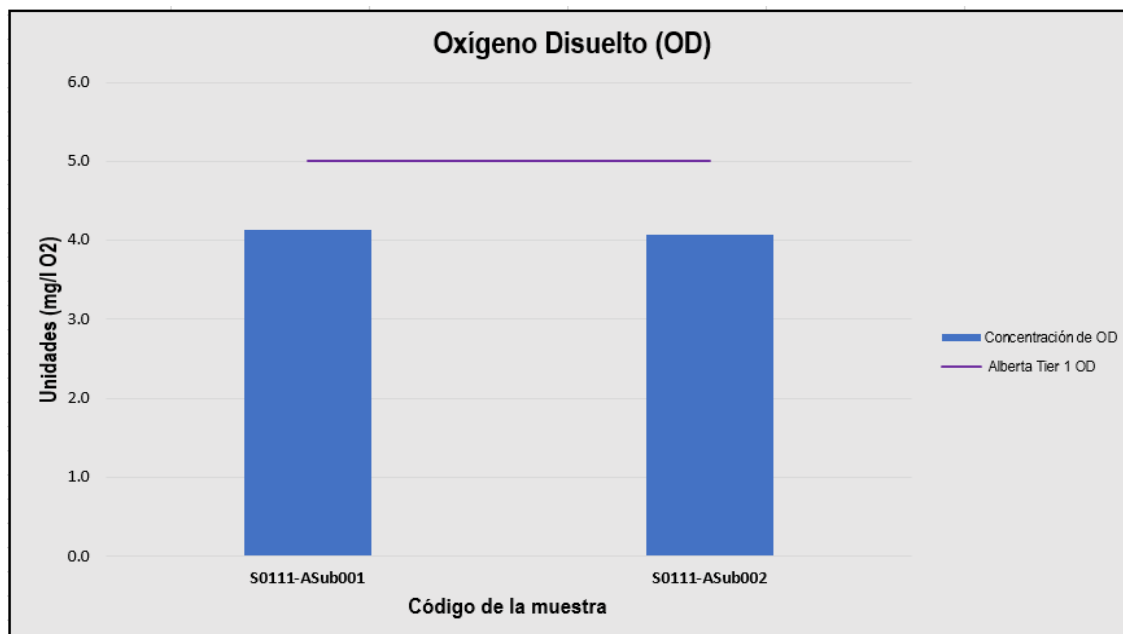
• Descripción de resultados de agua subterránea

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 piezómetros instalados. 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:

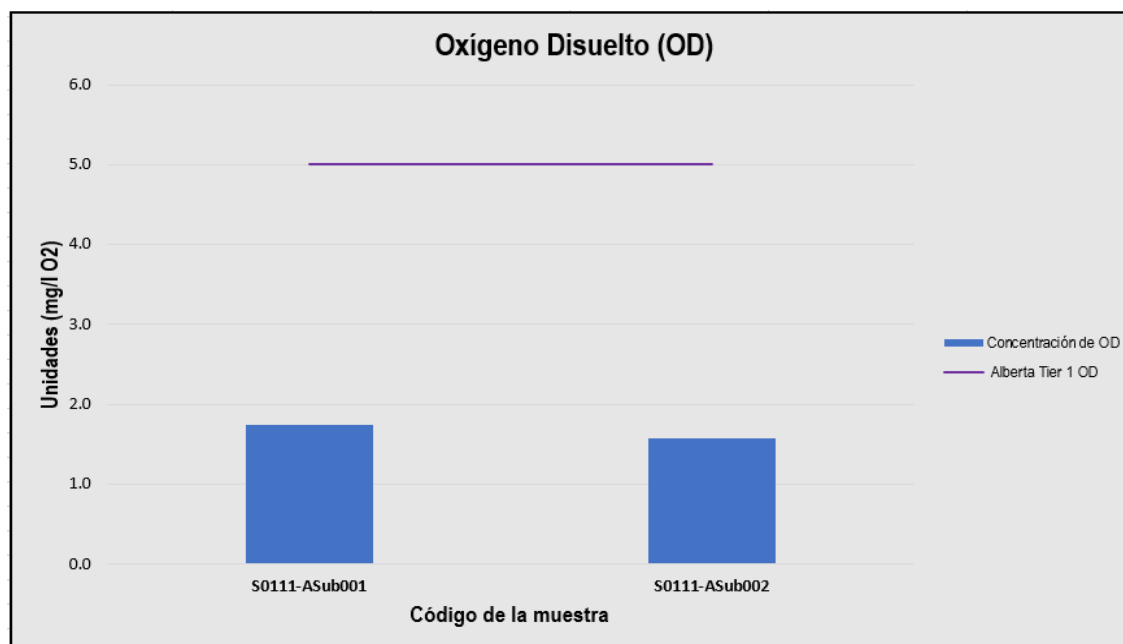
El **O.D.** fue detectado por debajo del rango del Alberta Tier (≥ 5 mg/L) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 4,14 mg/L y S0111-Asub002 presentó 4,07 mg/L, y dos (2) muestras para la época seca, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 1,75 mg/L y S0111-Asub002 presentó 1,58 mg/L.

Figura 4-7 Excedencias de O.D. (época húmeda)



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

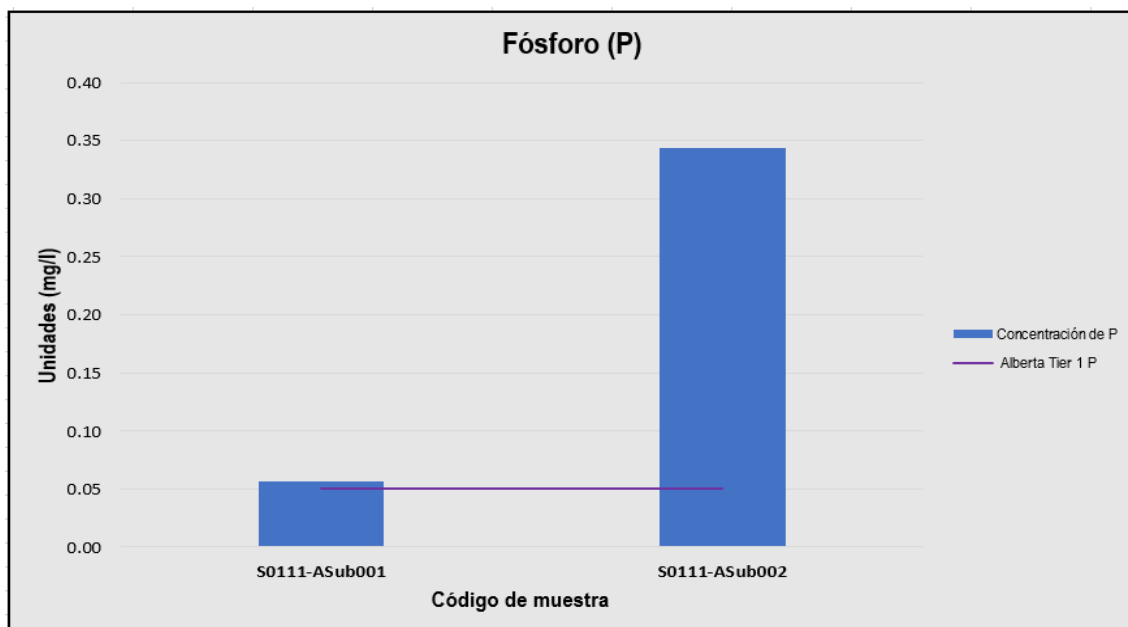
Figura 4-8 Excedencias de O.D. (época seca)



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

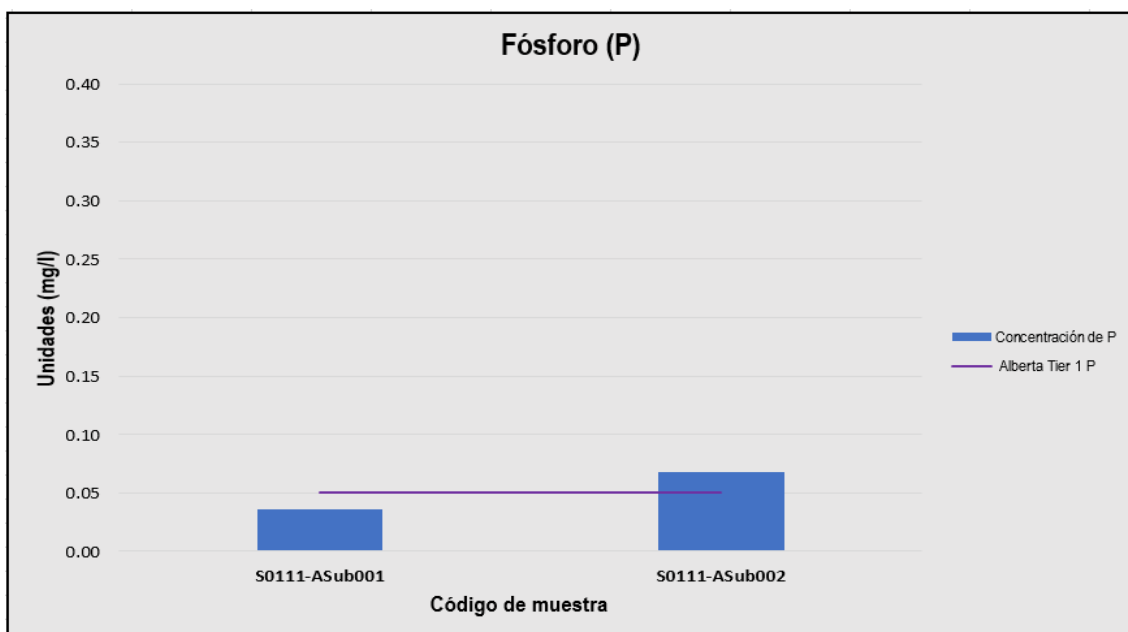
El **fosforo** fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,05 mg/L) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las muestras: S0111-ASub001 presentó 0,56 mg/L y S0111-ASub002 presentó 0,344 mg/L, y una (1) muestra en la época seca, siendo la muestra: S0111-ASub002 presentó 0,068 mg/L.

Figura 4-9 Excedencias de fosforo (época húmeda)



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

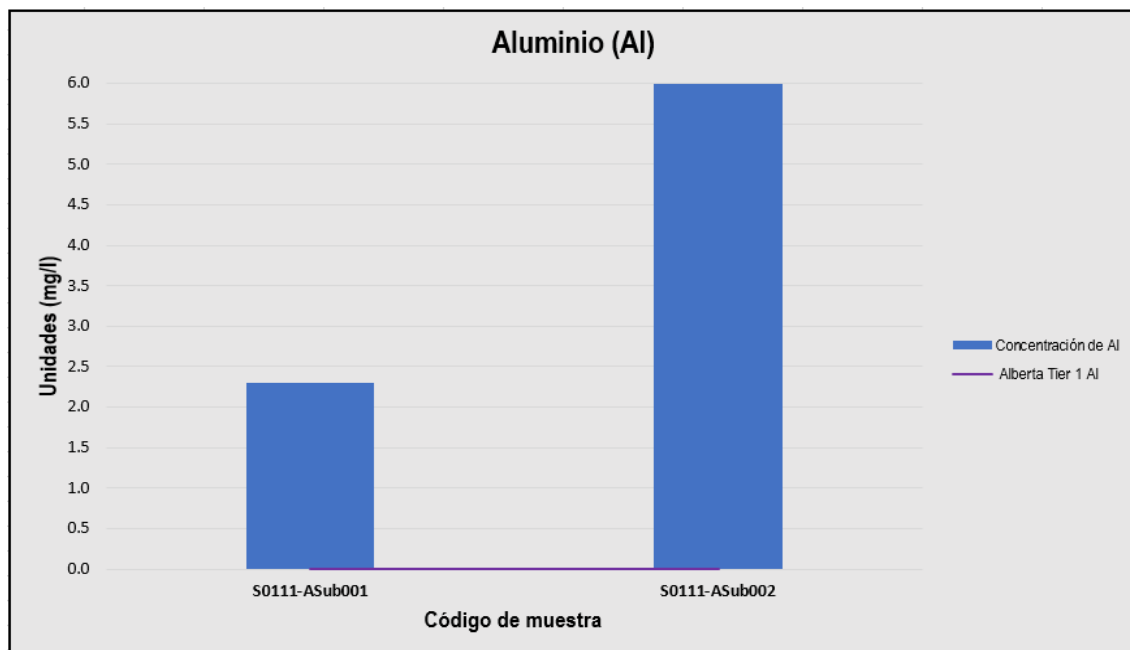
Figura 4-10 Excedencias de fosforo (época seca)



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

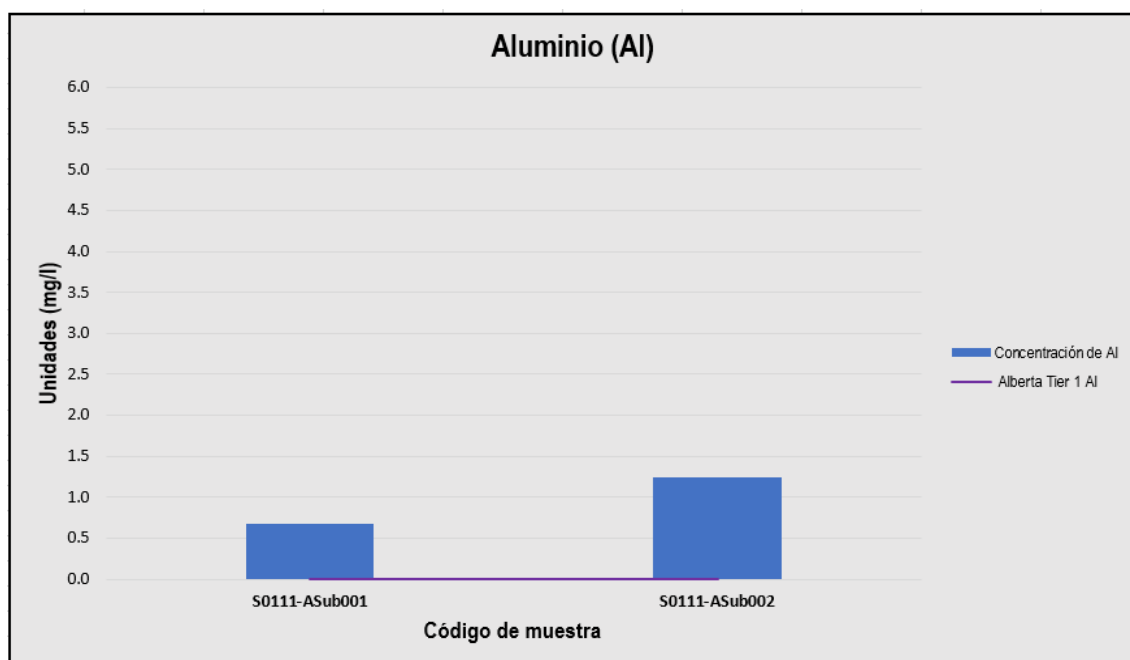
El **aluminio** fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,006 mg/L) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 2,3 mg/L y S0111-Asub002 presentó 5,99 mg/L, y dos (2) muestras para la época seca, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 0,676 mg/L y S0111-Asub002 presentó 1,24 mg/L.

Figura 4-11 Excedencias de aluminio (época húmeda)



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

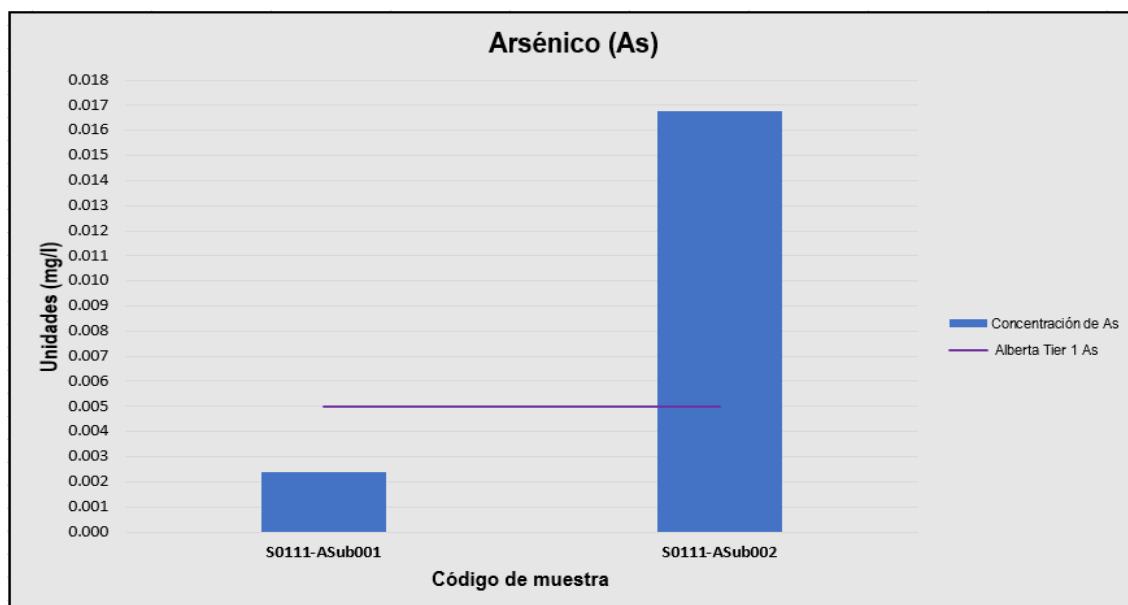
Figura 4-12 Excedencias de aluminio (época seca)



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

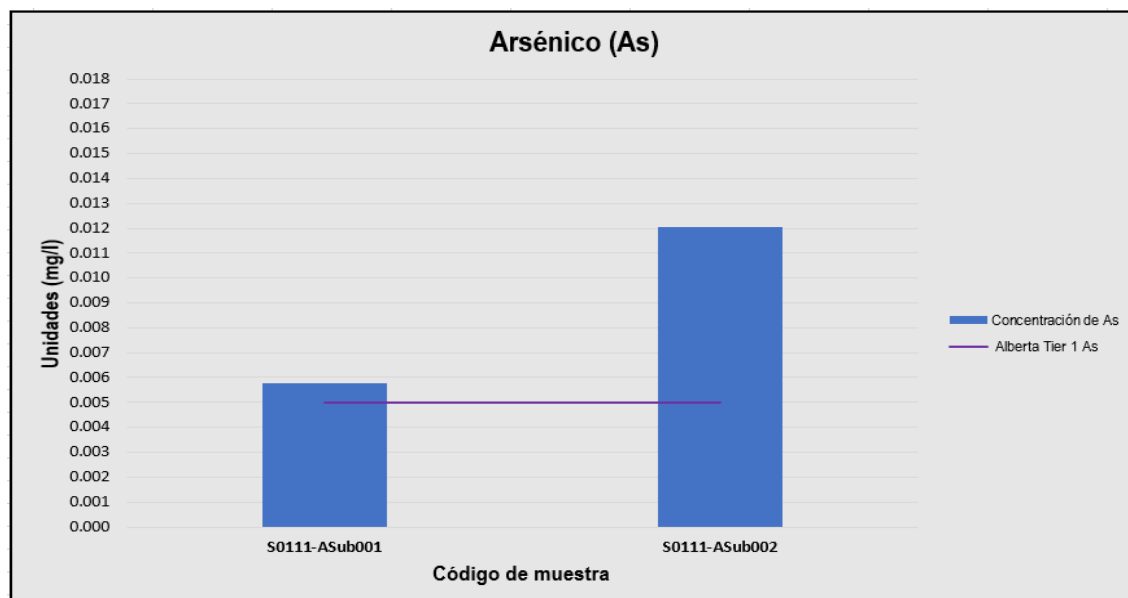
El **arsénico** fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,005 mg/L) en una (1) muestra para la época húmeda, siendo la muestra: S0111-Asub002 presentó 0,01675 mg/L, y dos (2) muestras para la época seca, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 0,00578 mg/L y S0111-Asub002 presentó 0,01205 mg/L.

Figura 4-13 Excedencias de arsénico (época húmeda)



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

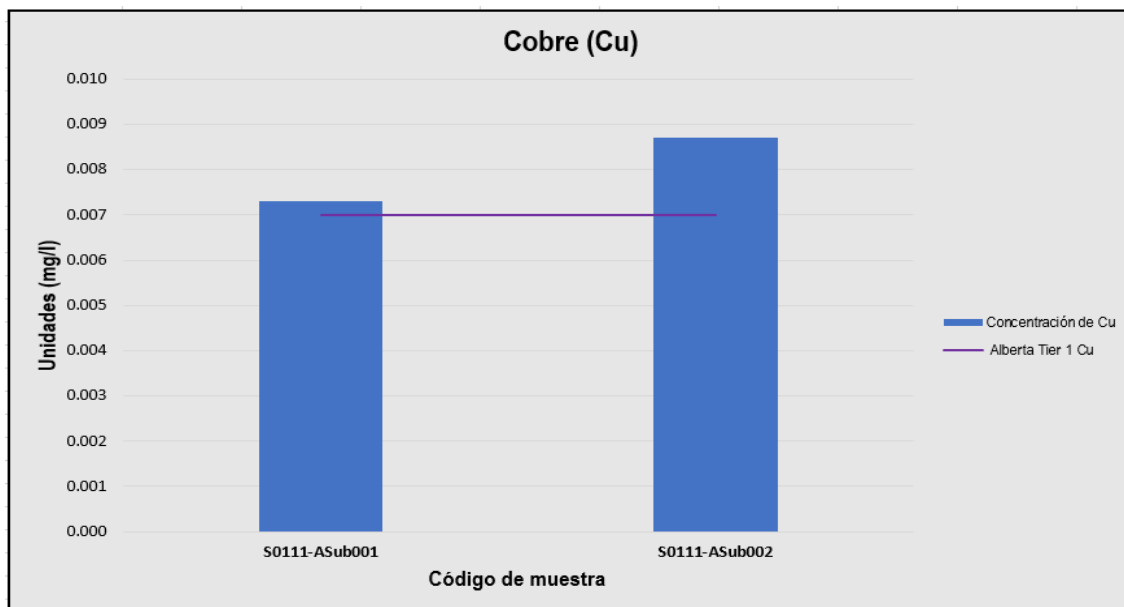
Figura 4-14 Excedencias de arsénico (época seca)



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

El **cobre** fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,007 mg/L) en dos (2) muestras en la época húmeda, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 0,0073 mg/L y S0111-Asub002 presentó 0,0087 mg/L.

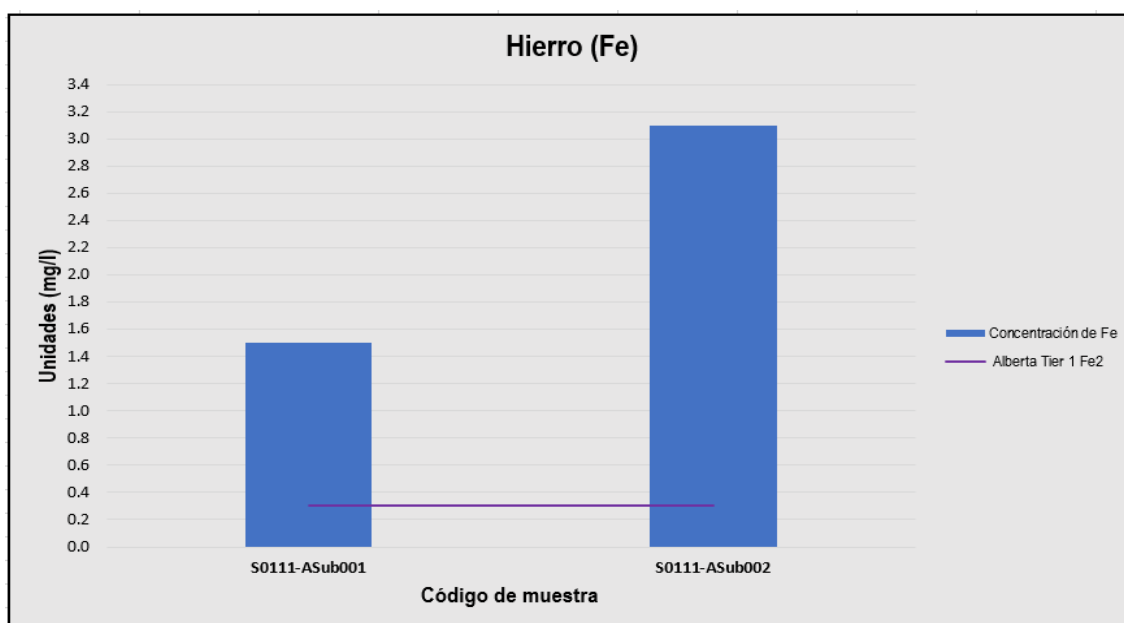
Figura 4-15 Excedencias de cobre (época húmeda)



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

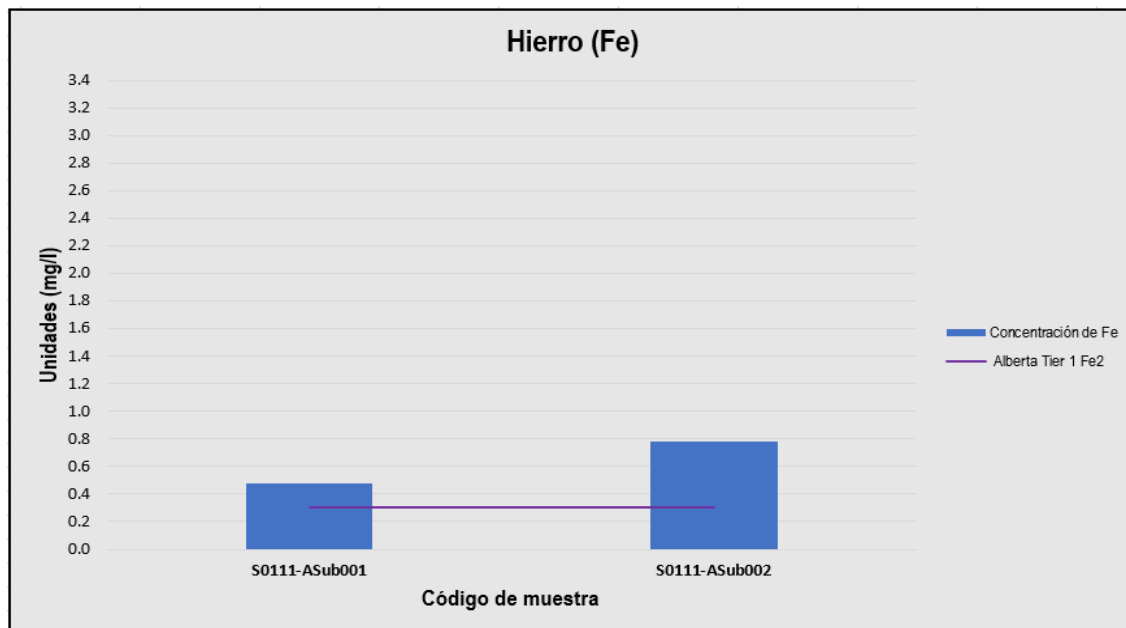
El **hierro** fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,3 mg/L) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 1,5 mg/L y S0111-Asub002 presentó 3,1 mg/L, y dos (2) muestras para la época seca, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 0,48 mg/L y S0111-Asub002 presentó 0,78 mg/L.

Figura 4-16 Excedencias de hierro (época húmeda)



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

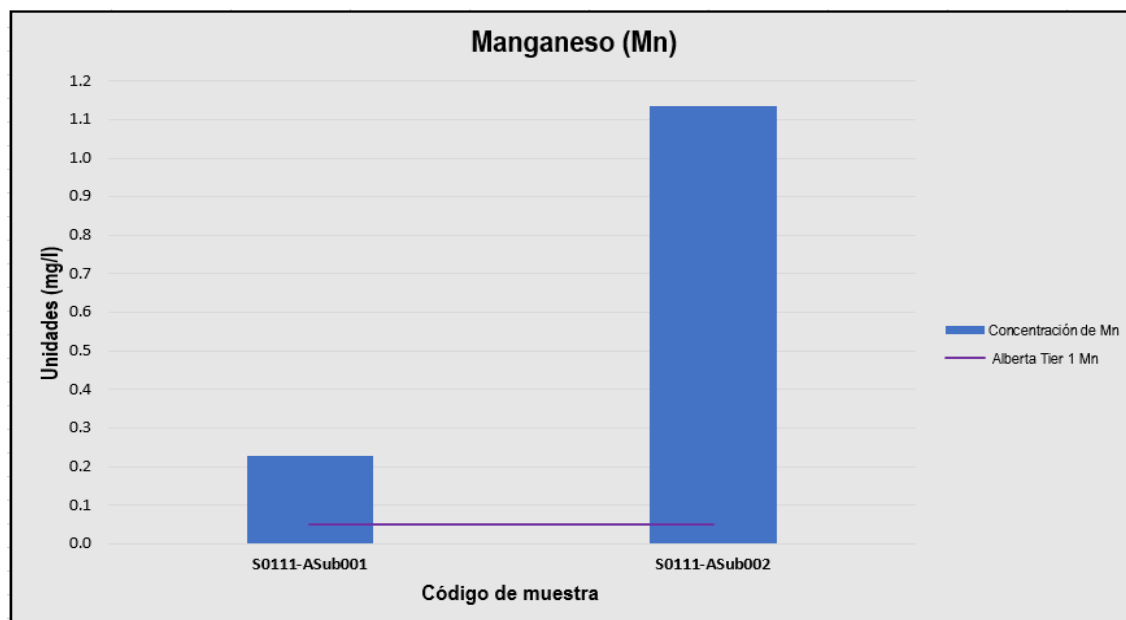
Figura 4-17 Excedencias de hierro (época seca)



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

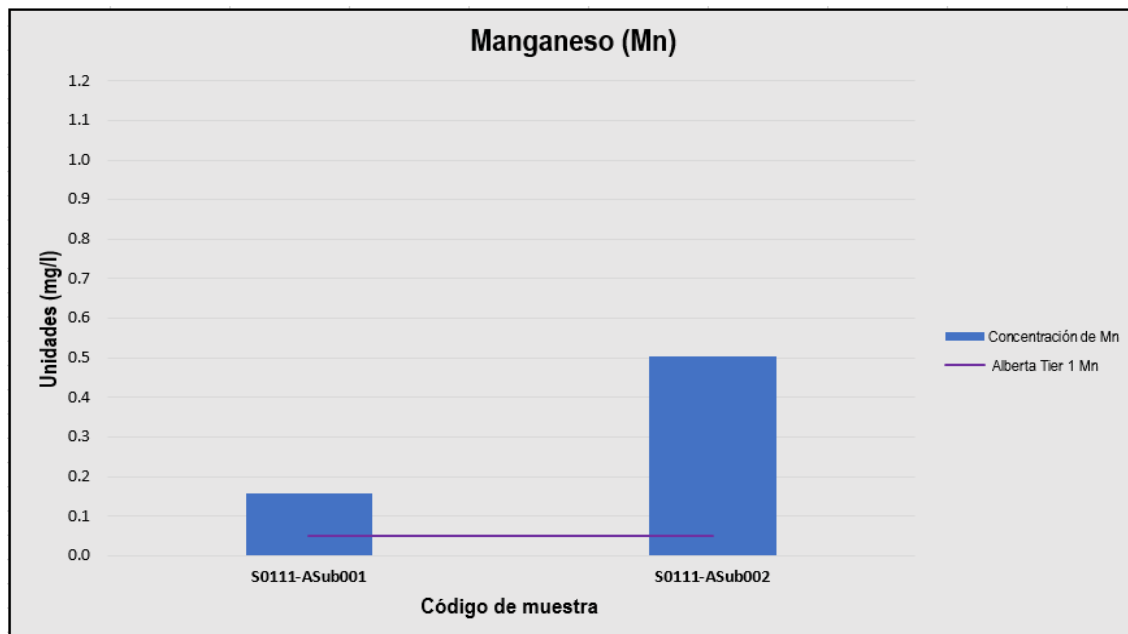
El **manganeso** fue detectado fuera del rango del Alberta Tier (0,05 mg/L) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 0,22914 mg/L y S0111-Asub002 presentó 1,1351 mg/L, y dos (2) muestras para la época seca, siendo las muestras: S0111-Asub001 presentó 0,15919 mg/L y S0111-Asub002 presentó 0,50472 mg/L.

Figura 4-18 Excedencias de manganeso (época húmeda)



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

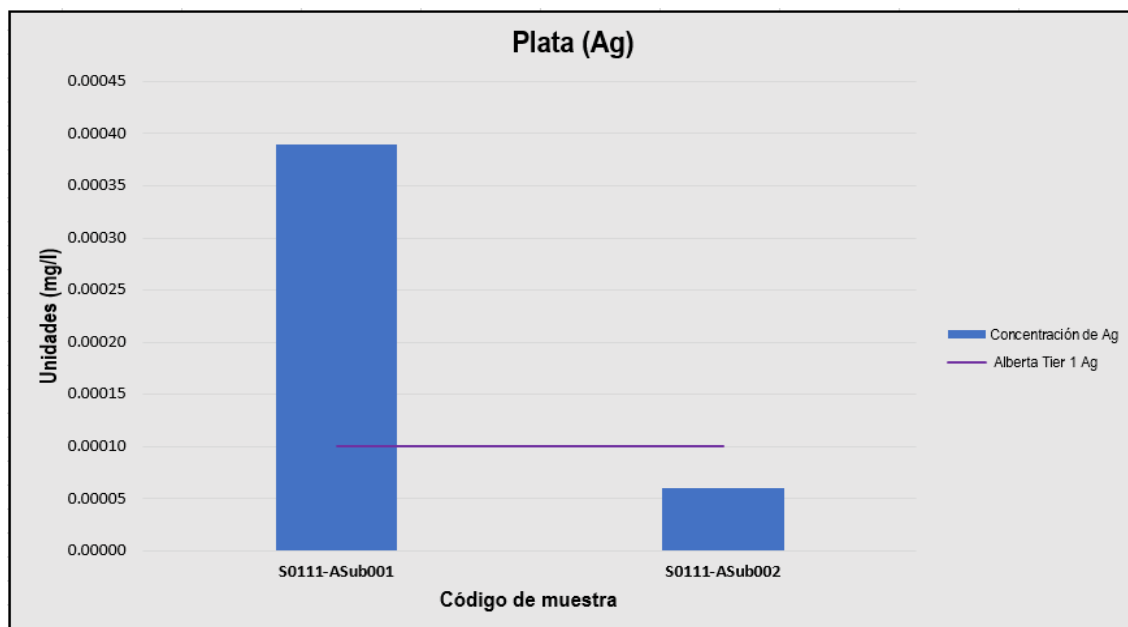
Figura 4-19 Excedencias de manganeso (época seca)



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

La **plata** fue detectada fuera del rango del Alberta Tier (0,0001 mg/L) en una (1) muestra en la época seca, siendo la muestra: S0111-ASub001 presentó 0,00039 mg/L.

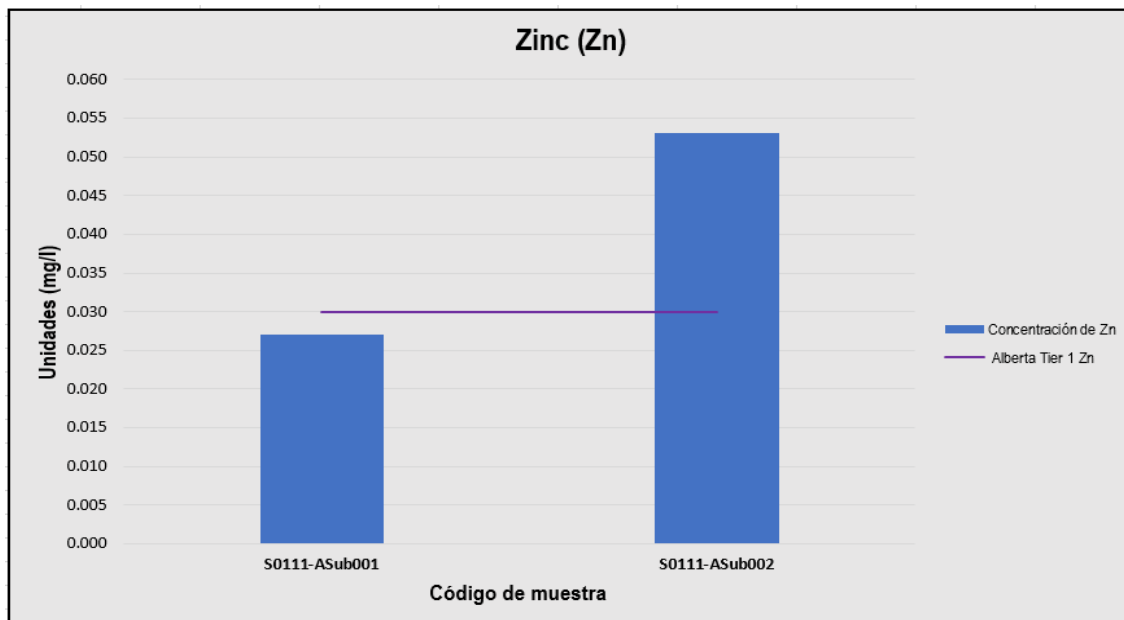
Figura 4-20 Excedencias de plata (época seca)



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 en la época húmeda, siendo la muestra: S0111-ASub001 presentó 0,053 mg/L.

Figura 4-21 Excedencias de zinc (época húmeda)



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

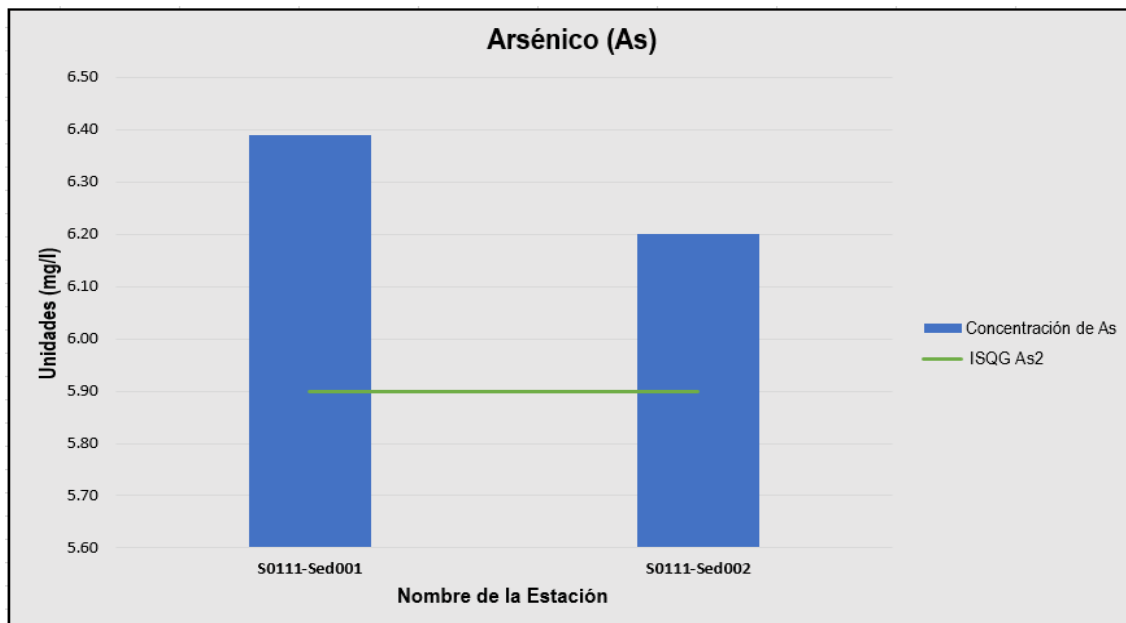
Para los demás metales que están fuera del rango del Alberta (Al, Fe y Mn), se infiere que es producto del mismo suelo natural de la zona debido a que las concentraciones presentes es característico de dichos suelos. Ello a su vez puede influenciar de alguna manera al agua subterránea.

• Descripción de resultados de sedimentos

Se analizaron en total ocho (8) muestras de sedimentos, de las cuales dos (2) corresponden a la época húmeda y seis (6) 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.

El **arsénico** fue detectado fuera del rango de los Estándares Canadá de sedimentos (5,9 mg/kg) en dos (2) muestras para la época húmeda, siendo las muestras: S0111-Sed001 presentó 6,39 mg/L y S0111-Sed002 presentó 6,2 mg/kg.

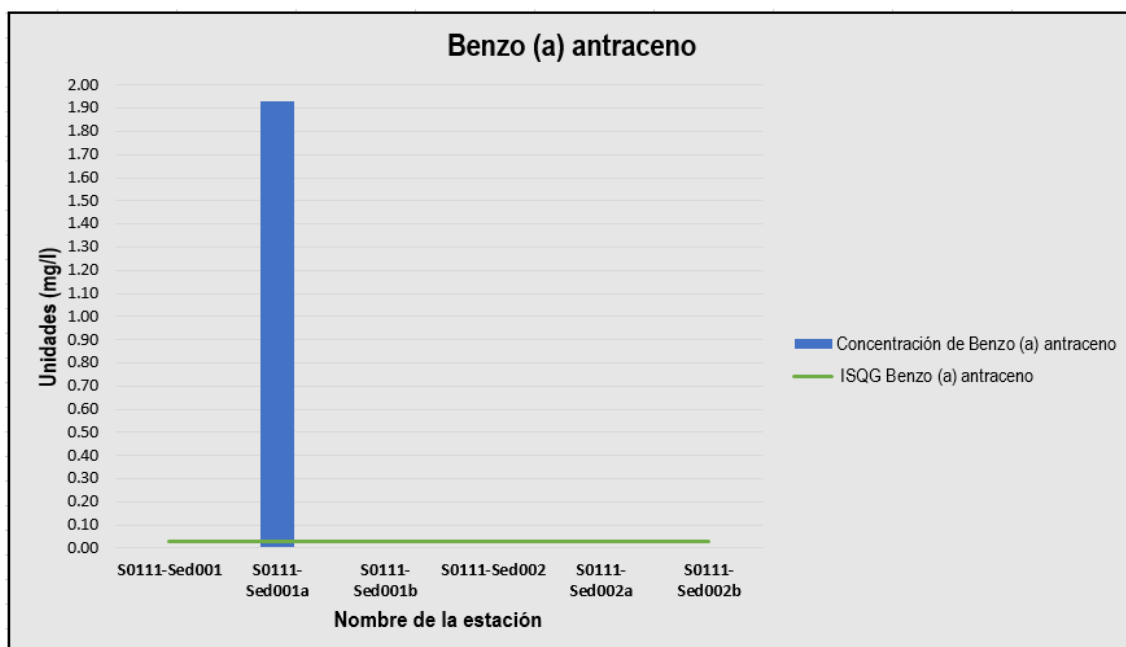
Figura 4-22 Excedencias de arsénico (época húmeda)



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

El **benzo (a) antraceno** fue detectado fuera del rango de los Estándares Canadá de sedimentos (0,0317 mg/kg) en una (1) muestra para la época seca, siendo la muestra: S0111-Sed001a presentó 1,93 mg/kg.

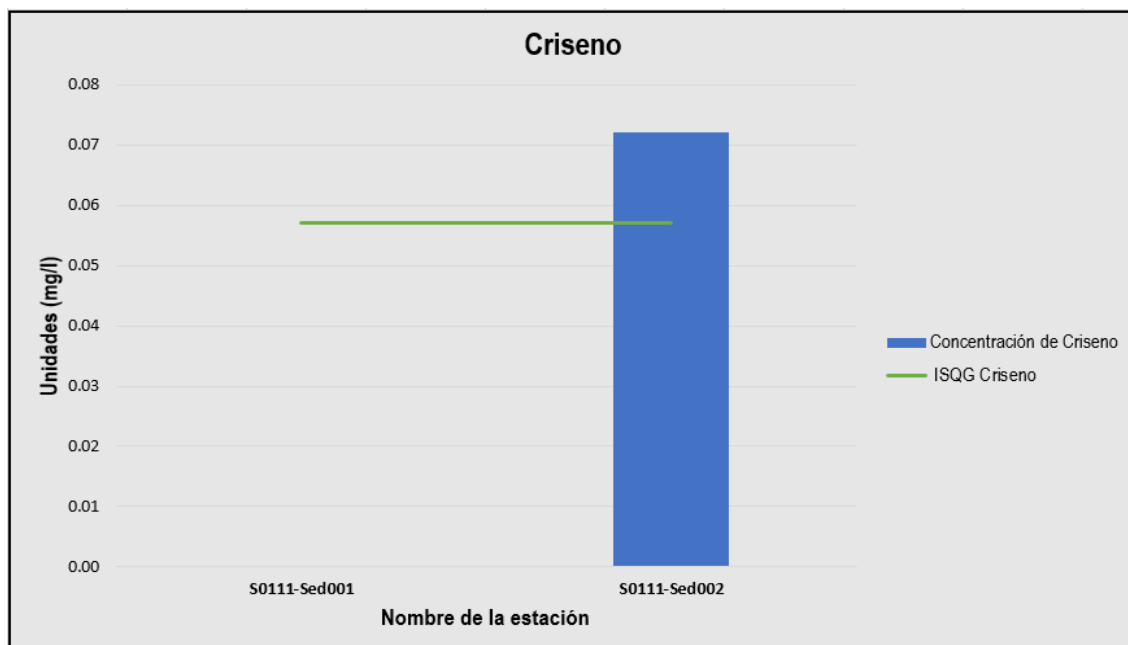
Figura 4-23 Excedencias de benzo (a) antraceno (época seca)



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

El **criseno** fue detectado fuera del rango de los Estándares Canadá de sedimentos (0,0571 mg/kg) en una (1) muestra para la época húmeda, siendo la muestra: S0111-Sed002 presentó 0,072 mg/kg.

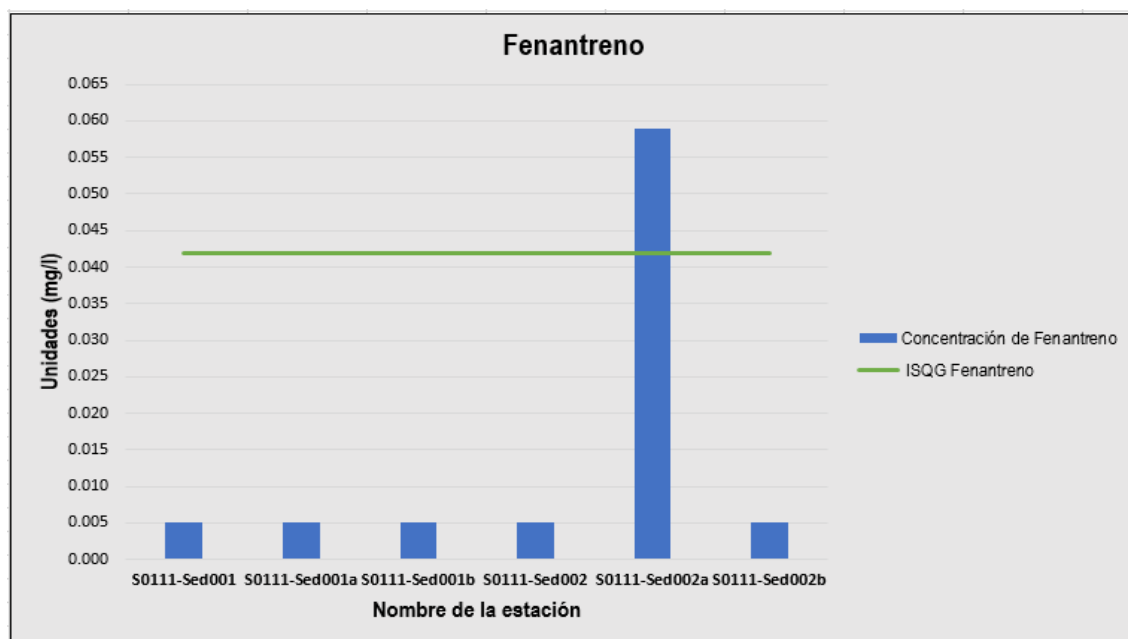
Figura 4-24 Excedencias de criseno (época húmeda)



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

El **fenantreno** fue detectado fuera del rango de los Estándares Canadá de sedimentos (0,0419 mg/kg) en una (1) muestra para la época seca, siendo la muestra: S0111-Sed002 presentó 0,059 mg/kg.

Figura 4-25 Excedencias de fenantreno (época seca)



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

D. Evaluación de la información

La evaluación de la información de sitios contaminados involucró el uso de referentes normativos nacionales e internacionales; además de un intenso trabajo de campo que 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 (6) 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 S0111 (Sitio 16), se ha tomado 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 S0111 (Sitio 6).

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 S0111 (Sitio 16), se siguen los criterios expuestos en el ítem 3.1. de la Guía para la elaboración del ERSA (R.M. N.º 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 (S0111-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 mantienen a todos los parámetros analizados como contaminantes de preocupación.

Se precisa que la muestra de nivel de fondo (S0111-NF) es el resultado de la combinación de tres submuestras tomadas en los alrededores del área impactada con características geológicas,

climáticas y vegetación similar^{cc}. 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, suelo, sedimentos, hidrobiología) toda vez que no se tomaron muestras de nivel de fondo.

- **Variables donde todos los valores medidos son inferiores al LDA**

Se seleccionan aquellos parámetros donde todos los valores medidos dieron resultados inferiores al Límite de Detección Analítico (LDA) y se excluyen del análisis. Normalmente se excluyen debido a que la incertidumbre estadística es muy alta como para tomar estos valores como representativos de la concentración real de los contaminantes en las muestras; sin embargo, para el presente análisis se verificó que el Límite de Detección Analítico (LDA) fuera inferior a los ECA o límite de referencia internacional (para aquellos parámetros que tienen un nivel de referencia).

- **Análisis comparativo con los estándares nacionales e internacionales**

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.

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 ^{dd}. El análisis estadístico a través del software ProUCL 5.1 para los CP se adjuntan en el Anexo 6.6.1.

Para aquellos parámetros que presentaron un registro menor a diez (10) datos, se utilizará la concentración más alta reportada la cual reemplazará al UCL95.

- **Comparación del UCL95 con los ECA y estándares internacionales**

Los UCL95 y los valores máximos fueron calculados teniendo en cuenta la época (seca o húmeda) por cada matriz evaluada. Posterior a ello, se compararon los UCL95 de cada CP con los ECA y/o Estándares Internacionales (siendo estas últimas de carácter referencial) de acuerdo con lo siguiente:

^{cc} 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.

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

Suelo

- Decreto Supremo N.º 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.º 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.
- Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 1: Poblacional y Recreacional.

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.

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	0,415	7,313	4,728	5,201	2,00	95% Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos. la distribución de datos y la asimetría
Selenio	0,713	2,767	0,631	1,546	1,00	95% Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos. la distribución de datos y la asimetría
Hidrocarburos Totales (C10-C28)	5,00	1762,00	-	1629,00	1200	95% Chebyshev (Mean. Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos. la distribución de datos y la asimetría
Naftaleno	0,003	0,2	-	0,2	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 de CP

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

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.

Se precisa que el Talio, a pesar de presentar excedencias, tal como se indicó en el ítem “Descripción de resultados en suelos”, no representa un CP dado que su valor de UCL es menor al estándar aplicable.

Cuadro 4-3 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	0,036	0,344		0,344	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 de CP
Aluminio	0,676	5,99		5,99	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 de CP
Arsénico	0,0024	0,01675		0,01675	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 de CP
Cobre	0,0027	0,0087		0,0087	0,007	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 de CP
Hierro	0,48	3,1		3,1	0,30	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 de CP
Manganeso	0,15919	1,1351		1,1351	0,050	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 de CP
Plata	0,00006	0,00039		0,00039	0,0001	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 de CP
Zinc	0,018	0,053		0,053	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 de 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.

Cuadro 4-4 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	0,254	16,1	-	16,1	5,90	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 de CP
Benzo (a) antraceno	0,00499	1,93	-	1,93	0,0317	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 de CP
Criseno	0,00499	0,072	-	0,072	0,0571	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 de CP
Fenantreno	0,00499	0,059	-	0,059	0,0419	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 de CP
Bario	65,52	308,7	-	308,7	160	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 de 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

Dutch Target and Intervention Values (Holanda, 2000) Annex A: Target Values, soil remediation intervention values and indicative levels for serious contamination – Table 1a

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

Cuadro 4-5 Determinación de los contaminantes de preocupación – Agua superficial

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	0,039	0,081	-	0,081	0,05 ^a	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 de CP
Plomo	0,0003	0,00302	-	0,00302	0,0025 ^a	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 de CP
Arsénico	0,00101	0,0129	-	0,0129	0,01 ^b	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 de CP

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

^a Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4, Subcategoría E2 (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

^b Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 1, Subcategoría A1 (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

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

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

Cuadro 4-6 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Arsénico, bario, benzo (a) antraceno, berilio, cadmio, cobalto, cobre, cromo total, etilbenceno, fenantreno, hidrocarburos C28-C40, hidrocarburos C5-C10, mercurio, molibdeno, níquel, plomo, talio, vanadio, zinc, xilenos.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antimonio, acenafteno, antraceno, benceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, cromo hexavalente, dibenzo (a, h) antraceno, fluoranteno, indeno (1.2.3-c. d) pireno, pireno, plata, tolueno.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Sedimento	Benzo (a) antraceno, cadmio, cobre, cromo total, fluoreno, plomo, zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo (a) pireno, dibenzo (a,h) antraceno, fluoranteno, mercurio, naftaleno, pireno.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Agua subterránea	Antimonio, bario, boro, cadmio, cloruros, cromo total, níquel, selenio.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antraceno, benceno, benzo (a) pireno, cromo total, fluoranteno, hidrocarburos C10-C40, hidrocarburos C28-C40, mercurio, talio.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA
Agua superficial	Antimonio, bario total, cadmio, cobre, cromo total, níquel, selenio.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	antraceno, benceno, benzo (a) pireno, fluoranteno, hidrocarburos C10-C28, hidrocarburos C28-C40, mercurio, talio.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA

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

• 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 S0111 (Sitio 16), 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 CN José Olaya) .

Las sustancias determinadas como contaminantes de preocupación presentan una probabilidad de entrar en contacto con estos receptores, bajo un contexto crítico; es decir, en el peor de los escenarios en el cual podría darse una posible afección a los mismos. A continuación, se detalla los CP para el escenario humano, teniendo en cuenta los criterios expuestos anteriormente:

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
Trabajadores industriales	Adulto	Suelo: Contacto dérmico / ingestión / Inhalación	Boro	No	El boro es un compuesto que ocurre en forma natural en el ambiente. A menudo se encuentra combinado con otras sustancias formando compuestos llamados boratos. Las personas que trabajan en lugares con mucho polvo en donde se minan y procesan boratos han sufrido irritación de la nariz, la garganta y los ojos. La irritación generalmente desaparece al abandonar el área con polvo.
			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.
			Hidrocarburos Totales 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.
Cazadores esporádicos	Adulto Niño ***	Suelo: Contacto dérmico / ingestión / Inhalación	Boro	No	El boro es un compuesto que ocurre en forma natural en el ambiente. A menudo se encuentra combinado con otras sustancias formando compuestos llamados boratos. Las personas que trabajan en lugares con mucho polvo en donde se minan y procesan boratos han sufrido irritación de la nariz, la garganta y los ojos. La irritación generalmente desaparece al abandonar el área con polvo.
			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.
			Hidrocarburos Totales 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.
		Sedimento:	Arsénico	Si	El arsénico 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 arsénico y los

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
		Contacto dérmico / ingestión			compuestos de arsénico ha sido calificado como agente carcinógeno de tipo I por la IARC en seres humanos.
			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.
			Criseno	Si	
			Fenantreno	No	Presenta en su estructura tres anillos fusionados este se acumula en los tejidos grasos de los seres vivos. Se le considera isómero del antraceno, compuesto que tiene sus tres anillos fusionados en forma lineal. Es altamente tóxico cuando el individuo es expuesto al contaminante por períodos largos.
			Plomo	No	Se encuentra de manera natural en la galena (sulfuro de plomo), cerusita (carbonato), anglesita (sulfato), corcoita (cromato), entre otros. El principal riesgo asociado a este elemento es su toxicidad, pudiendo asimilarse por inhalación e ingestión; siendo el destino más sensible de intoxicación el sistema nervioso, así como efectos hematológicos (anemia), efectos endocrinos, renales, entre otros. La IARC ha clasificado al plomo inorgánico y los compuestos de plomo inorgánico en el Grupo 2B (posibles cancerígenos) para el hombre; sin embargo, los informes de casos indican que el plomo es un posible cancerígeno para el hombre, pero la asociación aún no está claramente definida.
		Agua superficial (inmersión e ingesta accidental)	Arsénico	Si	El arsénico 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 arsénico y los compuestos de arsénico ha sido calificado como agente carcinógeno de tipo I por la IARC 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. Las personas que trabajan

Cuadro 4-7 Contaminantes de preocupación para el escenario humano

Posibles Receptores	Edad receptor	Ruta de exposición	Contaminante de Preocupación	Compuesto Carcinógeno **	Descripción
Comunidad Nativa José Olaya	Adulto / Niño	Agua superficial: Uso recreacional (inmersión e ingesta)			en lugares con mucho polvo en donde se minan y procesan boratos han sufrido irritación de la nariz, la garganta y los ojos. La irritación generalmente desaparece al abandonar el área con polvo.
			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.
			Hidrocarburos Totales 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.

** 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, 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.º 011-2017-MINAM; 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 siguiente cuadro se presenta los CP para el escenario ecológico en suelos del sitio S0111 (Sitio 16):

Cuadro 4-8 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Suelo en el sitio S0111 (Sitio 16)

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	0.415	7.313	4.728	5.201	2.00	95% Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Selenio	0.713	2.767	0.631	1.546	1.00	95% Student's-t UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Hidrocarburos Totales C10-C28	5.00	1762.00	-	1629.00	1200	95% Chebyshev (Mean, Sd) UCL Recomendación basada en el tamaño de los datos, la distribución de datos y la asimetría
Naftaleno	0.003	0.2	-	0.2	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 de CP

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N.º 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 Contaminantes de Preocupación (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.º 004-2017-MINAM. De acuerdo al ítem 3 del Informe de Caracterización del sitio S0111 (Sitio 16) las concentraciones de los compuestos orgánicos HTP, Antraceno, Acenafteno, Benzo(a) pireno, Fluoranteno, entre otros no exceden el límite de detección de análisis (LDA).

Sin embargo, en el caso de los metales pesados, se tienen excedencias en ciertos metales, donde sus respectivos UCL95 superan los estándares de referencia; considerándolos de esta manera como un CP.

Cuadro 4-9 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Agua superficial en el sitio S0111 (Sitio 16)

CP	Valor Min (mg/L)	Valor Max. (mg/L)	Nivel de Fondo (mg/L)	UCL95% / Valor Máx. (mg/L)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Fósforo	0.039	0.081	-	0.081*	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 de CP
Plomo	0.0003	0.00302	-	0.00302*	0.0025	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 de CP

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

Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 4 Subcategoría E2 (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

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

Es preciso indicar que el pH no es considerado como un CP, a pesar de presentar concentraciones en el rango de 5 a 6 unidades de pH; toda vez que el comportamiento ácido de los cuerpos de agua superficial cercanos al sitio S0111 (Sitio 16) obedece a los elevados ácidos orgánicos provenientes de descomposición de materia vegetal o animal y el contenido de ácido húmico y fúlvicos característico de la Amazonía (Orozco, 2003).

En el modelo conceptual se puede apreciar que el agua superficial es considerado como un potencial medio de transporte de contaminantes desde el suelo a quebradas, ríos u otros cuerpos de agua superficial; a través del arrastre durante las precipitaciones pluviales hacia los receptores ecológicos (flora y fauna).

Sedimentos

Respecto a sedimentos, no se cuenta con estándares nacionales para receptores ecológicos; no obstante, se ha consultado con estándares internacionales, así como trabajos de investigación científica. En base a ello, 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) pireno, dibenzo (a,h) antraceno, fluoranteno, fluoreno y naftaleno son indicadores de la calidad de sedimentos y/o protección de la vida acuática conforme a la normativa canadiense. Además, de acuerdo al ítem 3 del Informe de Caracterización del sitio S0111 (Sitio 16), las concentraciones de estos HAPs registran concentraciones inferiores al LDA y por ende al ISQG.

Respecto a los niveles de metales pesados (cadmio, cobre, cromo total, plomo y zinc) registraron concentraciones inferiores al ISQG; excepto el arsénico el cual excedió en las muestras Sed001 y Sed002. Es importante resaltar que en la presenta matriz ambiental se registraron concentraciones

de Bario (Ba), pero no se determinó como un CP de acuerdo a las investigaciones por Leung et al. (2005)^{ee}, quienes desarrollaron un SQG para este parámetro a partir de las distribuciones de sensibilidad de especies, basadas en datos de campo o *field-based species sensitivity distributions* (f-SSDs).

Este valor derivó de una concentración de peligrosidad al 5 %, que viene a ser la concentración en sedimentos que afecta al 5% de las especies (HC5), siendo esta concentración de 130 mg/kg a partir del f-SSD; sin embargo, rectificaron este valor de referencia, toda vez que consideraron este valor como sobreprotector de la comunidad bentónica en un ambiente natural típico, dada las especies f-SSD; este valor se ajustó al umbral de niveles efecto o *Threshold Effect Level* (TEL) siendo estos un nivel conservativo el cual deriva de series de datos de ecotoxicidad estandarizados, llegando a un resultado de 2 218 mg/kg.

Bajo estos criterios, las concentraciones de Bario Total tanto en época húmeda y seca, presentaron niveles inferiores al TEL de referencia.

Cuadro 4-10 Contaminantes de preocupación para escenario ecológico - Sedimentos en el sitio S0111 (Sitio 16)

CP	Valor Min (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Estándar Nacional /Internacional (mg/kg)	Comentarios
Arsénico	0,254	16,1	16,1*	5,90	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 de CP
Bario	65,52	308,7	308,7	160	
Benzo (a) antraceno	0,00499	1,93	1,93*	0,0317	
Criseno	0,00499	0,072	0,072*	0,0571	
Fenantreno	0,00499	0,059	0,059*	0,0419	

* 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

Dutch Target and Intervention Values (Holanda, 2000) Annex A: Target Values, soil remediation intervention values and indicative levels for serious contamination – Table 1a

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

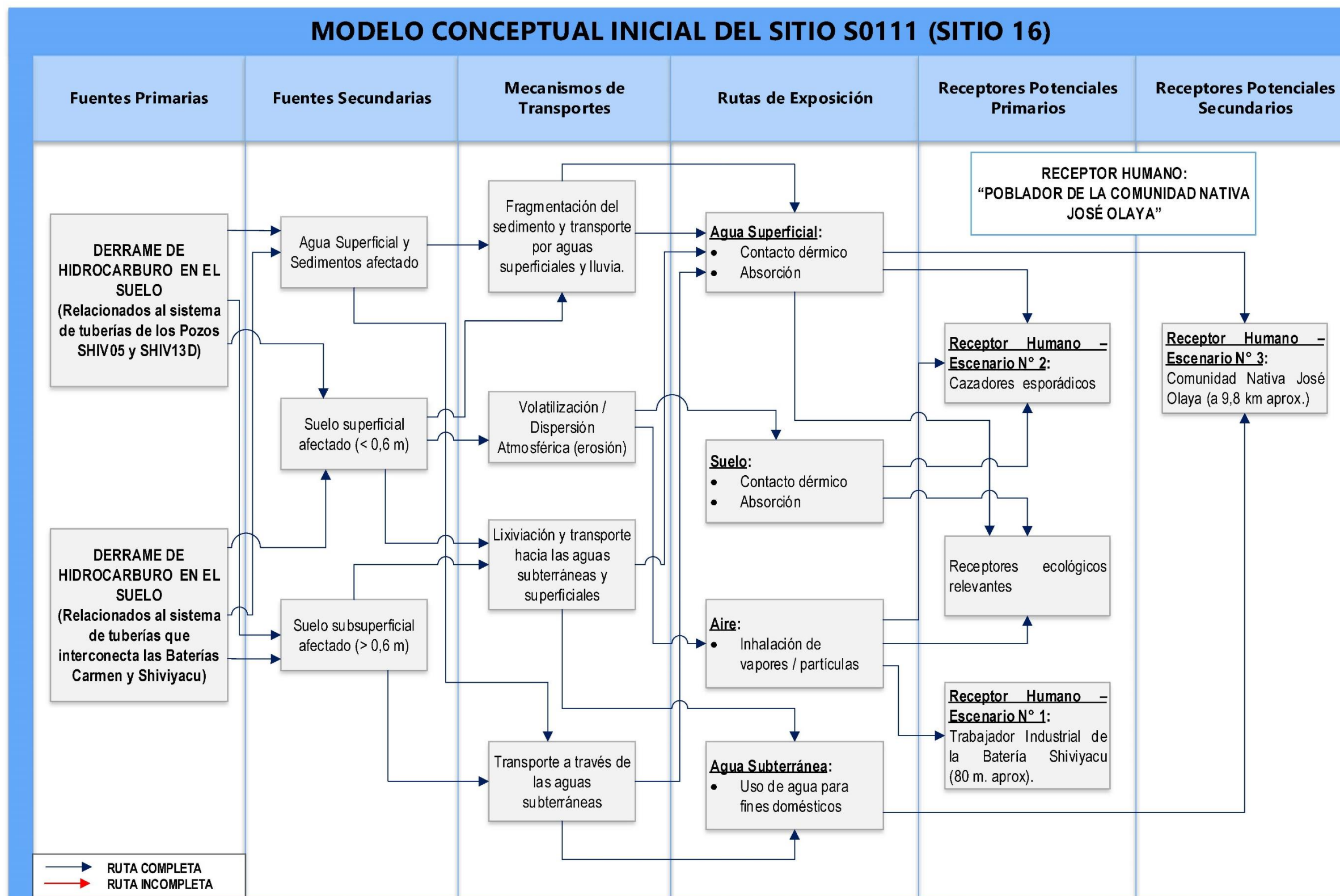
4.2.2 Peligros identificados a través del Modelo Conceptual Inicial.

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 S0111 (Sitio 16).

^{ee} Deriving Sediment Quality Guidelines from Field-Based Species Sensitivity Distributions. Environmental Science&Technology. 39, pp, 5148-5156.

Figura 4-26 Modelo conceptual inicial del sitio S0111 (Sitio 16)



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

• Fuentes primarias

La fuente primaria de contaminación corresponde al sistema de tuberías que interconectan las Baterías Carmen y Shiviya, así como el oleoducto que conecta los pozos SHIV 05 y SHI13D.

De estas fuentes históricas se pueden identificar con las curvas de isoconcentraciones para las fracciones de hidrocarburos F2, la presencia de concentraciones a profundidades de 0,9 m. Asimismo, existen algunos metales que se consideran como contaminantes de preocupación y se incluyeron como parte de la evaluación del riesgo en las etapas posteriores.

Adicionalmente, los HAPs, sustancias químicas relacionados a derrames de hidrocarburos, reportaron concentraciones en la matriz sedimentos de Benzo (a) antraceno, Criseno y Fenantreno.

Sumado a lo anterior existen algunos metales que se consideran como contaminantes de preocupación y se incluyeron como parte de la evaluación del riesgo en las etapas posteriores.

El selenio (Se) y boro (Bo) son considerados como contaminante de preocupación (CP) y se incluyeron como parte de la evaluación del riesgo en las etapas posteriores, a pesar de no existir la certeza de una relación directa entre los contaminantes de hidrocarburos y estos metales. Existe la probabilidad que el Selenio y Boro estén relacionado a condiciones geológicas y/o naturales, ya que los niveles de fondo reportaron concentraciones de estos elementos en aproximadamente el 50 % de las muestras analizadas.

• 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 hasta una profundidad máxima de 5,1 m, cabe precisar que para este último horizonte se reportaron únicamente concentraciones elevadas de boro y selenio.

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.

En este contexto, el contacto del suelo contaminado con el acuífero podría generar una afectación de este último por difusión de contaminantes desde el suelo, situación que se podría presentar de igual forma por la acción del arrastre o la difusión hacia aguas superficiales de los contaminantes que se encuentran en el suelo superficial, ya sea coadyuvado por el transporte mecánico asistido por la lluvia o por difusión característica de cada contaminante.

Se considera también como fuente secundaria a los sedimentos del sitio S0111 (Sitio 16) por el contenido registrado de arsénico, bario, benzo (a) antraceno, criseno y fenantreno como contaminantes de preocupación; es importante mencionar que, de los CP identificados, tres (arsénico, benzo(a) antraceno y criseno) son categorizado como agente cancerígeno según la IARC.

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 (HTP F1, F2, F3 y HAPs), la totalidad de estos 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 fósforo, aluminio, arsénico, cobre, hierro, manganeso, plata y zinc, concentraciones posiblemente relacionadas a la geoquímica del lugar pues el foco de contaminación no registra concentraciones significativas de estos metales y no están relacionado a contaminación por derrames históricos de hidrocarburos en el sitio S0111 (Sitio 16).

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

• Receptores identificados

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

- Receptor Humano (en el sitio y fuera del sitio): Poblador Local de la Comunidad Nativa José Olaya, considerando los siguientes escenarios:
 - Escenario Humano N° 1: Poblador Local - Trabajador Industrial (in situ)
 - Escenario Humano N° 2: Poblador Local - Cazador y pescador esporádico (in situ)
 - 2A: Cazador y pescador esporádico "Adulto".
 - 2B: Cazador y pescador esporádico "Niño".
 - Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la C.N. José Olaya (ex situ)
- Receptores ecológicos relevantes.

Es importante aclarar, que el escenario de cazador local en el sitio fue seleccionado para el presente estudio, porque representa el escenario “más crítico” por la frecuencia y por la exposición directa con los contaminantes de las matrices ambientales suelos, agua y sedimentos. Otros escenarios como personas que transitan por el sitio eventualmente como los monitores ambientales o personas que lavan de ropa con suelo impregnado, representan escenarios con una exposición directa pero menor e indirecta respectivamente.

- **Receptores en sitio**

Escenario Humano N° 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

Corresponde a los pobladores de la CN 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 S0111 (Sitio 16).

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, podrían exponerse a los contaminantes de preocupación del suelo por las vías de exposición por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingestión accidental.

Es importante mencionar que el trabajador industrial pasa la mayor parte del tiempo en actividades exteriores distantes a la Batería Shiviayacu y no en un lugar en específico; sin embargo, se ha considerado un escenario conservador de evaluación equivalente a una frecuencia de exposición de 230 días/año, conforme a lo recomendado por la Guía ERSa (MINAM, 2015).

Se espera que este tipo de receptor tenga un consumo de partículas de los contaminantes del suelo; por lo tanto, se expone por las vías de exposición de ingestión accidental de partículas, dérmica por contacto del suelo con áreas de piel expuesta e inhalatoria por material particulado; no se consideran como ruta de exposición la inhalación de vapores, teniendo en cuenta que no se detectaron hidrocarburos de la fracción ligera o F1 (C6 – C10) en ninguna de las matrices analizadas; además, no se considera la exposición por consumo de agua no tratada, ni ingestión de pescado.

Se debe resaltar que se considera un escenario de exposición conservador teniendo en cuenta la frecuencia de exposición.

Escenario Humano N° 2: Poblador Local - Cazador y Pescador esporádico

Corresponde a los pobladores de la CN José Olaya, adulto (2A) y niño (2B), que visitan el sitio impactado o zonas cercanas a este, con el fin de desarrollar actividades de caza y pesca esporádicamente, exponiéndose a los contaminantes de preocupación de la matriz suelos, directamente por contacto e ingestión accidental e indirectamente con los CP del suelo que lixivian y descargan en quebradas cercanos al sitio impactado (distancia de 50 m); y de la matriz agua superficial y sedimentos, por contacto dérmico e ingestión, durante el aseo personal y/o inmersión en los cuerpos de agua superficial cercanos. 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 se consideran como vía de exposición la inhalación de vapores, teniendo en cuenta que se detectaron hidrocarburos de la fracción F1 o ligera (C6 – C10) en ninguna de las matrices analizadas.

Respecto a la exposición del receptor con los contaminantes presentes en el agua superficial y sedimentos, se espera una exposición mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental durante el aseo personal e inmersión.

Receptores Ecológicos Relevantes

Incluye la flora del sector que puede contener especies capaces de asimilar y/o bioacumular ciertos contaminantes de preocupación a través de sus procesos fisiológicos; asimismo se considera la fauna transitoria por el sitio contaminado al estar en contacto directo con las fuentes de contaminación (focos).

• **Receptores fuera del sitio**

Escenario Humano N° 3: Poblador Local - Residente de la C.N. José Olaya

La distancia entre el Sitio S0111 (Sitio 16) y el asentamiento donde se emplaza el núcleo poblacional principal de la C.N. José Olaya es de aproximadamente 9,8 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 en cuerpos de agua superficial de importancia para los pobladores, alejados del sitio impactado, que actúan como cuerpos receptores para los CP que lixivian desde el suelo afectado del Sitio S0111 (Sitio 16), recorriendo una distancia aproximadamente de 9,8 km. No se ha considerado la exposición a agua superficial y sedimentos, dado que probablemente la zona de mezcla de los contaminantes es de aproximadamente 50 m desde el foco de contaminación en el Sitio S0111 (Sitio 16), por ende, no existe una ruta de exposición completa entre el escenario residencial y los CP por el hecho de dilución y la distancia.

Se define como receptor residencial aquel que pasa la mayor parte del día, pero no todo en su lugar de residencia. Las actividades que desarrolla este tipo de receptor se relacionan con los típicos quehaceres del hogar como cocinar, lavandería y limpieza además de actividades al aire libre de bajo impacto.

Es de resaltar que la probabilidad de exposición está directamente ligada a distancia del receptor al foco de contaminación, las características de las sustancias en sí y sus mecanismos de transporte. Por lo anterior, no se considera para este receptor inhalación e ingestión de partículas transportadas por el aire ni tampoco contacto dérmico e ingestión de suelo potencialmente afectado, teniendo en cuenta la distancia (9,8 km) a la que se encuentra dicha comunidad, del sitio S0111 (Sitio 16).

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).

En el Anexo 6.6.3, se presentan las propiedades físicas de los CP.

4.3.2 Toxicidad para receptores ecológicos

La evaluación de la toxicidad al ecosistema sólo se realizó para los CP identificados, que involucra la comparación de concentraciones con valores de referencia obtenidos de la literatura. Este acápite se enfoca en una investigación más exhaustiva sobre dichos CP en función al grado de toxicidad que pueda tener sobre este escenario.

Dentro de las metodologías y valores de referencia internacionales más utilizados al momento de hacer evaluaciones ecotoxicológicas, se encuentran los desarrollados por entidades como la

USEPA ³² (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 S0111 (Sitio 16), se ha considerado la evaluación de la comunidad hidrobiológica (bentos, fitoplancton, zooplancton y perifiton) con relación a la presencia de Arsénico, Benzo(a) antraceno, Criseno y Fenantreno (CP en sedimentos), así como las concentraciones de Fósforo y Plomo (CP en agua superficial).

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 S0111 (Sitio 16). Asimismo, se consideró en la evaluación las concentraciones de Arsénico, Plomo, Benzo(a) antraceno, Criseno y Fenantreno, que son contaminantes de preocupación encontrados en la matriz agua y sedimentos, a fin de evaluar si hay una posible afección a estos receptores ecológicos. Teniendo en cuenta ello, se emplearon los valores de referencia proveniente de la Ecotox:

³² <https://cfpub.epa.gov/ecotox/search.cfm>

Arsénico

Cuadro 4-11 EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)

Comunidad HB	Nombre químico	Nombre científico	Nombre común	Grupo	Estadio de desarrollo	Tipo de medio	Ubicación del Test	Conc 1 (cantidad)	Conc 1 (unidades)
Fitoplancton	Arsénico	Scenedesmus quadricauda	Green Algae	Alga	NR	NR	Lab	61	Al mg/L
Zooplancton	Arsénico	Ceriodaphnia reticulata	Water Flea	Crustáceos	NR	NR	Lab	1.8	Al mg/L
Bentos	Arsénico	Cloeon dipterum	Mayfly	Insects/Spiders	NR	NR	Lab	0,25	Al mg/L

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

Plomo

Cuadro 4-12 EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)

Comunidad HB	Nombre químico	Nombre científico	Nombre común	Grupo	Estadio de desarrollo	Tipo de medio	Ubicación del Test	Conc 1 (cantidad)	Conc 1 (unidades)
Fitoplancton	Plomo	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Green alga	Algas; Especie estándar	NR	Agua	Lab	0,0044	Al mg/L
Zooplancton	Plomo	<i>Hyalella azteca</i>	Scud	Crustaceans; Standard Test Species	NR	Agua	Lab	0,024	Al mg/L
Bentos	Plomo	<i>Chironomus riparius</i>	Midge	Insects/Spiders; Standard Test Species	Larva	Agua	Lab	0,728	Al mg/L

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

Criseno

Cuadro 4-13 EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)

Comunidad HB	Nombre químico	Nombre científico	Nombre común	Grupo	Estadio de desarrollo	Tipo de medio	Ubicación del Test	Conc 1 (cantidad)	Conc 1 (unidades)
Fitoplancton	Chrysene	Anabaena flosaquae	Blue-Green Algae	Algae; Standard Test Species	Exponential growth phase (log)	Fresh water	Lab	0.0050224526	Al mg/L
Zooplancton	Chrysene	Daphnia magna	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	Neonate	Fresh water	Lab	0.0007	Al mg/L
Bentos	Chrysene	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

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

Benzoantraceno

Cuadro 4-14 EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)

Comunidad HB	Nombre químico	Nombre científico	Nombre común	Grupo	Estadio de desarrollo	Tipo de medio	Ubicación del Test	Conc 1 (cantidad)	Conc 1 (unidades)
Fitoplancton	Benzoantracene	Anabaena flosaquae	Blue-Green Algae	Algae; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,005	Al mg/L
Zooplancton	Benzoantracene	Daphnia magna	Water Flea	Crustaceans; Standard Test Species	Neonate	Freshwater	Lab	0.00095883186	Al mg/L
Bentos	Benzoantracene	Dreissena polymorpha	Zebra Mussel	Molluscs; U.S. Exotic/Nuisance Species	NR	Freshwater	Field Natural	< 0,01	Al mg/L

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

Fenantreno

Cuadro 4-15 EPA Ecotox usados para bentos en agua superficial - sitio S0111 (Sitio 16)

Comunidad HB	Nombre químico	Nombre científico	Nombre común	Grupo	Estadio de desarrollo	Tipo de medio	Ubicación del Test	Conc 1 (cantidad)	Conc 1 (unidades)
Fitoplancton	Phenantrene	Chlorella fusca var. vacuolata	Green Algae	Algae	NR	Freshwater	Lab	0,005	Al mg/L
Zooplancón	Phenantrene	Daphnia pulex	Water flea	Crustaceans, Estándar Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,00601	Al mg/L
Bentos	Phenantrene	Chironomus tentans	Midge	Insects/Spiders; Standard Test Species	NR	Freshwater	Lab	0,49	Al mg/L

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

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 $0,2 \mu\text{m}$ < 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).

El zooplancton 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). 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).

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).

Respecto al arsénico, se consideró como especie análoga para el fitoplancton a la especie *Scenedesmus quadricauda*, que es un alga verde de agua dulce. Con respecto al zooplancton se utilizó como especie análoga a la *Ceriodaphnia reticulata*, asimismo, con respecto al bentos se utilizó como especie análoga a *Cloeon dipeterium*.

Con respecto al Bario, no se han reportado estudios toxicológicos en fitoplancton, en el caso de zooplancton se utilizó como especie referente a la *Daphnia magna*, ya que se han realizado varios estudios sobre esta especie, asimismo en el caso de bentos se ha utilizado a *Hyallella azteca*, que es una especie de agua dulce, que se distribuye en Norteamérica y Sudamérica.

Respecto al Plomo, se consideró como especie análoga a *Pseudokirchneriella subcapitata*, que también es un alga verde de agua dulce. En cuanto al zooplancton se utilizó como referencia a *Hyallella azteca*, que es una especie de agua dulce presente en charcos y ríos de Norteamérica y Sudamérica. Para el caso de los bentos, se utilizó como referencia a *Chinoromus riparius*, que pertenece a la familia *Chinoromidae*, familia que ha sido encontrada en el área de estudio.

Con respecto al criseno, se consideró a la especie *Anabaena flosaqua*, en el caso del fitoplancton. De acuerdo a estudios por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), indican que las cepas de *Anabaena sp* posee la capacidad autoluminiscente que permite detectar la parte biodisponible del contaminante, indicando una respuesta de forma analítica a partir de una biomolécula. En el caso del zooplancton, se utilizó como referencia a la especie *Daphnia magna*, especie altamente usada en estudios toxicológicos.

Para el Benzo (a) antraceno, se utilizó como especie análoga a *Anabaena flosaqua*, antes descrita. En el caso del zooplancton se utilizó como referencia a la especie *Daphnia magna*, también descrita anteriormente. En el caso de los bentos se utilizó a la especie *Dreissena polymorpha*.

En el caso del fenantreno, se utilizó como referencia a *Chlorella fusca* var. *vacuolata*, un alga verde de agua dulce. En el caso del zooplancton, *Daphnia pulex*, especie análoga a *Daphnia magna*, que es muy utilizada en estudios toxicológicos. En el caso de los bentos se utilizó como referencia a la especie *Chinoromus tentans*, especie perteneciente a la familia *Chironomidae*.

Cuadro 4-16 Evaluación de toxicidad de la comunidad fitoplanctónica en agua superficial del sitio S0111 (Sitio 16)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante																	
							Arsénico			Bario			Plomo			Benzo(a) antraceno			Criseno			Fenantreno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua Superficial	Húmeda	SO111-Hb-FIT1-001	No se detectaron organismos en el volumen analizado			mg/L	0.0123	61	Valor por debajo del límite Ecotox	0.0123	NR	NR	0,0539	0,0044	Valor por encima del límite Ecotox	0.00008	0,005	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,005	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,005	Valor por debajo del límite Ecotox
		SO111-Hb-FIT1-002	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia cf. linearis	mg/L	0.0129	61		0.0129	NR		0,00169	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Synechococcales	Pseudanabaenaceae	ND	mg/L	0.0129	61		0.0129	NR		0,00169	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Nostocales	Stigonemataceae	Stigonema sp.	mg/L	0.0129	61		0.0129	NR		0,00169	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Nostocales	Nostocaceae	Nostoc sp.	mg/L	0.0129	61		0.0129	NR		0,00169	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
	Seca	SO111-Hb-FIT1-001	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00003	0,005	0.00003		0,005					
			Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia cf. linearis	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00004	0,005	0.00004		0,005					
			Cocconeidales	Cocconeidaceae	Cocconeis sp.	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00005	0,005	0.00005		0,005					
			Cymbellales	Gomphonemataceae	ND	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00006	0,005	0.00006		0,005					
			Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00007	0,005	0.00007		0,005					
			Naviculales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Naviculales	Naviculaceae	Gyrosigma sp.	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Synechococcales	Leptolyngbyaceae	ND	mg/L	0.00101	61		0.00101	NR		0,00074	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
		Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp.	mg/L	0.00101	61	0.00101		NR	0,00074		0,0044	0.00008	0,005	0.00008	0,005							
		SO111-Hb-FIT-002	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia cf. linearis	mg/L	0.00096	61		0.00096	NR		0,00151	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Cymbellales	Gomphonemataceae	ND	mg/L	0.00105	61		0.00105	NR		0,00151	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	mg/L	0.00105	61		0.00105	NR		0,00151	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Oscillatoriales	Nd	ND	mg/L	0.00105	61		0.00105	NR		0,00151	0,0044	0.00008	0,005	0.00008		0,005					
			Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp.		0.00105	61		0.00105	NR		0,00151	0,0044	0.00009	0,005	0.00008		0,005					
			Euglenales	Phacaceae	Phacus sp.	mg/L	0.00105	61		0.00105	NR		0,00151	0,0044	0.00008	0,005	0.00010		0,005					

Norma: EPA/ECOTOX base de datos: http://www.Epa.gov/ecotox/ (Matriz Agua Superficial)

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

Cuadro 4-17 Evaluación de toxicidad de la comunidad zooplanctónica en agua superficial del sitio S0111 (Sitio 16)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante																						
							Arsénico			Bario			Plomo			Benzo(a) antraceno			Criseno			Fenantreno							
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación					
Agua Superficial	Húmeda	SO111-Hb-BEN1-001	ND	ND	ND	mg/L	0.0123	1,8	Valor por debajo del límite Ecotox	0.0123	68	Valor por debajo del límite Ecotox	0,0539	0,024	Valor por encima del límite Ecotox	0.00008	0,005	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0.0007	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,00601	Valor por debajo del límite Ecotox					
			Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Trinema</i> sp.	mg/L	0.0124	1,8		0.0124	68		0,0539	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Euglypha</i> sp.	mg/L	0.0125	1,8		0.0125	68		0,0539	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0.0126	1,8		0.0126	68		0,0539	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Nd	Nd	ND	mg/L	0.0127	1,8		0.0127	68		0,0539	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Lecanidae	<i>Lecane cf. bulla</i>	mg/L	0.0128	1,8		0.0128	68		0,0539	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
		SO111-Hb-BEN1-002	Diplostraca	Chydoridae	<i>Chydorus</i> sp.	mg/L	0.0129	1,8		0.0129	68		0,00169	0,024	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601			
			Nd	Nd	ND	mg/L	0.0130	1,8		0.0130	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Peritrichida	Vorticellidae	<i>Vorticella</i> sp.	mg/L	0.0131	1,8		0.0131	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Nd	Nd	ND	mg/L	0.0132	1,8		0.0132	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0.0133	1,8		0.0133	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Nd	Nd	ND	mg/L	0.0134	1,8		0.0134	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Brachionidae	<i>Platylas</i> sp.	mg/L	0.0135	1,8		0.0135	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Lepadellidae	<i>Colurella</i> sp.	mg/L	0.0136	1,8		0.0136	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Notommatidae	<i>Cephalodella</i> sp.	mg/L	0.0137	1,8		0.0137	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Euchlanidae	<i>Euchlanis</i> sp.	mg/L	0.0138	1,8		0.0138	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Lecanidae	<i>Lecane cf. quadridentata</i>	mg/L	0.0139	1,8		0.0139	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Lepadellidae	<i>Lepadella</i> sp.	mg/L	0.0140	1,8		0.0140	68		0,00169	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
	Seca	SO111-Hb-BEN1-001	Cyclopoida	ND	ND	mg/L	0.00101	1,8	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00101	68	Valor por debajo del límite Ecotox	0,00074	0,024	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,005	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0.0007	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,00601	Valor por debajo del límite Ecotox					
			ND (Larva nauplio)			mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Peritrichida	Vorticellidae	<i>Vorticella</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Chaetonotida	Chaetonotidae	<i>Chaetonotus</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			ND	ND	ND	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Euglypha</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Arcellinida	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Arcellinida	Centropyxidae	<i>Centropyxis</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			ND	ND	ND	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Euchlanidae	<i>Dipleuchlanis</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Lecanidae	<i>Lecane</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Lecanidae	<i>Lecane cf. hamata</i>	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Notommatidae	<i>Cephalodella</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Notommatidae	<i>Monommata</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Lepadellidae	<i>Colurella</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
			Ploima	Brachionidae	<i>Platylas</i> sp.	mg/L	0.00101	1,8		0.00101	68		0,00074	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
		SO111-Hb-BEN1-002	Harpacticoida	ND	ND	mg/L	0.00105	1,8		0.00105	68		0,00151	0,024	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601			
			ND	ND	ND	mg/L	0.00105	1,8		0.00105	68		0,00151	0,024		0.00008	0,005		0.00008	0.0007		0.00008	0,00601						
	Arcellinida		Arcellidae	<i>Arcella</i> sp.	mg/L	0.00105	1,8	0.00105	68	0,00151	0,024	0.00008	0,005	0.00008		0.0007	0.00008	0,00601											
	Ploima		Lecanidae	<i>Lecane</i> sp.	mg/L	0.00105	1,8	0.00105	68	0,00151	0,024	0.00009	0,005	0.00008		0.0007	0.00008	0,00601											
Norma: EPA/ECOTOX base de datos: http://www.Epa.gov/ecotox/ (Matriz Agua Superficial)																													

Cuadro 4-18 Evaluación de toxicidad de la comunidad bentónica en agua superficial del sitio S0111 (Sitio 16)

Matriz	Temporada	Estación	Orden	Familia	Género y/o especie	Unidades	Contaminante																	
							Arsénico			Bario			Plomo			Benzo(a) antraceno			Criseno			Fenantreno		
							Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación	Resultado análisis	Valor referencia ECOTOX	Interpretación
Agua Superficial	Húmeda	SO111-Hb-BEN1-001	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0.0123	0,25	Valor por debajo del límite Ecotox	0.0123	1	Valor por debajo del límite Ecotox	0,0539	0,728	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	< 0,01	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	NR	Valor por debajo del límite Ecotox	0.00008	0,49	Valor por debajo del límite Ecotox
			Architaenioglossa	Ampullariidae	<i>Pomacea sp.</i>	mg/L	0.0123	0,25		0.0123	1		0,0539	0,728		0.00008	< 0,01		0.00008	NR		0.00008	0,49	
		SO111-Hb-BEN1-002	Ephemeroptera	Baetidae	ND	mg/L	0.0129	0,25		0.0129	1		0,00169	0,728		0.00008	< 0,01		0.00008	NR		0.00008	0,49	
			Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Farrodes sp.</i>	mg/L	0.0129	0,25		0.0129	1		0,00169	0,728		0.00008	< 0,01		0.00008	NR		0.00008	0,49	
			Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0.0129	0,25		0.0129	1		0,00169	0,728		0.00008	< 0,01		0.00008	NR		0.00008	0,49	
			Diptera	Chironomidae (Pupa)	ND	mg/L	0.0129	0,25		0.0129	1		0,00169	0,728		0.00008	< 0,01		0.00008	NR		0.00008	0,49	
			Plecoptera	Perlidae	ND	mg/L	0.0129	0,25		0.0129	1		0,00169	0,728		0.00008	< 0,01		0.00008	NR		0.00008	0,49	
			Architaenioglossa	Ampullariidae	<i>Pomacea sp.</i>	mg/L	0.0129	0,25		0.0129	1		0,00169	0,728		0.00008	< 0,01		0.00008	NR		0.00008	0,49	
	Seca	SO111-Hb-BEN1-001	Odonata	Gomphidae	ND	mg/L	0.00101	0,25	0.00101	1	0,00074	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
			Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0.00101	0,25	0.00101	1	0,00074	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
			Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0.00101	0,25	0.00101	1	0,00074	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
			Ephemeroptera	Baetidae	ND	mg/L	0.00101	0,25	0.00101	1	0,00074	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
		SO111-Hb-BEN1-002	Diptera	Chironomidae (Larva)	ND	mg/L	0.00105	0,25	0.00105	1	0,00151	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
			Diptera	Ceratopogonidae	ND	mg/L	0.00105	0,25	0.00105	1	0,00151	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
			Ephemeroptera	Baetidae	ND	mg/L	0.00105	0,25	0.00105	1	0,00151	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
			Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Meridialaris sp.</i>	mg/L	0.00105	0,25	0.00105	1	0,00151	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49						
	Ephemeroptera	Caenidae	ND	mg/L	0.00105	0,25	0.00105	1	0,00151	0,728	0.00008	< 0,01	0.00008	NR	0.00008	0,49								
	Norma: EPA/ECOTOX base de datos: http://www.Epa.gov/ecotox/ (Matriz Agua Superficial)																							

En lo que respecta a la flora y fauna del lugar, no se cuenta con información a detalle sobre los grados de toxicidad de las especies endémicas del sitio S0111 (Sitio 16), 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*⁹⁹, para cada contaminante para el que exista una ruta de exposición completa, se debe revisar la literatura para determinar el nivel de exposición más bajo (concentración en agua o en la dieta, dosis ingerida) que muestre que produce efectos adversos (reducción del crecimiento, reproducción deteriorada, aumento de la mortalidad) en una posible especie receptora; este valor se denomina LOAEL (Probabilidad de Efecto Tóxico Bajo). Asimismo, para aquellos contaminantes con efectos adversos documentados, también se debe identificar el nivel de exposición más alto, denominado NOAEL (Concentración más Alta de Efecto No Observado).

Un NOAEL es más apropiado que un LOAEL para usar como un valor de ecotoxicidad de detección para garantizar que el riesgo no se subestime. Sin embargo, los NOAEL actualmente no están disponibles para muchos grupos de organismos y muchos productos químicos. Cuando se dispone de un valor de LOAEL, pero no de NOAEL, en la literatura, una práctica estándar es multiplicar el LOAEL por 0.1 y utilizar el producto como valor de ecotoxicidad de detección. El apoyo para esta práctica proviene de una revisión de datos que indica que el 96 por ciento de los productos químicos incluidos en la revisión tenían valores de LOAEL/NOAEL menor a 5 (Dourson y Stara, 1983)^{hh}.

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)ⁱⁱ 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.

⁹⁹ Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments - US EPA

^{hh} Regulatory history and experimental support of uncertainty (safety) factors. Reg. Toxicol. Pharmacol. 3: 224-238.

ⁱⁱ Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revision. - U.S. Department of Energy.

Cuadro 4-19 NOAEL para CP de la matriz suelos - sitio S0111 (Sitio 16)

CP	NOAEL* (mg/kg/d)	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) independientemente de las especies registradas en campo. Se asume que este valor podría tener los mismos efectos de toxicidad sobre el Tapir, toda vez que se puedan presentar similares mecanismos de respuesta ante estos CP.
Selenio	0,056	
Hidrocarburos C10-C28	25 ^a	
Naftaleno	0,15	

* Toxicological Benchmarks for Wildlife: 1996 Revisión. Tabla N.º12.

a Se empleó al Etil Acetato (Ester) en reemplazo al TPH Total, debido a que es un hidrocarburo que presenta similitud en su estructura química con las fracciones F2.

b Se consideró el valor del Benzo(a) pireno como valor representativo del Naftaleno.

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

Es preciso indicar que estos valores son referenciales y se basan en estudios de toxicidad, obteniendo así valores NOAEL de algunas especies; es por ello que se consideró una especie análoga respecto a las especies identificadas del sitio S0111 (Sitio 16), como el caso del *Odocoileus virginianus* a fin de tener una idea del grado de toxicidad que podría generar a las especies endémicas del lugar.

4.4 Evaluación de la exposición.

A. Caracterización de los receptores y escenarios de exposición

La identificación de receptores se realizó según la información levantada en campo, estableciendo posibles escenarios de exposición.

A.1 Receptor y escenario ecológico

Se ha identificado un (1) posible receptor ecológico, el cual agrupa tanto a ecosistemas como a la fauna y flora silvestre del sitio S0111 (Sitio 16) la cual podría verse afectada por la presencia de estos CP. De acuerdo con el análisis de toxicidad, se han determinado que estos CP son tóxicos a ciertos umbrales de acuerdo con la cada especie, y en base al modelo conceptual del sitio se define tres (3) posibles rutas de exposición:

- **Suelo**

Tanto especies de flora como fauna *in situ* podrían asimilar estos CP por contacto dérmico o por absorción por el sistema radicular. De acuerdo con la información recopilada en la etapa de caracterización, se registraron dos especies vegetales con uso por parte de la población: *Piper umbellatum* "Santa María", y *Phytalephas macrocarpa* "Yarina", y son tradicionalmente utilizadas como medicina y alimento, respectivamente.

Fotografía 4-1 Especies de flora identificada en el sitio S0111 (Sitio 16)



Piper umbellatum "Santa María"



Phytelephas macrocarpa "Yarina"

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

Respecto a fauna, se registraron cinco (5) especies de mamíferos. La especie con uso conocido y que fue registrada en campo es *Dasypus* sp. "Armadillo", cazada incidentalmente con fines alimentarios. Sin embargo, para la evaluación del riesgo ecológico se asumió como especie representativa asociada a la mastofauna del sitio S0111 (Sitio 16) al *Tapirus terrestres* (Tapir).

Fotografía 4-2 Especies de fauna identificada en el sitio S0111 (Sitio 16)



Excavación de *Dasypus* sp. "Armadillo"

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

• Aire

La flora del sitio S0111 (Sitio 16) en primera instancia sería afectada por la asimilación de vapores/partículas de los CP 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/o recurrencia de estas especies al sitio impactado. 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 que atenúen esta dispersión.

• Agua superficial

Las especies de flora y fauna presentarían un alto grado de afectación, toda vez que el agua es un elemento esencial para la subsistencia de dichas especies. El contacto con posibles CP sería por ingesta directamente (fauna) y absorción en las raíces (flora). Respecto a la comunidad hidrobiológica,

De acuerdo con la información recopilada en la etapa de caracterización para la comunidad hidrobiológica, se tiene que para el fitoplancton predominó el phylum *Cyanobacteria* en temporada húmeda, y el phylum *Bacillariophyta* en temporada seca. Para el zooplancton se registraron especies pertenecientes al phylum *Rotifera* para ambas temporadas.

En cuanto al perifiton, se registraron especies correspondientes al phylum *Bacillariophyta* para ambas temporadas. Respecto a los macroinvertebrados bentónicos solo se tuvieron registros de algunas especies pertenecientes a las clases *Insecta* (phylum *Arthropoda*) y *Gastropoda* (phylum *Mollusca*) para ambas temporadas.

La exposición de la comunidad hidrobiológica a los CP presentes en la matriz agua superficial estaría dada por contacto directo y por ingesta de la misma agua.

A.2 Receptor y escenario humano

Se determinaron tres (3) escenarios para el receptor humano (poblador de la Comunidad Nativa Antioquía): i) Poblador Local – Trabajador Industrial; ii) Cazadores esporádicos (adulto y niño); iii) Poblador Local - Residentes de la C.N. Antioquía.

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 Antioquía, conforme a lo planteado en el modelo conceptual.

Escenario Humano N° 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

El sitio donde se localiza el foco de contaminación no es de fácil acceso, es decir que, la posibilidad en la que una persona ingrese y esté en contacto directo con los medios afectados es aproximadamente nula; sin embargo, se plantearon escenarios primarios (*in situ*).

El escenario humano 1 corresponde a los trabajadores industriales de la zona industrial, habiendo una probabilidad de que transiten por las cercanías del sitio impactado para realizar actividades estrictamente de carácter industrial (verificación, inspección, etc.) o en zonas cercanas. En el Cuadro 4-20 se presenta los datos generales u otros datos del receptor humano 1:

Cuadro 4-20 Receptor/Escenario humano 1 - sitio S0111 (Sitio 16)

Escenario Humano N° 1: Trabajadores industriales	
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a los trabajadores industriales adultos mayores a 18 años de edad y de género masculino.
Espacios Educativos	NA
Vulnerabilidad	NA
Fuentes de agua potable y alimentos	NA
Aspectos migratorios	NA
Preocupación de las comunidades	NA

N.A.: No Aplica.

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

Escenario Humano N° 2: Poblador Local – Cazadores esporádicos

Este receptor corresponde a pobladores adultos de la Comunidad Nativa José Olaya que realizan actividades de 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 4-21).

Cuadro 4-21 Receptor/Escenario humano 2 - sitio S0111 (Sitio 16)

Escenario Humano N° 2: Cazadores 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 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, aunque el agua potable dentro de la infraestructura, así como el desagüe para la disposición de excretas es ineficiente. Cabe anotar que las viviendas o los domicilios del alumnado están conglomerados en torno a la infraestructura escolar.	
Vulnerabilidad	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.	
Fuentes de agua potable y alimentos	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. 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). 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 dieta alimenticia también incluye la “carne de monte” como fuente proteica. La caza es una actividad extendida y practicada por la totalidad de los varones locales. Antiguamente se cazaba con flechas y cerbatanas envenenadas; sin embargo, en la actualidad es común el uso de escopetas y rifles de poco alcance. 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. La pesca es otra de las actividades de vital importancia junto con la caza. La época de pesca es de mayo a diciembre. Esta actividad se desarrolla en el río Corrientes	
Aspectos migratorios	Cabe anotar que, si bien la población mestiza ha llegado a establecerse en un número importante en estas comunidades, el arribo a Antioquia se complica por el tramo fluvial que hay que usar como vía de acceso (desde Bahía Jíbaro). Es por esta razón que la inmigración a José Olaya es muy intensa, esta situación difiere en Antioquia donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud	
Preocupación de las comunidades	Afectación 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 receptor del 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 9,8 km de distancia del Sitio S0111 (Sitio 16); 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 4-22).

Cuadro 4-22 Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0111 (Sitio 16)

Escenario Humano N° 3: CN José Olaya	
Datos Generales	El grupo poblacional corresponde a la CN José Olaya cuenta con una población estimada de 500 personas; entre adultos, adolescentes y niños de género masculino y femenino. En José Olaya la mayor parte de las viviendas pueden tener paredes y una mínima separación de espacios internos, sin embargo, existen espacios únicos que fungen de “subespacios” para dormitorio, cocina y sala de estar (lugar donde se coloca una o más “hamacas”), lo que posibilita que insumos inflamables o químicos se encuentren a la mano, como el caso de la leña para la cocción de alimentos, combustible o Diesel para el uso de las pequeñas embarcaciones familiares, etc.
Espacios Educativos	La institución educativa de la CN 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, aunque el agua potable dentro de la infraestructura, así como el desagüe para la disposición de excretas es ineficiente. Cabe anotar que las viviendas o los domicilios del alumnado están conglomerados en torno a la infraestructura escolar.
Vulnerabilidad	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.
Fuentes de agua potable y alimentos	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. 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). 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 dieta alimenticia también incluye la “carne de monte” como fuente proteica. La caza es una actividad extendida y practicada por la totalidad de los varones locales. Antiguamente se cazaba con flechas y cerbatanas envenenadas; sin embargo, en la actualidad es común el uso de escopetas y rifles de poco alcance. 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. La pesca es otra de las actividades de vital importancia junto con la caza. La época de pesca es de mayo a diciembre. Esta actividad se desarrolla en el río Corrientes
Aspectos migratorios	Cabe anotar que, si bien la población mestiza ha llegado a establecerse en un número importante en estas comunidades, el arribo a Antioquia se complica por el tramo fluvial que hay que usar como vía de acceso (desde Bahía Jíbaro). Es por esta razón que la inmigración a José Olaya es muy intensa,

Cuadro 4-22 Receptor/Escenario humano 3 - sitio S0111 (Sitio 16)

Escenario Humano N° 3: CN José Olaya	
	esta situación difiere en Antioquía donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud
Preocupación de las comunidades	Afectación 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 4-23 Parámetros de los contaminantes de preocupación para suelos

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	Log (K _d)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
Boro	5,2E+0	-	-	-	-	1,0E+0	-	0,2	0,2
Selenio	1,5E+0	0,0	0,00E+0	ND	2,39E-1	1,0E+0	ND	0,005	0,005
Hidrocarburos Totales C10-C28	1,6E+3	5,8	3,65E-2	3,7E+0	-	1,0E+0	1,78E-1/ 8,50E-1	0,04	0,04

Fuente: RBCA Toolkit versión 2.6e, 2011.

ND: No definido, no se obtuvo información del parámetro en la normativa seleccionada para la presente ERSA (Cuadro N. 6.5).

CF: Concentración en el foco (unidades según la matriz)

SA: 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_{DER}: Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR_{ING}: Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

Cuadro 4-24 Parámetros de los contaminantes de preocupación para sedimentos

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	Log (K _d)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
Arsénico	1,6E+1	0,0	0,00E+0	ND	6,79E-1	7,80E-1	ND	0,0003	0,0003
Benzo (a) antraceno	1,9E+0	0,01	1,54E-7	5,55	5,52	1,00E+0	9200	0,005	0,005
Criseno	7,2E-2	0,002	7,80E-9	5,49	5,52	1,00E+0	9200	0,05	0,05
Fenantreno	5,9E-2	0,994	6,80E-4	4,15	ND	1,00E+0	2 630	0,03	0,03
Bario	3,1E-2	0,0	0,00E+0	ND	0,00	1,00E+0	ND	0,2	0,2

Fuente: RBCA Toolkit versión 2.6e, 2011.

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)

SA: 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_{DER}: Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR_{ING}: Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

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

Cuadro 4-25 Parámetros de los contaminantes de preocupación para agua superficial

CP	CF	SA	PV	Log (K _{oc})	Log (K _d)	FBD _R	FBC	DdR (Derm.)	DdR (Oral)
Arsénico	0,00129	0,0	0,00E+0	ND	6,79E-1	7,80E-1	ND	0,0003	0,0003
Plomo	0,00302	0	0,0	ND	1,00	1,00	ND	0,0054	0,0036

Fuente: RBCA Toolkit versión 2.6e, 2011.

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)

SA: 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_{DER}: Dosis de referencia dérmica (mg/kg/día)

DdR_{ING}: Dosis de referencia oral (mg/kg/día)

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

El Anexo 6.6.4 se describe los parámetros de exposición, detallando los parámetros biológicos y fisiológicos de relevancia para el escenario humano que fueron utilizados para el cálculo de la dosis de exposición; que a su vez, se resumen brevemente en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-26 Parámetros de exposición utilizados para los receptores humanos

Parámetro de exposición	Receptor humano 1	Receptor humano 2 Cazador / Pescador		Receptor humano 3 Residencial	
	Trabajador	Adulto	Niño (a)	Adulto	Niño (a)
Tiempo promedio para agentes cancerígenos (años)	74,5*	74,5*		74,5*	
Tiempo promedio para agentes no cancerígenos (años)	24*	24*	12*	24	12*
Peso corporal (kg)	65*	65*	29*	65*	29*
Duración de la exposición (años)	24*	24*	12*	24	12*
Tiempo promedio para el flujo de vapor (años)	24	24		24	
Frecuencia de la exposición (días/año)	230*	96**	96**	365	365
Frecuencia de exposición para la exposición dérmica (días/año)	230*	96**	96**	365	365
Tasa de ingestión de agua (L/día)	NA	2*	1*	2*	1*
Tasa de ingestión de suelo (mg/día)	200*	200*	200*	50*	200*
Área de la superficie de la piel (estacional) (cm ²)	1815*	1 815*	2094*	1 815*	2 094*
Factor de adherencia del suelo a la piel (mg/cm ²)	0,75*	0,75*	0,75*	0,75	0,75
Área de la superficie de la piel durante la inmersión (cm ²)	NA	19 400*	8 750*	19 400*	8 750*
Tasa de ingestión de pescado (kg/año)	NA	1,0	1,0	1,0	1,0

Valores predeterminados de la ASTM E-2081 y Exposición Máxima Razonable (RME) especificados en la guía publicada por la U.S. EPA.

*Valores obtenidos del Anexo C de la Guía ERSa (RM: 034-2015-MINAM).

** Se asume una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana, equivalente a 96 días/año.

(a) Niños en el rango de edad de 6 a 11 años.

NA: No aplica.

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

Para el cálculo de la dosis de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de los CP de la matriz agua superficial se utilizó la *Proposed Guidelines for carcinogen risk assessment* de la USEPA (EPA/600/P-92/003C). La tasa de ingesta accidental de agua considerada para el cálculo de la dosis de exposición fue de 0,05 L/hⁱⁱ.

Es importante mencionar que varios de estos parámetros fueron tomados de literatura relevante para el presente ERSa, algunos de estos se encuentran en la base del programa RBCA Toolkit y fueron descritos anteriormente en la sección 4.1.

ⁱⁱ USEPA. Risk assessment guidance for superfund. Volume 1: human health evaluation manual. Part A. Washington (DC): Environmental Protection Agency; Office of Emergency and Remedial Response; 1989. EPA/540/189/002.

Cuadro 4-27 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 este sitio en particular se incluye una posible dispersión atmosférica de partículas contaminantes probablemente contenidas en el suelo superficial, a pesar de la presencia de cobertura vegetal la cual actúa como barrera natural; así como, la topografía del terreno, dirección y velocidad del viento del sitio. Asimismo, debido a que no se detectó de forma analítica la presencia de hidrocarburos de la fracción F1 (C6-C10) en ninguna de las matrices analizadas (esencialmente el suelo), no se ha considerado el mecanismo de volatilización.

Para algunas sustancias como metales pesados, se considera una posible lixiviación y transporte tanto al agua superficial como el agua subterránea. La medida del grado de avance de la pluma de contaminación dependerá específicamente de las características del suelo y su interacción con los contaminantes presentes en esta matriz. Una vez estos contaminantes lleguen a un cuerpo de agua o alcancen el nivel freático, su dinámica de dispersión cambiará en función del flujo del cuerpo receptor.

Finalmente, se considera como un mecanismo de transporte adicional el agua superficial proveniente de las altas precipitaciones, alcanzando los 3057 mm anuales; facilitando de esta manera el transporte por arrastre de los contaminantes hacia 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 (sajinos, sachavacas, etc.). 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.

- **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 en el tipo de vía de absorción predominante, estas son la volatilidad medida por la presión de vapor de la sustancia y la otra es su coeficiente de partición octanol / agua que da una idea de que tan fácilmente una sustancia puede atravesar una membrana biológica^{kk}.

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.

Es importante resaltar que a pesar de que existen muchas otras características fisicoquímicas que permiten predecir el comportamiento de las sustancias químicas potencialmente contaminantes, estas dos relacionadas anteriormente son un indicador básico y en la mayoría de los casos suficiente para hacer este tipo de análisis.

Dentro de las vías de exposición, se tienen las vías 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,

^{kk} 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 S0111 (Sitio 16), 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 del sistema de tuberías que interconectan las Baterías Carmen y Shiviayacu, así como el oleoducto que conecta los Pozos SHIV 05 y SHI13D 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 esporádicamente, podría verse afectado por exposición con los contaminante del suelo directamente por contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación de partículas e indirectamente con los CP que lixivian y descargan en quebradas cercanas; además, por exposición a sedimentos y agua superficial mediante las vías de exposición por contacto dérmico e ingestión, ya que es probable que este receptor se lave las manos, se bañe o consuma agua de los cuerpos de agua superficial del sitio.

Para el receptor del escenario humano N° 3 (C.N. José Olaya), se plantea una potencial ruta de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial afectada con los CP derivados de los derrames ocurridos en el sitio S0111 (Sitio 16). Esta exposición puede generarse, considerando que tanto las aguas superficiales como las subterráneas tienen una potencial relación respecto a la descarga de estas; pudiendo existir un contacto de las aguas superficiales con 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 receptor no se considera la ruta de exposición por inhalación de partículas, porque la distancia entre el foco de contaminación y el receptor es de 9,8 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 esporádicos), no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas del sitio S0111 (Sitio 16), si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor humano industrial y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 1 m a 4 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 S0111 (Sitio 16) se consideró principalmente la interacción del receptor ecológico con el suelo, sedimento y agua superficial 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).

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; el cual no necesariamente se puede dar en el sitio S0111 (Sitio 16). Sin embargo, la fauna tiene a desplazarse grandes distancias, existiendo una posibilidad de que transiten por el sitio contaminados; y al estar expuestos a estos contaminantes se puedan ver afectados y se trasladen a áreas donde 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 tres (3) fuentes secundarias identificadas se determinó que existen cuatro (4) mecanismos 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^{II}, 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.

Cabe resaltar que los CP benzo (a) antraceno, criseno y fenantreno fueron identificados en la matriz ambiental sedimentos, por lo que se considera una posible afectación por contacto dérmico e ingestión accidental.

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 S0111 (Sitio 16) se encuentran meteorizados y representan las fracciones recalcitrantes, lo cual hace prácticamente nula su movilidad a través del suelo, que además posee baja permeabilidad, pues las concentraciones de este compuesto se hallaron únicamente a una profundidad de 0,9 a

^{II} ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Based Corrective Actions

1,6 m, y a mayor profundidad las concentraciones fueron inferiores al ECA e incluso 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 cargadas^{mm}.

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 5^{na}. 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.

Lo metales considerados para el sitio S0111 (Sitio 16), 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 pudiera presentar dispersión de partículas de suelo conteniéndolos dado que, se encontraron concentraciones sobre los niveles de fondo y ECA en el suelo superficial (<0,6m).

Por lo descrito, por lixiviación se espera que ningún CP se transporte hacia las aguas subterráneas para su posterior afloramiento y/o descarga en aguas superficiales.

Sin embargo, con el fin de evaluar un escenario crítico se realizará el análisis de riesgo para la lixiviación de contaminantes del suelo y sedimentos, migración al agua subterránea y descarga en agua superficial, pues corresponde a la única ruta de exposición completa entre el foco de contaminación y pobladores de la C.N. José Olaya.

Cuadro 4-28 Vías de exposición del sitio S0111 (Sitio 16)

Medios de contacto	Vías de potencial exposición
Suelo	Contacto dérmico / Ingestión / Inhalación
Aguas superficiales	Contacto dérmico / Ingestión
Aire	Inhalación
Alimentos	Ingestión

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

4.7 Factores que modifiquen el efecto de los contaminantes sobre los receptores.

En un escenario de exposición múltiple o única a sustancias químicas con el potencial de ejercer un efecto negativo sobre la homeostasis del receptor, juegan papeles importantes en la magnitud

^{mm} ASTM E 2081-00 Standard Guide for Risk Bases Corrective Actions

ⁿⁿ Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en sitios contaminados, 2015.

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 nos indica la ausencia de dichos contaminantes en el medio de los cuales, a pesar de que puedan estar relacionados con la contaminación histórica de hidrocarburos en la zona, representan un riesgo aceptable a la salud de las personas y al ambiente. De la misma forma, se registraron concentraciones de algunos CP los cuales superaron el LDA, mas no el ECA correspondiente y/o estándar internacional para cada matriz ambiental. Esto nos permite inferir

que si bien es cierto hay presencia de estos elementos en el entorno, estos cumplen con los estándares de calidad que definen un entorno óptimo donde no habría algún riesgo a la salud de las personas y al ambiente.

Cuadro 4-29 Parámetros no seleccionados como contaminantes de preocupación

Matriz	Sustancia	Justificación
Suelo	Arsénico, bario, benzo (a) antraceno, berilio, cadmio, cobalto, cobre, cromo total, etilbenceno, fenantreno, hidrocarburos C28-C40, hidrocarburos C5-C10, mercurio, molibdeno, naftaleno, níquel, plomo, talio, vanadio, zinc, xilenos.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antimonio, acenafteno, antraceno, benceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, cromo hexavalente, dibenzo (a, h) antraceno, fluoranteno, indeno (1.2.3-c. d) pireno, pireno, plata, tolueno.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Sedimento	Benzo (a) antraceno, cadmio, cobre, cromo total, fluoreno, plomo, zinc.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo (a) pireno, dibenzo (a,h) antraceno, fluoranteno, mercurio, naftaleno, pireno.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua subterránea	Antimonio, bario, boro, cadmio, cloruros, cromo total, níquel, selenio.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	Antraceno, benceno, benzo (a) pireno, cromo total, fluoranteno, hidrocarburos C10-C40, hidrocarburos C28-C40, mercurio, talio.	Todos los valores medidos son inferiores al LDA – existe incertidumbre sobre la medición.
Agua superficial	Antimonio, arsénico, bario total, cadmio, cobre, cromo total, níquel, selenio.	Contaminantes cuya concentración máxima o el UCL95 son menores o iguales a los valores límite.
	antraceno, benceno, benzo (a) pireno, fluoranteno, hidrocarburos C10-C40, hidrocarburos C28-C40, mercurio, talio.	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

Para la identificación de los factores sociales y culturales del ERSA se ejecutó una **Ficha de Relevamiento** con el objetivo de obtener información específica. Se ejecutaron entrevistas a cargo de los especialistas sociales o en relaciones comunitarias del equipo. Cabe señalar, que la ficha de relevamiento social contó con la revisión y validación de la empresa supervisora.

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 4-30 se presenta la ficha social de relevamiento.

Cuadro 4-30 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.

Cuadro 4-31 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

Cuadro 4-31 Ficha de observación participante

Indicadores	Preguntas Semiestructuradas
	por el consumo de éstos. Se debe considerar además una posible exposición por el uso utensilios de cocina que contengan contaminantes de preocupación.
c. Área de recreación	- Áreas donde juegan los niños. - Tipo de piso del área de recreación. - Localización del área con respecto a la fuente. - Antigüedad del área de recreación. - Eventos de restauración en el área. - Frecuencia de juego.

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

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

Cuadro 4-32 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:

Cuadro 4-33 Entrevistas en comunidades

Etapas	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 de entrevistas		61

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

- **Distancias estimadas desde el sitio S0111 (Sitio 16) a la Comunidad Nativa José Olaya**

El sitio S0111 (Sitio 16) se encuentra ubicado a 9,8 km aprox. del casco comunal de la CN José Olaya. En este sitio ocurrieron derrames provenientes del oleoducto asociado a los pozos SHIV 05 y SHIV13D, así como el oleoducto que interconecta la Batería Carmen y Shiviayacu.

Cuadro 4-34 Distancia del S0111 (Sitio 16) a la CN José Olaya

Comunidad	Sectores	Sitio	Distancia estimada del sitio a la comunidad (kilómetros)	Tipo de Recorrido
CN José Olaya	Sector 1	S0111 (Sitio 16)	9,8	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.^{oo}

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.

^{oo} 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 4-35 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 achuarenses viven en comunidades en donde las viviendas están aisladas, otros viven en comunidades nativas densamente nucleadas^{pp}.

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 ^{qq}.

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

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

^{qq} 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 4-3 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 S0111 (Sitio 16) es la misma que desde la comunidad (9,8 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 4-4 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^{rr}.

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 4-36 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.

^{rr} 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.

Fotografía 4-5 Planta de tratamiento comunal



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

- **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 o a distancias muy extensas, sin embargo, no se encuentran chacras en los sitios contaminados en evaluación.

Fotografía 4-6 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”^{ss} 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

^{ss} 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.

(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^{tt}.

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 sitio S0111 (Sitio 16) 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^{uu} (animales, plantas, seres míticos, otros). El bosque también – adicionalmente a una fuente de vida- implica un espacio de conocimiento, espiritualidad y recreación.

Fotografía 4-7 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. La época de pesca es de mayo a diciembre. 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

^{tt} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

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

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.

La pesca es la actividad más importante en su aporte a la dieta y nutrición familiar. Las familias consumen diariamente raciones de pescado estimado en 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 sitio S0111 (Sitio 16) 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:

Cuadro 4-37 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). No se identificaron en el sitio S0111 (Sitio 16) 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.)^{vv}. 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^{ww}.

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 canticos y receta abstinencias, entre otras prácticas propias de su sistema médico. Las enfermedades *súgkur* son aquellas menos graves y que pueden ser tratadas por la medicina occidental. Se incluye dentro de estas enfermedades a las lesiones; mientras que las enfermedades de tipo *mímkau* son patologías graves atribuidas al contacto mágico con un objeto, animal o a la violación de prescripciones rituales del postparto y la lactancia por lo que afectan – especialmente – a niños lactantes cuya salud está pautada por el comportamiento de los padres ^{xx}

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.^{yy}. 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.

^{vv} Análisis de Situación de Salud del Pueblo Achuar. Ministerio de Salud, Dirección General de Epidemiología. 2006.

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

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

^{yy} 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.

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 establecimiento 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^{zz}, 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^{aaa}, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores y enfermedades de la cavidad bucal con mayor prevalencia en el grupo de edad de 18 a 19 años.

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

Cuadro 4-38 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(A00 - A09) Enfermedades infecciosas intestinales	68	1	11	7	-
(A90 - A99) Fiebres virales transmitidas por artrópodos y fiebres virales hemorrágicas	1	-	-	-	-
(B00 - B09) Infecciones virales por lesiones de la piel y de las membranas mucosas	1	-	-	-	-
(B35 - B49) Micosis	3	-	4	6	-
(B50 - B64) Enfermedades debidas a protozoarios	1	1	-	1	-
(B65 - B83) Helmintiasis	31	1	9	3	1
(B85 - B89) Pediculosis, ascariasis y otras infestaciones	1	-	2	-	-
(D50 - D53) Anemias nutricionales	1	-	1	-	-
(E65 - E68) Obesidad y otros de hiperalimentación	1	-	1	-	-
(E70 - E90) Trastornos metabólicos	-	-	-	1	-
(F80 - F89) Trastornos del desarrollo psicológico	2	-	-	-	-
(G40 - G47) Trastornos episódicos y paroxísticos	4	7	23	14	3
(H10 - H13) Trastornos de la conjuntiva	8	1	5	6	-
(H60 - H62) Enfermedades del oído externo	-	1	1	-	-
(I10 - I15) Enfermedades hipertensivas	-	-	-	1	-
(J00 - J06) Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores	87	8	28	15	3

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

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

Cuadro 4-38 Morbilidad en la CN José Olaya

Grupos de categorías	00a - 11a	12a - 17a	18a - 29a	30a - 59a	60a >
(J09 - J18) Influenza (gripe) y neumonía	-	-	-	-	1
(J20 - J22) Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores	32	1	-	-	-
(J30 - J39) Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores	1	-	-	-	-
(J40 - J47) Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	-	-	3	2	-
(K00 - K14) Enfermedades de la cavidad bucal, de las glándulas salivales y de los maxilares	32	4	31	16	-
(K20 - K31) Enfermedades del esófago, del estómago y del duodeno	-	-	6	8	1
(K55 - K63) Otras enfermedades de los intestinos	-	-	1	-	-
(K80 - K87) Trastornos de la vesícula biliar, de las vías biliares y del páncreas	1	-	-	-	2
(L00 - L08) Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	6	2	2	10	-
(L20 - L30) Dermatitis y eczema	1	-	1	-	-
(L60 - L75) Trastornos de las faneras	1	-	1	-	-
(M00 - M25) Artropatías	2	1	7	10	1
(M40 - M54) Dorsopatías	-	-	1	13	2
(M60 - M79) Trastornos de los tejidos blandos	7	-	4	4	-
(N30 - N39) Otras enfermedades del sistema urinario	-	2	16	14	1
(N70 - N77) Enfermedades inflamatorias de los órganos pélvicos femeninos	-	-	-	1	-
(O20 - O29) Otros trastornos maternos relacionados principalmente con el embarazo	-	-	1	-	-
(O85 - O92) Complicaciones principalmente relacionadas con el puerperio	-	-	2	-	-
(O94 - O99) Otras afecciones obstétricas no clasificadas en otra parte	-	-	5	1	-
(R10 - R19) Síntomas y signos que involucran el sistema digestivo y el abdomen	3	14	9	6	-
(R50 - R69) Síntomas y signos generales	32	14	23	26	1
(S90 - S99) Traumatismos del tobillo y del pie	1	1	3	3	-
(T08 - T14) Traumatismos de parte no especificada del tronco, miembro o región del cuerpo	15	7	8	8	1
(T20 - T32) Quemaduras y corrosiones	-	-	1	-	-
(T66 - T78) Otros efectos y los no especificados de causas externas	8	1	7	3	-
(W00 - X59) Otras causas externas de traumatismos accidentales	-	-	-	1	-
	351	67	217	180	17

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

• Aspectos migratorios

Cabe 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 Antioquia donde no se observan foráneos exceptuando a los funcionarios del estado de los sectores educación y salud.

Grupos de Interés

El sitio S0111 (Sitio 16) 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 4-39 se encuentra información sobre el reconocimiento y la titulación de la comunidad. Ver Anexo 6.2: Mapa 6.2.9 Mapa de Comunidades del sitio S0111 (Sitio 16).

Cuadro 4-39 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.

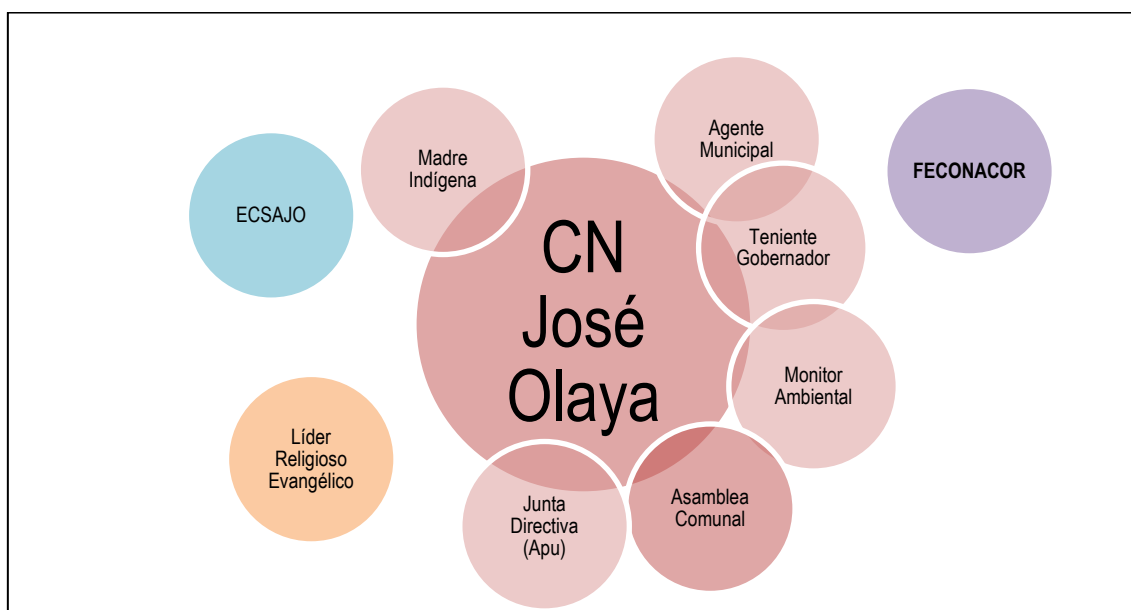
A continuación, un extracto de la historia comunal recogida por el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Perforación de 1 Pozo Exploratorio, 2 Pozos de Desarrollo y Facilidades de Producción en el Yacimiento Carmen - Lote 1AB elaborado por Walsh Perú S.A en noviembre del 2006:

“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, pajiles, 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”^{bbb}

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.^{ccc}

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 S0111 - Sitio 16.
- 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).

^{bbb} 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.

^{ccc} 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.

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^{ddd}. 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.º 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
- Secretaría de actas y archivos: Edinson Ramírez Butuna
- Secretaría de Educación: Dobías Hualinga Sandi
- Secretaría de Economía-Tesorero: Federico Diaz Sandi
- Gerente: Raúl Sosa Rodríguez.

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

Asamblea Comunal

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

^{eee} 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^{fff} 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.⁹⁹⁹

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^{hhh}, 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.

^{fff} Organización histórica, previa a FECONACOR.

⁹⁹⁹ 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.

^{hhh} Informe de Sostenibilidad 2014. Pluspetrol S.A.

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

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

- N° partida de Ficha Registral: 11018425
- N° de socios: 249
- Fecha de Constitución: 15 de diciembre 2006
- Gerente: Adán Sandi Chimborás, DNI 05711418

Junta de Administración

- Presidente: Eval Abigail Salas García, DNI 05326101
- Secretario de Actas y Archivos: Andrés Salas García, DNI 05711406
- Secretario de Economía: Aurelio Piñola Hualinga, DNI 44645568
- 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 S0111 (Sitio 16) 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 4-40 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 4-40 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 / Rio Corrientes
Contacto Dérmico Agua superficial	-	X	X	Quebradas cercanas al sitio impactado / Rio 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 S0111 (sitio 16); asimismo, los parámetros de exposición de los receptores, tales como frecuencia de exposición, peso corporal, duración de la exposición, área de la superficie de la piel, entre otros, que fueron obtenidos del Anexo C de la Guía ERSa del MINAM o de agencias internacionales como la USEPA y la ASTM y se presentan en el Anexo 6.6.4.

A. Caracterización del riesgo cancerígeno

La caracterización del riesgo cancerígeno tiene como fin determinar si la exposición a la que se encuentran los receptores humanos identificados para los CP (caracterizados como cancerígenos), se encuentran dentro del rango de riesgo aceptable, considerando el límite superior a la probabilidad en la que se estima que una persona contraiga cáncer (sea tratable o letal) durante su vida entera (RECV). En concordancia con la Guía ERSa (MINAM, 2015) para la presente ERSa se considera por defecto un RECV de uno en cien mil habitantes como aceptable (1:100000; 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 4-41 Riesgo Cancerígeno según Índice de Riesgo

Riesgo	Rango	Descripción
Riesgo aceptable	$IRT \leq 1E-5$,	La exposición a las sustancias cancerígenas del Sitio S0111 (Sitio 16) 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 S0111 (Sitio 16) 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 S0111 (Sitio 16) representan un riesgo de contraer cáncer a lo largo de la vida en uno en diez mil habitantes expuestos. (1 hab. / 10 000 hab.).

Fuente: Guía ERSa (MINAM, 2015).

Un nivel de riesgo de uno en un millón (1 / 1 000 000 hab.) representa que el riesgo para los seres humanos es casi inexistente.

Es importante resaltar, que el nivel de riesgo no es un riesgo real, es decir, no se espera que una persona de cada un millón o cien mil contraiga cáncer si se expone a los CP, en realidad es un riesgo matemático basado en premisas científicas utilizadas en la evaluación de riesgos. Para el cálculo del riesgo cancerígeno se ha utilizado la dosis de exposición y factor de pendiente de Cáncer (PFC), calculados a partir de los datos del sitio ingresados en el software RBCA Toolkit (Ver Anexo 6.6.4 y 6.6.5). La estimación del riesgo cancerígeno se realizó para las rutas de exposición completas identificadas en el modelo conceptual, para sus respectivas vías de exposición, y para cada escenario de evaluación.

Para la estimación de la dosis de exposición por contacto dérmico e ingestión accidental de agua superficial, para el escenario humano 2 (pobladores cazadores esporádicos adulto y niño) de los contaminantes de preocupación determinados en dicha matriz ambiental, se realizaron los cálculos a partir de la ecuación general de exposición (Ver Anexo 6.6.6).

• Escenario humano 1: Poblador Local – Trabajador Industrial

Para el escenario humano 1 no se calcularon los Índice de Riesgo (IR), tanto individual, integral por vía como acumulativo, debido a que, las rutas de exposición completas para este receptor son mediante la exposición a la matriz ambiental suelos, la cual no presentó CP categorizados como sustancias cancerígenas.

Por otro lado, en la matriz ambiental sedimentos se identificaron tres (3) CP categorizados como cancerígenos: Arsénico, Benzo (a) antraceno y Criseno; sin embargo, no se determinó una ruta de exposición completa entre el receptor del escenario humano 1 y la matriz sedimentos, ya que los mecanismos de transporte asociados a los sedimentos y que se establecieron en el modelo conceptual, corresponden a una posible fragmentación del sedimento, transportando los CP identificados por el flujo de las aguas superficiales, así como por escorrentía. Bajo este concepto,

tanto para el área norte como área sur (potencialmente afectadas), no existe riesgo de exposición con los CP cancerígenos para el receptor del escenario humano 1 (trabajador industrial).

Otras vías de exposición que no se consideraron para este escenario, fue la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas, ya que, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor del escenario humano 1 (trabajador industrial) y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 1 m a 4 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo. Asimismo, no se ha considerado una afectación de los receptores por ingestión o contacto dérmico de los CP del sedimento, ya que las actividades del trabajador industrial se desarrollan en la plataforma de los pozos petroleros y no en los cuerpos de agua superficial circundantes al sitio impactado.

Cabe precisar que el naftaleno es categorizado por la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (*International Agency for Research on Cancer – IARC*) como sustancia posiblemente carcinógena en humanos (2B) y el Sistema Integrado de Información de Riesgos (*Integrated Risk Information System - IRIS*) de la Agencia de Protección Ambiental de USA (USEPA) lo categoriza como posible carcinógeno humano (C), dado que los datos disponibles son inadecuados para evaluar la carcinogenicidad por vía oral o por inhalación con base en datos humanos y animales (EPA, 1998). Sin embargo, el naftaleno presenta efectos tóxicos no cancerígenos para la exposición por inhalación a una dosis superior a los 0,003 mg/m³ afectando al sistema respiratorio y nervioso, cuyos efectos son la hiperplasia y metaplasia en el epitelio respiratorio y olfativo, respectivamente (EPA, 1998). Por lo descrito, el análisis de riesgo por exposición al naftaleno será evaluado para el riesgo no cancerígeno.

• Escenario humano 2: Poblador Local - Cazadores esporádicos

En el Cuadro 4-42 y Cuadro 4-43 se presenta los resultados del Índice de Riesgo (IR) por exposición a las sustancias cancerígenas identificadas en las matrices ambientales suelo, sedimento y agua superficial para el escenario humano 2 cazadores esporádicos adulto y niño respectivamente.

Para este escenario humano se evaluaron 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. Se consideró una distancia de cero (0) metros entre el foco y el receptor, con el fin de evaluar un escenario crítico, una ingestión de 0,5 L de agua/hora, un periodo de exposición diaria de 3 horas, entre otros.

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; sin embargo, no se identificaron CP categorizados como cancerígenos en esta matriz; caso contrario en la matriz de agua superficial y sedimentos de agua superficial, donde se identificaron CP categorizados como cancerígenos, por lo tanto, el receptor se expone mediante las vías de exposición por contacto dérmico (inmersión) e ingestión accidental.

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 presentan un valor inferior al RECV fijado en $1.0E10^{-5}$, siendo un riesgo aceptable, a excepción del arsénico mediante la vía de exposición por ingestión de agua superficial proveniente de las quebradas del sitio impactado, el cual presenta un riesgo inaceptable, dado que el IR es de $1.5E-4$.

Los cálculos del IR integral por vía (IR_i) para las áreas norte y sur, indican que el riesgo es aceptable para efectos carcinógenos para la vía de exposición por contacto dérmico, dado que para el receptor adulto (Ver Cuadro 4-42) el valor del IR_i es de $1.7E-6$ y para el receptor niño (Ver Cuadro 4-43) el valor del IR_i es de $2.2E-6$, valores muy alejados al RVEC, representando un riesgo aceptable. Sin embargo, el IR_i para la vía de exposición por ingestión representa un riesgo inaceptable, pues el valor del IR_i para el receptor adulto es de $1.5E-4$ y para el receptor niño es de $1.7E-4$.

El Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_i identificados, para el receptor adulto presenta un valor de $1.5E-4$ (ambos sitios) y para el receptor niño un valor de $1.7E-4$ (ambos sitios), índices categorizados como riesgos inaceptables, ya que estos índices son superiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV) definido en $1.0E-05$.

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por inhalación de partículas y/o polvo, ya que, tal como se mencionó anteriormente, no se identificaron CP categorizados como cancerígenos en la matriz suelos. Otras rutas que no fueron evaluadas para el escenario humano 2 (cazador esporádico adulto y niño), fue la ingestión de agua subterránea afectadas, ya que, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor humano cazadores y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 1 m a 4 m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo significativo. Bajo este concepto, en las áreas norte y sur no existe riesgo para la vía de exposición en mención para el receptor del escenario humano 2.

En el Anexo 6.6.5 se presenta los cálculos de la dosis de exposición para agua superficial y en el Anexo 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición.

Cuadro 4-42 Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 - Adulto

Sitio Impactado	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)
Norte	Dérmica	Sedimentos	Arsénico	9,0E-07	1,5E+00	1,4E-06	1,7E-06	1,5E-04
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	5,0E-07	7,3E-01	3,7E-07		
		Sedimentos	Criseno	1,9E-08	7,3E-03	1,4E-10		
	Ingestión	Agua Superficial	Arsénico	3,5E-10	1,5E+00	5,2E-10	1,5E-04	
		Sedimentos	Arsénico	3,3E-06	1,5E+00	4,9E-06		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	5,0E-07	7,3E-01	3,7E-07		
		Sedimentos	Criseno	1,9E-08	7,3E-03	1,4E-10		
Sur	Dérmica	Agua Superficial	Arsénico	9,6E-5	1,5E+00	1,4E-04	1,7E-06	1,5E-04
		Sedimentos	Arsénico	9,0E-07	1,5E+00	1,4E-06		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	5,0E-07	7,3E-01	3,7E-07		
		Sedimentos	Criseno	1,9E-08	7,3E-03	1,4E-10		
	Ingestión	Agua Superficial	Arsénico	3,5E-10	1,5E+00	5,2E-10	1,5E-04	
		Sedimentos	Arsénico	3,3E-06	1,5E+00	4,9E-06		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	5,0E-07	7,3E-01	3,7E-07		
		Sedimentos	Criseno	1,9E-08	7,3E-03	1,4E-10		
REC V							1,0E-05	

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC V: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

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

Cuadro 4-43 Índice del riesgo cancerígeno para CP en suelos - Escenario humano 2 - Niño

Sitio Impactado	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)			
Norte	Dérmica	Sedimentos	Arsénico	1,2E-06	1,5E+00	1,7E-06	2,2E-06	1,7E-04			
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	6,5E-07	7,3E-01	4,7E-07					
		Sedimentos	Criseno	2,4E-08	7,3E-03	1,8E-10					
	Ingestión	Agua Superficial	Arsénico	4,5E-10	1,5E+00	6,8E-10	1,7E-04				
		Sedimentos	Arsénico	3,7E-06	1,5E+00	5,5E-06					
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	5,6E-07	7,3E-01	4,1E-07					
		Sedimentos	Criseno	2,1E-08	7,3E-03	1,5E-10					
		Agua Superficial	Arsénico	1,1E-04	1,5E+00	1,6E-04					
		Sedimentos	Arsénico	1,2E-06	1,5E+00	1,7E-06					
Sur	Dérmica	Sedimentos	Benzo (a) antraceno	6,5E-07	7,3E-01	4,7E-07	2,2E-06	1,7E-04			
		Sedimentos	Criseno	2,4E-08	7,3E-03	1,8E-10					
		Agua Superficial	Arsénico	4,5E-10	1,5E+00	6,8E-10					
	Ingestión	Sedimentos	Arsénico	3,7E-06	1,5E+00	5,5E-06	1,7E-04				
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	5,6E-07	7,3E-01	4,1E-07					
		Sedimentos	Criseno	2,1E-08	7,3E-03	1,5E-10					
		Agua Superficial	Arsénico	1,1E-04	1,5E+00	1,6E--04					
		REC V							1,0E-05		

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

CP: Contaminante de preocupación

IR_T: Índice de riesgo total (acumulativo)

REC V: Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

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

• Escenario humano 3: Poblador Local – Residente de la CN José Olaya

Para la estimación del riesgo cancerígeno, para el escenario humano 3 correspondiente a los residentes de la CN José Olaya, se ha planteado conforme al modelo conceptual que los CP del suelo lixivian hacia las aguas subterráneas, las cuales descargan y/o afloran en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desemboca en el río Corrientes, siendo este último de relevancia para la población de la comunidad campesina, debido al uso de sus aguas para fines recreacionales (natación).

Sin embargo, no se determinaron índices de riesgo (IR), tanto individual, integral por vía como acumulativo, debido a que, las rutas de exposición completas para este escenario humano 3 son mediante la exposición indirecta (lixiviación) de los CP de matriz ambiental suelos, la cual no presentó CP categorizados como sustancias cancerígenas.

Por otro lado, en la matriz ambiental sedimentos se identificaron tres (3) CP categorizados como cancerígenos: arsénico, benzo (a) antraceno y criseno, pero no se identificaron rutas de exposición completas, ya que los mecanismos de transporte asociados a los sedimentos y que se establecieron en el modelo conceptual, corresponden a una posible fragmentación del sedimento, transportando los CP identificados por el flujo de las aguas superficiales, así como por escorrentía, considerados para el escenario humano 2. Bajo este concepto, no existe riesgo de exposición con los CP cancerígenos para el escenario humano 3 (residente de la CN José Olaya), además, por el factor dilución en función a la distancia de 8,9 km entre el receptor y la matriz afectada sedimentos.

Para este escenario no se ha considerado una afectación de los receptores por inhalación de partículas, pues la C.N. José Olaya se encuentra a una distancia de 8,9 km del sitio impactado y por las barreras naturales existentes en el área.

En conclusión, no existe riesgo cancerígeno para el escenario humano 3, correspondiente a los pobladores de la CN José Olaya.

B. Caracterización del riesgo no cancerígeno

El objetivo de la evaluación dosis-respuesta para sustancias no cancerígenas es identificar un umbral o valor en el que se espera que no se produzca un daño, la meta de la caracterización del riesgo de no cancerígeno es determinar si la exposición con base en el valor medido rebasa ese límite y, por lo tanto, es preocupante para la salud de la población.

Para estimar el riesgo no cancerígeno de los CP en los distintos escenarios se ha utilizado el software RBCA Toolkit, el cual calcula la Dosis de Exposición (DE) y la Dosis de Referencia (DdR) a partir de datos del sitio ingresados en dicho software (Ver Anexo 6.6.4). Seguidamente se evalúa si la exposición es superior a la exposición de referencia. Un método común para la caracterización de un riesgo 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 4-44 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 S0111 (Sitio 16). 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 S0111 (Sitio 16). 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 S0111 (Sitio 16). 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.

Es importante mencionar que, el Arsénico se ha incluido en esta evaluación debido que, a pesar que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico es carcinogénico en seres humanos, con base a estudios que han descrito cáncer del pulmón, piel y vejiga urinaria en personas expuestas a arsénico (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2016), presenta efectos tóxicos por inhalación de partículas, contacto dérmico e ingesta. Similarmente, los CP Benzo(a)antraceno y Criseno, han sido clasificados como sustancias posiblemente cancerígenas para humanos por la IARC y la *Integrated Risk Information*

System de la EPA; además, estas sustancias son tóxicas a una dosis de 0,005 mg/kg/día mediante vía de exposición oral, de acuerdo al estudio *Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater* (RIVM, 2001), razón por la cual han sido consideradas en la presente caracterización del riesgo no cancerígeno. Estas tres (3) sustancias fueron evaluadas para el escenario humano 2 y 3, excluyendo al escenario humano 1, debido a que, estos CP fueron identificados en la matriz sedimentos, siendo imposible que el receptor del escenario humano 1 se vea expuesto, ya que los mecanismos de transporte asociados a sedimentos corresponden a una posible fragmentación del mismo, transportando los CP identificados por el flujo de las aguas superficiales, así como por escorrentía, por lo tanto, su evaluación solo aplicaría para las vías de exposición por contacto dérmico en ingesta (del sedimento como tal y la matriz agua superficial).

• Escenario Humano 1: Poblador Local - Trabajadores industriales

En el Cuadro 4-45 se presentan los resultados calculados para el escenario industrial, es decir, los pobladores de la comunidad nativa que son trabajadores industriales cercanos al sitio S0111 (Sitio 16) expuestos por contacto dérmico, ingestión accidental e inhalación a los contaminantes de preocupación CP del suelo considerándolo como un receptor in situ (distancia entre el foco y el receptor de 0 metros) de acuerdo con los escenarios de exposición descritos en capítulos anteriores.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de 230 días al año (siguiendo las pautas de la Guía ERSA), una duración de exposición de 24 años, un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

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, tanto para el sitio norte y sur.

Los cálculos del IP integral por vía (IP_j) indican que no existe peligro por exposición en el sitio Norte, pues el valor del IP_j es de $1,1E-1$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $8,0E-2$ para la vía por ingestión accidental; y de $7,6E-5$ para la vía de exposición por inhalación, 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 $1,9E-1$, siendo un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad.

Respecto al sitio Sur, los cálculos del IP integral por vía (IP_j) indican que no existe peligro por exposición, pues el valor del IP_j es de $1,1E-1$ para la vía de exposición por contacto dérmico; de $8,0E-2$ para la vía por ingestión accidental; y de $1,3E-4$ para la vía de exposición por inhalación, 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 $1,9E-1$, 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 inhalación de partículas de los CP arsénico, benzo(a)antraceno y criseno, ya que, tal como se mencionó anteriormente, estos corresponden a la matriz sedimentos que involucra únicamente los mecanismos de transporte de una posible fragmentación del sedimento, transportando los CP identificados por el flujo de las aguas superficiales, así como por escorrentía. Otras vías de exposición que no fueron incluidas en el análisis para el escenario 1, fue la ingestión de agua subterránea afectadas, ya que, 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 1m - 4m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre el receptor y

los contaminantes presentes en el sitio, consecuentemente no hay riesgo. Asimismo, no se ha considerado una afectación de los receptores por ingestión o contacto dérmico de CP de la matriz sedimentos, ya que las actividades del trabajador industrial se desarrollan en la plataforma de los pozos petroleros cercanos y no en los cuerpos de agua superficial circundantes a los sitios impactados.

En el Anexo 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.8 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.9 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-45 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 1

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPj)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Norte	Dérmica	Suelo Superficial	Boro	7,6E-07	2,0E-01	3,8E-06	1,1E-01	1,9E-01
		Suelo Superficial	Selenio	4,1E-07	5,0E-03	8,2E-05		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,3E-03	4,0E-02	1,1E-01		
		Suelo Superficial	Naftaleno	3,9E-07	2,0E-02	1,9E-05		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	1,0E-05	2,0E-01	5,0E-05	8,0E-02	
		Suelo Superficial	Selenio	3,0E-06	5,0E-03	6,0E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	3,2E-03	4,0E-02	7,9E-02		
		Suelo Superficial	Naftaleno	3,9E-07	2,0E-02	1,9E-05		
	Inhalación	Suelo Superficial	Boro	2,5E-12	2,0E-02	1,2E-10	7,6E-05	
		Suelo Superficial	Selenio	7,4E-13	1,3E-02	5,9E-11		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,5E-05	2,0E-01	7,5E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	2,9E-09	3,0E-03	9,6E-07		
Sur	Dérmica	Suelo Superficial	Boro	7,6E-07	2,0E-01	3,8E-06	1,1E-01	1,9E-01
		Suelo Superficial	Selenio	4,1E-07	5,0E-03	8,2E-05		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,3E-03	4,0E-02	1,1E-01		
		Suelo Superficial	Naftaleno	3,9E-07	2,0E-02	1,9E-05		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	1,0E-05	2,0E-01	5,0E-05	8,0E-02	

Cuadro 4-45 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 1

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Suelo Superficial	Selenio	3,0E-06	5,0E-03	6,0E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	3,2E-03	4,0E-02	7,9E-02		
		Suelo Superficial	Naftaleno	3,9E-07	2,0E-02	1,9E-05		
	Inhalación	Suelo Superficial	Boro	4,2E-12	2,0E-02	2,1E-10	1,3E-04	
		Suelo Superficial	Selenio	1,2E-12	1,3E-02	9,8E-11		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	2,5E-05	2,0E-01	1,3E-04		
		Suelo Superficial	Naftaleno	4,8E-09	3,0E-03	1,6E-06		
		Cociente de Peligrosidad					1,0E+00	

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 4-46 y Cuadro 4-47 se presentan los resultados del Índice de Peligrosidad (IP) por exposición a las CP identificados en las matrices ambientales suelo y sedimento para el escenario humano 2, referente a los cazadores esporádicos adulto y niño (6 a 11 años) respectivamente, de acuerdo con los escenarios de exposición descritos en capítulos anteriores.

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de dos (2) veces a la semana equivalente a 96 días al año; asimismo, siguiendo las pautas de la Guía ERSA, se consideró una duración de exposición de 12 y 24 años para el receptor niño y adulto respectivamente, un peso corporal de 29 kg y 65 kg para el receptor niño y adulto respectivamente, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

Del cálculo del índice de peligrosidad individual se determina que la exposición a los contaminantes de preocupación para el receptor adulto (Ver Cuadro 4-46) y niño (Ver Cuadro 4-47) representan un riesgo aceptable, dado que los valores del cociente no superan la unidad (1).

La vía de exposición por contacto dérmico, inhalación e ingestión para suelos; por contacto dérmico e ingestión de sedimentos; y por contacto dérmico (inmersión) e ingestión de agua superficial para el receptor del escenario humano 2; presentan potenciales rutas completas conforme a lo descrito en el modelo conceptual por exposición de los receptores con el sitio impactado (*in situ*).

La dosis de exposición de agua superficial con Arsénico es de $1,1\text{E}-9$ mg/L y de $3,0\text{E}-4$ mg/l para la vía de exposición por contacto dérmico e ingestión respectivamente para el receptor adulto y de $2,8\text{E}-9$ (contacto dérmico) y $6,7\text{E}-4$ (ingestión) para el receptor niño (Ver Anexo 6.6.5), la dosis por contacto dérmico representan un riesgo aceptable para ambos receptores (adulto y niño); y la dosis por ingestión de agua de consumo ($0,5$ L/hora) representan un riesgo aceptable para el receptor adulto ($\text{CdP} = 9,9\text{E}-1$) y un riesgo preocupante para el receptor niño ($\text{CdP} = 2,2\text{E}+0$)

Las dosis de exposición de agua superficial con plomo (contacto dérmico e ingestión) representan un riesgo aceptable para ambos sitios (norte y sur), tanto receptor adulto y niño.

En el Sitio Norte, los cálculos del IP integral por vía (IP_j) indican que el riesgo es aceptable por exposición para la vía de exposición por contacto dérmico, pues el valor del IP_j es de $5,6\text{E}-2$ (adulto) y $1,4\text{E}-1$ (niño); de riesgo preocupante para la vía de exposición por ingestión, dado que el IP_j es de $1,1\text{E}+0$ (adulto) y $2,4\text{E}+0$ (niño); y de riesgo aceptable para la vía de exposición por inhalación, pues el IP_j es de $3,2\text{E}-5$ (adulto y niño). Es importante mencionar que, el cálculo del IP_j por vía de exposición por inhalación, únicamente incluyó a los CP identificados en suelo, debido a que, los CP en sedimentos involucra únicamente los mecanismos de transporte de una posible fragmentación del sedimento, transportando los CP identificados por el flujo de las aguas superficiales, así como por escorrentía, siendo así que, su evaluación solo aplicaría para las vías de exposición por contacto dérmico en ingesta. El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, presenta un valor de $1,1\text{E}+0$ y $2,6\text{E}+0$ para el receptor adulto y niño respectivamente, siendo un riesgo preocupante, ya que estos índices son superiores al cociente de peligrosidad definido en la unidad ($1,0\text{E}+0$).

Respecto al Sitio Sur, los cálculos del IP integral por vía (IP_j) indican que el riesgo es aceptable por exposición para la vía de exposición por contacto dérmico, pues el valor del IP_j es de $5,6\text{E}-2$ (adulto) y $1,4\text{E}-1$ (niño); de riesgo preocupante para la vía de exposición por ingestión, dado que el IP_j es de $1,1\text{E}+0$ (adulto) y $2,4\text{E}+0$ (niño); y de riesgo aceptable para la vía de exposición por inhalación, pues el IP_j es de $5,3\text{E}-5$ (adulto y niño). Es importante mencionar que, el cálculo del IP_j

por vía de exposición por inhalación, únicamente incluyó a los CP identificados en suelo, debido a que, los CP en sedimentos involucra únicamente los mecanismos de transporte de una posible fragmentación del sedimento, transportando los CP identificados por el flujo de las aguas superficiales, así como por escorrentía, siendo así que, su evaluación solo aplicaría para las vías de exposición por contacto dérmico en ingesta. El Índice de Peligrosidad Total (IP_T), entendiéndose como la suma de los diversos IP_j identificados, presenta un valor de $1,1E+0$ y $2,6E+0$ para el receptor adulto y niño respectivamente, siendo un riesgo preocupante, ya que estos índices son superiores al cociente de peligrosidad definido en la unidad ($1,0E+0$).

Para este escenario no se ha considerado la vía de exposición por ingestión de agua subterránea afectadas, si bien es cierto se determinaron CP para esta matriz ambiental, no existe una ruta de exposición completa entre el receptor humano industrial y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado, siendo la profundidad del nivel freático de 1m - 4m, 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 los receptores del escenario humanos 2 con los matrices suelos, sedimentos y agua superficial, por actividades de caza en el sitio impactado o cerca a este.

En el Anexo 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados y sedimentos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.8 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.9 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-46 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Norte	Dérmica	Suelo Superficial	Boro	3,2E-07	2,0E-01	1,6E-06	5,6E-02	1,1E+00
		Suelo Superficial	Selenio	1,7E-07	5,0E-03	3,4E-05		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,8E-03	4,0E-02	4,5E-02		
		Suelo Superficial	Naftaleno	1,6E-07	2,0E-02	8,0E-06		
		Agua Superficial A	Boro	NC	2,0E-01	NC		
		Agua Superficial A	Selenio	NC	5,0E-03	NC		
		Agua Superficial A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-02	NC		
		Agua Superficial A	Naftaleno	8,8E-10	2,0E-02	4,4E-08		
		Sedimentos	Arsénico	2,8E-06	3,0E-04	9,3E-03		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,6E-06	5,0E-03	3,1E-04		
		Sedimentos	Criseno	5,8E-08	5,0E-02	1,2E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	4,7E-08	3,0E-02	1,6E-06		
		Sedimentos	Bario Total	2,4E-04	2,0E-01	1,2E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	1,1E-09	3,0E-04	3,6E-06		
		Agua Superficial	Plomo	2,5E-09	5,4E-04	4,7E-06		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	4,2E-06	2,0E-01	2,1E-05	1,1E+00	1,1E+00
		Suelo Superficial	Selenio	1,3E-06	5,0E-03	2,5E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,3E-03	4,0E-02	3,3E-02		

Cuadro 4-46 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Suelo Superficial	Naftaleno	1,6E-07	2,0E-02	8,1E-06		
		Agua Superficial A	Boro	0,0E+00	2,0E-01	0,0E+00		
		Agua Superficial A	Selenio	2,6E-07	5,0E-03	5,2E-05		
		Agua Superficial A	Fracción de Hidrocarburos F2	1,2E-06	4,0E-02	2,9E-05		
		Agua Superficial A	Naftaleno	1,0E-09	2,0E-02	5,1E-08		
		Sedimentos	Arsénico	1,0E-05	3,0E-04	3,4E-02		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,6E-06	5,0E-03	3,1E-04		
		Sedimentos	Criseno	5,8E-08	5,0E-02	1,2E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	4,8E-08	3,0E-02	1,6E-06		
		Sedimentos	Bario Total	2,5E-04	2,0E-01	1,2E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	3,0E-04	3,0E-04	9,9E-01		
		Agua Superficial	Plomo	7,0E-5	3,6E-03	1,9E-02		
		Suelo Superficial	Boro	1,0E-12	2,0E-02	5,2E-11		
		Suelo Superficial	Selenio	3,1E-13	1,3E-02	2,5E-11		
	Inhalación	Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	6,3E-06	2,0E-01	3,1E-05	3,2E-05	
		Suelo Superficial	Naftaleno	1,2E-09	3,0E-03	4,0E-07		
		Suelo Superficial	Boro	3,2E-07	2,0E-01	1,6E-06		
		Suelo Superficial	Selenio	1,7E-07	5,0E-03	3,4E-05		
Sur	Dérmica						5,6E-02	1,1E-00

Cuadro 4-46 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,8E-03	4,0E-02	4,5E-02		
		Suelo Superficial	Naftaleno	1,6E-07	2,0E-02	8,0E-06		
		Agua Superficial ^	Boro	NC	2,0E-01	NC		
		Agua Superficial ^	Selenio	NC	5,0E-03	NC		
		Agua Superficial ^	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-02	NC		
		Agua Superficial ^	Naftaleno	6,4E-10	2,0E-02	3,2E-08		
		Sedimentos	Arsénico	2,8E-06	3,0E-04	9,3E-03		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,6E-06	5,0E-03	3,1E-04		
		Sedimentos	Criseno	5,8E-08	5,0E-02	1,2E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	4,7E-08	3,0E-02	1,6E-06		
		Sedimentos	Bario Total	2,4E-04	2,0E-01	1,2E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	1,1E-09	3,0E-04	3,6E-06		
		Agua Superficial	Plomo	2,5E-09	5,4E-04	4,7E-06		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	4,2E-06	2,0E-01	2,1E-05	1,1E+00	
		Suelo Superficial	Selenio	1,3E-06	5,0E-03	2,5E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,3E-03	4,0E-02	3,3E-02		
		Suelo Superficial	Naftaleno	1,6E-07	2,0E-02	8,1E-06		
		Agua Superficial ^	Boro	0,0E+00	2,0E-01	0,0E+00		

Cuadro 4-46 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Adulto

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Agua Superficial ^A	Selenio	1,9E-07	5,0E-03	3,8E-05		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	8,5E-07	4,0E-02	2,1E-05		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	7,3E-10	2,0E-02	3,7E-08		
		Sedimentos	Arsénico	1,0E-05	3,0E-04	3,4E-02		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	1,6E-06	5,0E-03	3,1E-04		
		Sedimentos	Criseno	5,8E-08	5,0E-02	1,2E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	4,8E-08	3,0E-02	1,6E-06		
		Sedimentos	Bario Total	2,5E-04	2,0E-01	1,2E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	3,0E-04	3,0E-04	9,9E-01		
		Agua Superficial	Plomo	7,0E-5	3,6E-03	1,9E-02		
	Inhalación	Suelo Superficial	Boro	1,7E-12	2,0E-02	8,7E-11	5,3E-05	
		Suelo Superficial	Selenio	5,2E-13	1,3E-02	4,1E-11		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,0E-05	2,0E-01	5,2E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	2,0E-09	3,0E-03	6,7E-07		
			Cociente de Peligrosidad			1,0E+00		

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

NC: No calculado

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

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

Cuadro 4-47 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Norte	Dérmica	Suelo Superficial	Boro	8,2E-07	2,0E-01	4,1E-06	1,4E-01	2,6E+00
		Suelo Superficial	Selenio	4,4E-07	5,0E-03	8,8E-05		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,6E-03	4,0E-02	1,2E-01		
		Suelo Superficial	Naftaleno	4,2E-07	2,0E-02	2,1E-05		
		Agua Superficial A	Boro	NC	2,0E-01	NC		
		Agua Superficial A	Selenio	NC	5,0E-03	NC		
		Agua Superficial A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-02	NC		
		Agua Superficial A	Naftaleno	8,8E-10	2,0E-02	4,4E-08		
		Sedimentos	Arsénico	7,2E-06	3,0E-04	2,4E-02		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	4,0E-06	5,0E-03	8,0E-04		
		Sedimentos	Criseno	1,5E-07	5,0E-02	3,0E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	1,2E-07	3,0E-02	4,1E-06		
		Sedimentos	Bario Total	6,3E-04	2,0E-01	3,1E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	2,8E-09	3,0E-04	9,3E-06		
		Agua Superficial	Plomo	6,5E-09	5,4E-04	1,2E-05		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	9,4E-06	2,0E-01	4,7E-05	2,4E+00	
		Suelo Superficial	Selenio	2,8E-06	5,0E-03	5,6E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	3,0E-03	4,0E-02	7,4E-02		

Cuadro 4-47 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Suelo Superficial	Naftaleno	3,6E-07	2,0E-02	1,8E-05		
		Agua Superficial A	Boro	0,0E+00	2,0E-01	0,0E+00		
		Agua Superficial A	Selenio	2,6E-07	5,0E-03	5,2E-05		
		Agua Superficial A	Fracción de Hidrocarburos F2	1,2E-06	4,0E-02	2,9E-05		
		Agua Superficial A	Naftaleno	1,0E-09	2,0E-02	5,1E-08		
		Sedimentos	Arsénico	2,3E-05	3,0E-04	7,6E-02		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	3,5E-06	5,0E-03	7,0E-04		
		Sedimentos	Criseno	1,3E-07	5,0E-02	2,6E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	1,1E-07	3,0E-02	3,6E-06		
		Sedimentos	Bario Total	5,6E-04	2,0E-01	2,8E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	6,7E-04	3,0E-04	2,2E+00		
		Agua Superficial	Plomo	1,6E-04	3,6E-03	4,3E-02		
	Inhalación	Suelo Superficial	Boro	1,0E-12	2,0E-02	5,2E-11	3,2E-05	
		Suelo Superficial	Selenio	3,1E-13	1,3E-02	2,5E-11		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	6,3E-06	2,0E-01	3,1E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	1,2E-09	3,0E-03	4,0E-07		
Sur	Dérmica	Suelo Superficial	Boro	8,2E-07	2,0E-01	4,1E-06	1,4E-01	2,6E+00
		Suelo Superficial	Selenio	4,4E-07	5,0E-03	8,8E-05		

Cuadro 4-47 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	4,6E-03	4,0E-02	1,2E-01		
		Suelo Superficial	Naftaleno	4,2E-07	2,0E-02	2,1E-05		
		Agua Superficial ^A	Boro	NC	2,0E-01	NC		
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5,0E-03	NC		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4,0E-02	NC		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	6,4E-10	2,0E-02	3,2E-08		
		Sedimentos	Arsénico	7,2E-06	3,0E-04	2,4E-02		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	4,0E-06	5,0E-03	8,0E-04		
		Sedimentos	Criseno	1,5E-07	5,0E-02	3,0E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	1,2E-07	3,0E-02	4,1E-06		
		Sedimentos	Bario Total	6,3E-04	2,0E-01	3,1E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	2,8E-09	3,0E-04	9,3E-06		
		Agua Superficial	Plomo	6,5E-09	5,4E-04	1,2E-05		
	Ingestión	Suelo Superficial	Boro	9,4E-06	2,0E-01	4,7E-05	2,4E+00	
		Suelo Superficial	Selenio	2,8E-06	5,0E-03	5,6E-04		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	3,0E-03	4,0E-02	7,4E-02		
		Suelo Superficial	Naftaleno	3,6E-07	2,0E-02	1,8E-05		
		Agua Superficial ^A	Boro	0,0E+00	2,0E-01	0,0E+00		

Cuadro 4-47 Índice de peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario Humano 2 - Niño

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPi)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
		Agua Superficial ^A	Selenio	1,9E-07	5,0E-03	3,8E-05		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	8,5E-07	4,0E-02	2,1E-05		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	7,3E-10	2,0E-02	3,7E-08		
		Sedimentos	Arsénico	2,3E-05	3,0E-04	7,6E-02		
		Sedimentos	Benzo (a) antraceno	3,5E-06	5,0E-03	7,0E-04		
		Sedimentos	Criseno	1,3E-07	5,0E-02	2,6E-06		
		Sedimentos	Fenantreno	1,1E-07	3,0E-02	3,6E-06		
		Sedimentos	Bario Total	5,6E-04	2,0E-01	2,8E-03		
		Agua Superficial	Arsénico	6,7E-04	3,0E-04	2,2E+00		
		Agua Superficial	Plomo	1,6E-04	3,6E-03	4,3E-02		
	Inhalación	Suelo Superficial	Boro	1,7E-12	2,0E-02	8,7E-11	5,3E-05	
		Suelo Superficial	Selenio	5,2E-13	1,3E-02	4,1E-11		
		Suelo Superficial	Fracción de Hidrocarburos F2	1,0E-05	2,0E-01	5,2E-05		
		Suelo Superficial	Naftaleno	2,0E-09	3,0E-03	6,7E-07		
			Cociente de Peligrosidad			1,0E+00		

NC: No calculado

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

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

• Escenario humano 3: Poblador Local - Residente 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 desde el suelo y sedimentos, descargan y/o afloran en algún cuerpo de agua superficial que posteriormente desembocan en el río Corrientes, siendo este último de relevancia para la población de la comunidad Nativa, debido al uso de sus aguas para fines recreacionales (natación).

Entre los parámetros de exposición más importantes se consideró una frecuencia de exposición de la totalidad de los días al año (365 días), una duración de exposición de 24 años, un peso corporal de 65 kg, entre otros que se detallan en el Anexo 6.6.4.

En el Cuadro 4-48 se presentan los resultados del Índice de Peligrosidad (IP) para el escenario humano 3, es decir, los pobladores de la C.N. José Olaya, por exposición vía dérmica (inmersión) y oral (ingestión) 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.

En el área norte, la vía de exposición por contacto dérmico e ingestión de agua superficial para el escenario humano 3 presenta una potencial ruta completa, conforme a lo descrito en el modelo conceptual. Los cálculos del IP integral por vía (IP_i) indican un riesgo aceptable, pues el valor del IP_i para la vía de exposición por contacto dérmico (inmersión) es de 3,4E-12 y de 6,3E-9 para la vía de exposición por ingestión (por inmersiones), ambos valores muy inferiores al cociente de 1. Es importante mencionar que, el análisis de la vía de exposición por contacto dérmico consideró únicamente al Naftaleno, debido a que, para Fracción de Hidrocarburos F2, Selenio y Boro no se calculó la exposición máxima a un tóxico por contacto dérmico, por insuficiente información bibliográfica de exposición.

El Índice de Peligrosidad Total (IPT), entendiéndose como la suma de los diversos IP_i identificados, presenta un valor de 6,3E-9, siendo un riesgo aceptable, ya que este índice es inferior al cociente de peligrosidad.

Respecto al área sur, los cálculos del IP_i indican un riesgo aceptable, pues el valor del IP_i para la vía de exposición por contacto dérmico (inmersión) es de 1,7E-12 y de 3,1E-9 para la vía de exposición por ingestión (por inmersiones), ambos valores muy inferiores al cociente de 1. Es importante mencionar que, al igual que en el área norte; el análisis de la vía de exposición por contacto dérmico consideró únicamente al Naftaleno, debido a que, para Fracción de Hidrocarburos F2, Selenio y Boro no se calculó la exposición máxima a un tóxico por contacto dérmico, por insuficiente información bibliográfica de exposición.

El Índice de Peligrosidad Total (IPT), entendiéndose como la suma de los diversos IP_i identificados, presenta un valor de 3,1E-9, siendo 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 6.6.7 se presentan los cálculos de riesgo no cancerígeno, considerando las distintas vías de exposición

Un resumen de los resultados obtenidos para cálculo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno, considerando como foco a suelos/subsuelos afectados y sedimentos afectados, es presentado en el Anexo 6.6.8 respectivamente. Asimismo, en el Anexo 6.6.9 se presentan los diagramas de rutas de exposición generado por el software RBCA.

Cuadro 4-48 Índice de Peligrosidad para CP no cancerígenas en suelos - Escenario humano 3

Sitio Impactado	Vía	Matriz Ambiental	Contaminante de Preocupación (CP)	Dosis de Exposición (DE)	Dosis de Referencia (DdR)	Cociente de Peligrosidad (CdP)	Índice de Peligrosidad Integral por Vía (IPI)	Índice de Peligrosidad Total (IPT)
Norte	Dérmica	Agua Superficial ^A	Boro	NC	2.0E-01	NC	3.4E-12	6.3E-09
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5.0E-03	NC		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4.0E-02	NC		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	6.8E-14	2.0E-02	3.4E-12		
	Ingestión	Agua Superficial ^A	Boro	0.0E+00	2.0E-01	0.0E+00	6.3E-09	
		Agua Superficial ^A	Selenio	2.0E-11	5.0E-03	4.0E-09		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	9.0E-11	4.0E-02	2.3E-09		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	7.8E-14	2.0E-02	3.9E-12		
Sur	Dérmica	Agua Superficial ^A	Boro	NC	2.0E-01	NC	1.7E-12	3.1E-09
		Agua Superficial ^A	Selenio	NC	5.0E-03	NC		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	NC	4.0E-02	NC		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	3.3E-14	2.0E-02	1.7E-12		
	Ingestión	Agua Superficial ^A	Boro	0.0E+00	2.0E-01	0.0E+00	3.1E-09	
		Agua Superficial ^A	Selenio	9.9E-12	5.0E-03	2.0E-09		
		Agua Superficial ^A	Fracción de Hidrocarburos F2	4.4E-11	4.0E-02	1.1E-09		
		Agua Superficial ^A	Naftaleno	3.8E-14	2.0E-02	1.9E-12		
Cociente de Peligrosidad							1.0E+00	

NC: No calculado

(A) Agua superficial afectada por lixiviación de contaminantes provenientes de la matriz suelos.

Fuente: RBCA Toolkit, V 2.6, 2018

NC: No calculado

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

C. Caracterización del riesgo ecológico

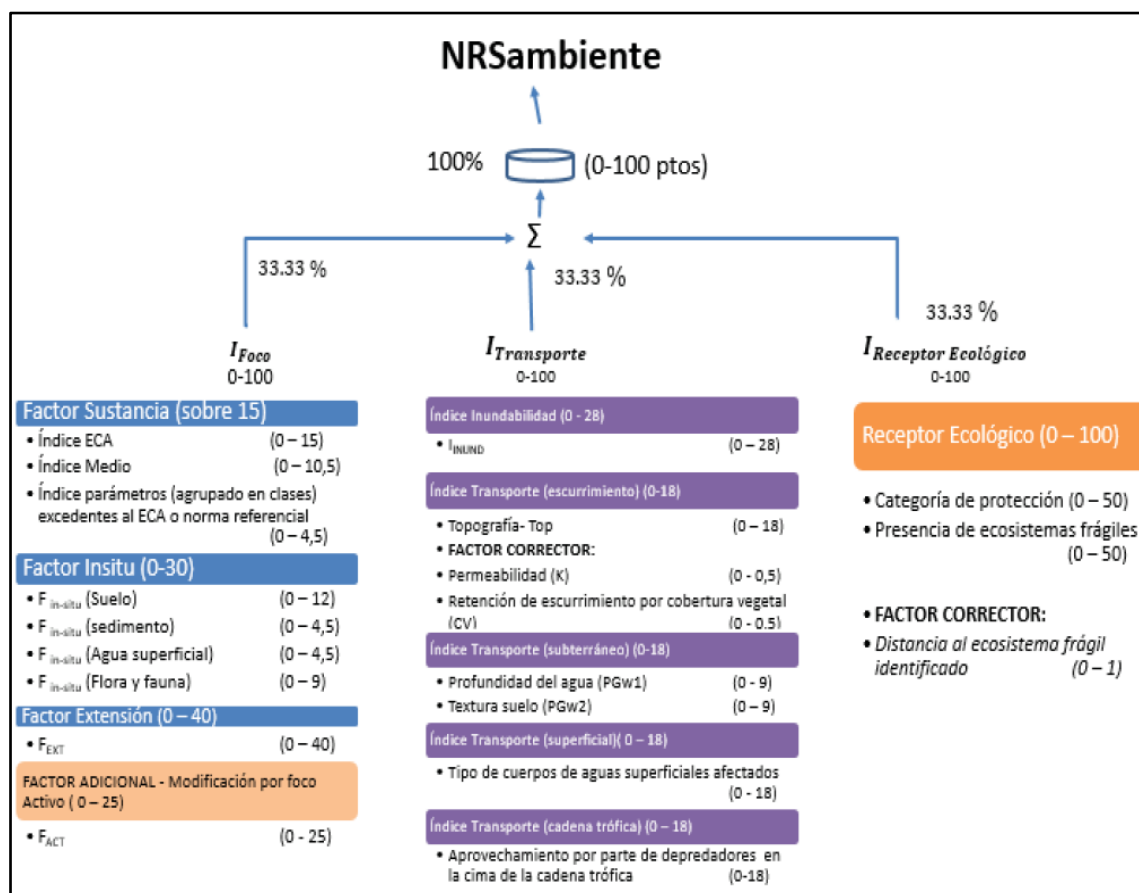
Para poder estimar el riesgo ecológico en este escenario, se tuvo en cuenta los posibles receptores que puedan verse afectados ante los CP por cada una de las matrices ambientales evaluadas por la cual puedan tener una vía de exposición. Para el caso de la comunidad hidrobiológica, partimos de los valores de toxicidad (Ecotox) descritos en el ítem 4.3.2 del presente estudio, donde su comparación permita encontrar excedencias las cuales permitan estimar un riesgo. Teniendo cuenta que no existen datos toxicológicos específicos para las especies evaluadas, será necesario en este aspecto, tomar decisiones basadas en una evaluación cualitativa.

Para el caso del sitio S0111 (Sitio 16), de los CP evaluados en sedimentos, se tuvo que el Arsénico presente en sedimentos representaría una potencial afección a la comunidad hidrobiológica del lugar; asimismo es importante mencionar que los niveles de plomo encontrados en agua superficial, representaron un riesgo alto para el plomo en la comunidad fitoplanctónica. por lo que se contempló un Riesgo Alto hacia estos receptores ecológicos. Para el caso de contenido de Fracción de Hidrocarburos F2 y F3, se procedió a considerar la sumatoria de las concentraciones de dichos compuestos, a fin de comparar con el valor referencia establecido por Pettigrove y Hoffman (2005) de 860 mg/kg. A partir de ello se tiene que las concentraciones reportadas en las estaciones de muestreo evaluadas en este escenario no sobrepasaron dicho valor referencia; no obstante, se han reportado valores de 6 244 mg/kg y 6 478 mg/kg de F2 y F3 respectivamente en la estación S0111-Sed001a, teniendo como sumatoria total de TPH de 12 722 mg/kg; por lo que se considera un Riesgo Medio a estas sustancias sobre estos receptores ecológicos (comunidad bentónica).

Asimismo, para poder tener un panorama sobre este escenario y realizar la caracterización del riesgo ecológico donde se contempla los CP en el sitio S0111 (Sitio 16), 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° 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:

$$NRS_{ambiente} = \frac{(I_{Foco} \cdot 0.33) + (I_{Transporte \text{ asociado a receptor ecológico}} \cdot 0.33) + (I_{Receptor ambiente} \cdot 0.33)}{1}$$

Donde:

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 S0111 (Sitio 16), 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:

$$I_{Foco} = F_{sust} + F_{in-situ} + F_{ext} + F_{ACT}$$

Donde:

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:

$$F_{sust} = I_{ECA} + I_{MEDIO} + I_{PARAM EXCED}$$

Donde:

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.

$$Cociente_{ECA} = MAX \left[\frac{Concentración\ representativa_i}{ECA_i} \times Factor\ corrector_i \right]$$

Donde:

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_i: Nivel de referencia (norma nacional o internacional) contemplado para los componentes considerados (suelo, agua superficial, agua subterránea o sedimento).

El factor corrector sirve para valorar el foco como más (+) o menos (-) problemático en caso el metal no se encuentre biodisponible, y se obtiene de la siguiente manera:

- Si se dispone de ensayos de lixiviación (metodología TCLP), el factor corrector corresponderá al porcentaje (%) de metal que es lixiviable respecto al valor total.
- Si no existe información sobre ensayos de lixiviación (TCLP), pero existe información sobre extracción secuencial por Método Tessier, se aplicará la siguiente corrección:

Cuadro 4-49 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 4-50 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 4-51 Parámetro I_{MEDIO} (N° 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

Cuadro 4-51 Parámetro I_{MEDIO} (N° medios afectados)

Medios afectados	Valor
No se sabe (no existe información analítica de laboratorio de los compuestos sospechados)	1,25
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 4-52 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 4-53 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 4-54 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 4-55 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 4-56 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 4-57 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 4-58 Parámetro $FACT$ (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 $FACT$ 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.

$$I_{TRANSPORTE} = I_{Inund} + I_{Trans(ESC)} + I_{Trans(SUBT)} + I_{Trans(AG SUP)} + I_{Transp(CAD TROFICA RE)}$$

Donde:

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.

$I_{trans (CAD TRÓFICA RE)}$: 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 4-59 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 4-60 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 4-61 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 4-62 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 4-63 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 4-64 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 4-65 Índice transporte (agua superficial)

Tipo de los cuerpos de aguas superficiales afectados	Valor
Río o afluente, quebrada, riachuelo o arroyo (fluye continuo)	18
Quebrada, riachuelo o arroyo (estacional)	
Canal de flotación (instalación humana)	
Cocha comunicante (conectada estacionalmente a otros cursos)	12
Pantanos (incluye aguajales)	
Cocha no comunicante	6
No se han observado cuerpos de aguas superficiales en un radio de 1 000 m	0
Cuerpo de agua no definido en sus características	9

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Para la determinación del Índice de transporte relacionado a la cadena trófica, considera la potencial exposición que podría tener este al incorporar organismos que hayan estado expuestos al sitio impactado y que puedan bioacumular sustancias tóxicas dentro de su cadena trófica.

Cuadro 4-66 Índice transporte (cadena trófica)

Aprovechamiento por parte de depredadores en la cima de la cadena trófica (carnívoros secundarios y terciarios, aves rapaces, etc.)	Valor
Aprovechamiento de recursos en el sitio y su entorno inmediato (pesca, caza, recolección, etc.)	18
Sin aprovechamiento de recursos en el sitio y su entorno inmediato (pesca, caza, recolección, etc.)	0
No se tiene información al respecto	9

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

- **Índice receptor ecológico**

La evaluación del receptor se ha realizado teniendo en cuenta las vías potenciales de exposición al ambiente. Desde el punto de vista ecológico, la evaluación del receptor utiliza como punto de partida la categoría de protección del sitio, la cual se complementa con la identificación in-situ de ecosistemas frágiles, así como la intervención de un factor corrector en el cual interviene la distancia de estos al sitio impactado.

$$I_{RECEPTOR\ ECOLÓGICO} = RE1 + RE2 \times RE3$$

Dónde:

RE1: Categoría de protección

RE2: Presencia de ecosistemas frágiles

RE3: Distancia al ecosistema frágil más cercano identificado

Cuadro 4-67 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 4-68 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 hidrofíticos (inundables cierta etapa del año)	10
Se desconoce si hay ecosistemas frágiles en el entorno	25

Fuente: Dirección de evaluación - OEFA.

Cuadro 4-69 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.º 011-2017-MINAM) y el Soil Quality Guidelines for the Environmental and Human Health, Category Agricultural, en sedimentos: Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce), en agua superficial: Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2, 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 4-69.

Cuadro 4-70 **Calculo del NRS - Ifoco**

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	0.415	7.313	4.728	Suelo	5.201	2	2.6005
Selenio	0.713	2.767	0.631	Suelo	1.546	1	1.5460
Hidrocarburos Totales C10-C28(	4.999	1762.000	-	Suelo	1629	1200	1.3575
Arsénico	0.254	16.1		Sedimento	16.1*	5.90	2.7288
Benzo (a) antraceno	0.00499	1.93		Sedimento	1.93*	0.0317	60.8833
Criseno	0.00499	0.072		Sedimento	0.072*	0.0571	1.2609
Fenantreno	0.00499	0.059		Sedimento	0.059*	0.0419	1.4081
Fósforo	0.039	0.081		Agua Superficial	0.081*	0.05	1.6200
Plomo	0.0003	0.00302		Agua Superficial	0.00302*	0.0025	1.2080
Fósforo	0.036	0.344		Agua Subterránea	0.344*	0.05	6.8800
Aluminio	0.676	5.99		Agua Subterránea	5.99*	0.006	998.3333
Arsénico	0.0024	0.01675		Agua Subterránea	0.01675*	0.005	3.3500
Cobre	0.0027	0.0087		Agua Subterránea	0.0087*	0.007	1.2429
Hierro	0.48	3.1		Agua Subterránea	3.1*	0.30	10.3333
Manganeso	0.15919	1.1351		Agua Subterránea	1.1351*	0.050	22.7020
Plata	0.00006	0.00039		Agua Subterránea	0.00039*	0.0001	3.9000
Zinc	0.018	0.053		Agua Subterránea	0.053*	0.03	1.7667

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

Sedimentos: Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (Estándares Canadá ISGG Agua dulce)

Agua superficial: Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) - Categoría 4 Subcategoría E2

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 4-71 Cálculo del I_{ECA}, I_{medio} e I_{clases}

Índices		Valor	Suma
Índice ECA		15	15
Índice medio	I-suelo	2,75	9,0
	I-ag sup	1,75	
	I-sedim	2	
	I-ag subt	2,5	
Índice clases		3	3

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

Para el Índice medio se tiene que las matrices suelo presentan al menos 3 parámetros que superan el ECA (Valor 2,75), la matriz de sedimentos presenta al menos 1 parámetro que superan el valor referencial (Valor 2), la matriz de agua superficial presenta al menos 1 parámetro que superan el valor referencial (Valor 1,75) y el agua subterránea presenta al menos 1 parámetro que superan el valor referencial (Valor 2,5). Es así que el valor resultante para el factor sustancia es de 27 para el sitio S0111 (Sitio 16).

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 4-72 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 S0111 (Sitio 16). 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 9 y 3,5 puntos, respectivamente. Ver Fotografía 4-6.

Fotografía 4-8 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 S0111 (Sitio 16) que, atendiendo las observaciones realizadas en campo, corresponde a un área de 961 m² (0,0961 ha); por lo que el Factor extensión es de 7,49 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 SHIV 05 y SHIV13D, 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 79,24 para el sitio S0111 (Sitio 16).

• Cálculo del NRS - I transporte

Dado que el sitio S0111 (Sitio 16) se ubica en las unidades fisiográficas: Colinas bajas ligeramente disectadas en rocas terciarias y terrazas bajas eventualmente inundables, 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 4-73 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 0 respecto a la topografía del lugar aplica a *sitios impactados en áreas menos elevadas, sin capacidad de escurrimiento en superficie hacia otras áreas*; ello obedece a los rangos de pendientes presentes en el sitio S0111 (Sitio 16): la superficie presenta zonas con pocas pendientes. Ello significa una capacidad de escurrimiento leve a moderada (dependiendo de las precipitaciones) y no necesariamente porque el sitio se encuentre en una zona poco 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 S0111 (Sitio 16) 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) presenta bosque de colinas bajas. Los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas). En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, con presencia de pequeñas quebradas que inundan parcialmente la zona en época muy húmeda.

Para el cálculo del Índice de transporte subterráneo, se tienen en cuenta los siguientes valores numéricos:

Cuadro 4-74 Cálculo del I_{trans} (SUBT)

PGw1	PGw2	I_{trans} (SUBT)
9	3	12

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

Estos valores obedecen a las características físicas del sitio S0111 (Sitio 16), como profundidad del agua en ambas épocas está entre 0 y 2 metros, 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 S0111 (Sitio 16) de régimen estacional.

Para el Índice de transporte cadena trófica para el receptor ecológico se tiene un valor de 0, dado que se categoriza como del tipo industrial/extractivo que se define 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. En la Fotografía 4-7 se evidencia la presencia de infraestructura asociada a la explotación de hidrocarburo.

Fotografía 4-9 Infraestructura cercana al sitio S0111 (Sitio 16)


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

Teniendo en cuenta la información presentada, y aplicando la fórmula para el cálculo de Índice de transporte se obtiene un valor de 48,0 puntos.

- Cálculo del NRS I - Receptor**

La evaluación del receptor ambiente se ha realizado teniendo en cuenta que el sitio S0111 (Sitio 16) se encuentra fuera de categorías de protección, sin embargo se ha identificado la existencia de la especie "*Tapirus terrestris*" comúnmente llamado Tapir, 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 II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; también se encuentra declarada como "Vulnerable" en IUCN. Por tanto, el valor de la Categoría de Protección (RE1) es de 33,25 para el sitio S0111 (Sitio 16).

Para la evaluación se tiene en cuenta además que el emplazamiento del sitio S0111 (Sitio 16) se encuentra en un bosque de terrazas inundables, 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 4-75 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 $I_{\text{receptor ecológico}} = 31,63$

Finalmente, el Nivel de Riesgo por sustancias para el ambiente es de:

$$\text{NRS ambiente} = 52,42$$

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 4-76) se tiene que el escenario ecológico presenta un nivel de riesgo medio para el sitio S0111 (Sitio 16).

Cuadro 4-76 Rangos del riesgo para escenario ecológico

Rango del nivel de riesgo	Clasificación	Descripción
66,67 - 100	Nivel de riesgo alto	Existe una alta probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse afectadas por los contaminantes de preocupación evaluados.
33,34 – 66,66	Nivel de riesgo medio	Existe una mediana probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse afectadas por los contaminantes
1 – 33,33	Nivel de riesgo bajo	Existe baja probabilidad de que las poblaciones de fauna y flora terrestre y acuática presente en el sitio puedan verse contaminantes evaluados.

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

Este nivel de riesgo 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 S0111 (Sitio 16) 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 en dirección a las quebradas, debido a la baja pendiente del terreno (el cual es baja) y presenta una capacidad de escurrimiento en superficie hacia las áreas aledañas mayormente a las quebradas. 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 S0111 (Sitio 16) 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.

D. 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 S0111 (Sitio 16) 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 S0111 (Sitio 16), los suelos presentan cierta cantidad de CP tales como los hidrocarburos F2, sin embargo, solo fue detectado en una muestra a una profundidad que va desde superficie hasta los 0,9 metros, también se detectó la presencia metales pesados (Boro y

Selenio) acorde a los resultados de laboratorio, donde se tienen algunas concentraciones elevadas.

Así mismo, las aguas subterráneas presentan algunos CP (específicamente metales) los cuales pudieron haber sido aporte del suelo por lixiviación o por otras fuentes ajenas al derrame histórico del sitio, sin embargo, estos representan un riesgo aceptable (tal como se detalló en los ítems previos). Además, teniendo en cuenta la afectación por hidrocarburos en el suelos y subsuelos (resultados de laboratorio), no se observó para el sitio S0111 (Sitio 16), una afectación hacia el agua subterránea ni superficial por hidrocarburos.

• 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 4-77 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

Cuadro 4-77 Criterios para estimar el riesgo en el suelo

Rango del nivel de riesgo	Clasificación del Riesgo	Descripción
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	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
	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 condiciones limitantes para la proliferación bacteriana (oxígeno, M.O., etc.).
	Probable	REDUCIDA BIODEGRADACIÓN. Se considera un medio saturado o en suelos con buena permeabilidad, sin recubrimiento en el sitio y donde la capacidad de biodegradación es despreciable
Contenido de contaminantes en el suelo	No Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia < 30% y relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia < 10
	De Esperarse	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia > 30% y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 10 pero < 20.
	Probable	Porcentaje de muestras que superan el límite de referencia > 60% y/o relación entre UCL 95 o concentración máxima y niveles de referencia > 20

Adaptado del Anexo H de la Guía ERSa (R.M. N.º 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

Respecto a su transporte y/o movilidad por volatilización, se estimó un Riesgo No Probable para la Fracción de Hidrocarburos F2 (C₁₀-C₂₈), debido a su composición química la cual tienden a ser más viscosos y por ende podrían infiltrarse por el subsuelo. Sin embargo, se consideró un Riesgo De Esperarse respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles del sitio, toda vez que estos compuestos se registraron en algunos puntos de muestreo manchas (borra) en estratos hasta alcanzar las profundidades de 0,9 m para hidrocarburos F2.

En cuanto a su biodisponibilidad esta, se encuentra parcialmente disponible por evidenciarse

algunas manchas (borra) de este elemento en algunos puntos de muestreo de suelo en el sitio S0111 (Sitio 16) las cuales se encontraron recubiertos por el suelo superficial, actuando como una especie de capa protectora hacia la superficie y a posibles receptores cercanos o *in situ*.

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 perjuicio de que no se tengan registros en aguas subterráneas de F2 y que la textura arcillosa del suelo actué como una especie de barrera de baja permeabilidad. Por lo tanto, considerando también la metodología de OEFA donde se contempla los criterios para estimar el Índice de Transporte por movilización en aguas subterráneas, se considera un Riesgo De Esperarse de la fracción de hidrocarburos F2 hacia las aguas subterráneas.

En cuanto a su biodegradabilidad, se considera un Riesgo De Esperarse a las fracciones de hidrocarburo F2, debido a que el medio donde se encuentra este compuesto presenta una permeabilidad baja (dado que los suelos son en su mayoría Franco Arcillosos a mayores profundidades)ⁱⁱⁱ 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 nutrientes en el suelo debido a la escasa representatividad del horizonte orgánico en el sitioⁱⁱⁱ y debido a que la cantidad de muestras (1 muestra) donde se detectó este compuesto no son estadísticamente representativas sobre el total de muestras tomadas..

En relación al contenido de contaminantes en la matriz suelos, se contempló un Riesgo No Probable en relación al contenido de contaminantes en la matriz suelos, toda vez que se tiene el 4,55 % (F2) del total de las muestras las cuales están contaminadas por este elemento^{kkk}.

Metales pesados

En lo que respecta a metales pesados, solo se consideraron al Boro, Selenio como CP, toda vez que el UCL95 superaron los estándares canadienses (SQL). Teniendo en cuenta ello, los riesgos asociados a estos elementos 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^{lll}. De la misma manera se considera el mismo nivel de riesgo para el Boro en el suelo, toda vez que no se identificaron cambios perceptibles en dicha matriz ambiental.

La movilidad de los metales pesados en el suelo está influenciada por el pH principalmente, donde la mayor solubilidad se da a bajos niveles de pH; sin embargo, para el Selenio ocurre todo lo contrario, toda vez que su solubilidad aumenta a niveles de pH por arriba de 5. En este sentido, se considera un Riesgo De Esperarse de este metal, dado que el pH en el suelo del sitio S0111 (Sitio 16) oscila entre 4,97 a 5,67. Respecto al Boro, la movilidad es indirectamente proporcional al aumento del pH, donde la retención de este metal se produce por influencia de los óxidos de aluminio y hierro y el aumento de pH entre 6 a 8^{mmm}; por lo tanto, se considera un Riesgo De

ⁱⁱⁱ Resultados obtenidos en la fase de caracterización del Sitio S0111 (Sitio 16) por JCI-HGE, 2018.

^{jjj} PNUD (2018) - Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB.

^{kkk} Resultados obtenidos en la fase de caracterización del Sitio S0111 (Sitio 16) por JCI-HGE, 2018.

^{lll} Nordberg, G. (2001). Metales: propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid, SEAS, 2001.

^{mmm} Malavé Acuña, A. (2005). Los suelos como fuente de boro para las plantas. Revista UDO Agrícola 5 (1): 10-26. 2005.

Esperarse dado que podrían tener una ligera movilidad en el suelo.

En cuanto a su biodisponibilidad, se entiende a la fracción de ese 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 0,713 a 2,767 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 fosfatosⁿⁿⁿ. 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 (Aceptable) para estos metales.

Respecto a la movilidad de Boro, Selenio por dispersión atmosférica, se tiene en cuenta las condiciones topográficas del sitio S0111 (Sitio 16); 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, se consideró un Riesgo De Esperarse respecto al contenido de Selenio y Boro en el suelo, toda vez que se tiene el 68,1 % y 81,81 % del total de las muestras las cuales superan el estándar canadiense (SQL=1 mg/kg) por estos elementos.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)

Respecto a la movilidad de los HAP's en el suelo, se consideró un riesgo representativo en función a cada uno de los compuestos que los conforman. De acuerdo a su composición y propiedades de estos CP, la USEPA ha señalado algunos HAP's los cuales presentan cierta movilidad en función a la cantidad de anillos:

- Naftalina (2 anillos): Movilidad Media
- Acenafteno, Acenaftileno, Antracen, Fluoreno, Fenantreno (3 anillos): Movilidad Media
- El resto de los HPA: Movilidad Baja a Muy Baja

De acuerdo a su composición, se detalla cada uno de estos compuestos según su N° de anillos bencénicos:

Cuadro 4-78 Clasificación de los HAP's por el N° de anillos bencénicos

N.º 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, Dibenzo(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.

ⁿⁿⁿ Matamoros-Veloza, A. (2001). Spatial distribution and geochemistry of selenium in soils of Utica and Villeta municipalities.

Considerando estos criterios, se establecieron la movilidad para el Naftaleno presente en el suelo del sitio S0111 (sitio 16).

Cuadro 4-79 Movilidad del Naftaleno 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.

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; 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.

Respecto a los cambios y/o alteraciones perceptibles se registraron manchas, pero los olores no eran muy pronunciados en ciertas zonas donde era visible la contaminación por hidrocarburos. Esto se evidenció en las labores de muestreo de suelos, donde la contaminación a nivel superficial (no mayor a 1 m) y subsuperficial (mayores a 1 m) no presentaban olores perceptibles (al momento se sacar las muestras con el barreno); además de que las lecturas del *Photo Ionization Detector* (PID) fue superior a 20 ppm (solo para el punto S0111-S012-0.90); por lo cual se consideró un Riesgo No Probable en relación a la movilidad del contaminante por volatilización ante una exposición de un posible receptor cercano al sitio S0111 (Sitio 16).

En cuanto a la biodisponibilidad, el Naftaleno por ser volátil en su mayoría (de acuerdo a su estructura química), se ha considerado un Riesgo No Probable 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^{ooo}, e incluso la fotoxidación a la que están expuestos en la atmosfera para su eliminación^{ppp}.

La biodegradabilidad del Naftaleno por lo general es media; a comparación de aquellos HAP's de más de tres (3) anillos donde es limitada su biodegradación^{qqq}. 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 ende, se consideró un Riesgo No Probable de acuerdo a la biodegradabilidad del Naftaleno.

El contenido de Naftaleno en el suelo es del 16,6 % del total de las muestras las cuales sobrepasan el ECA para suelo; por ende se considera un Riesgo No Probable para este CP.

^{ooo} 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.

^{ppp} 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.

^{qqq} 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.

Cuadro 4-80 Determinación del riesgo para el recurso suelo por CP

Rango del nivel de riesgo	Contaminantes de preocupación para la matriz suelos			
	Boro	Selenio	Fracción C10-C28	Naftaleno
Cambios y/o alteraciones perceptibles (visual) de las condiciones del suelo	No Probable	No Probable	De Esperarse	No Probable
Biodisponibilidad del contaminante	No Probable	No Probable	De Esperarse	No Probable
Transporte/ Movilidad del contaminante por dispersión / volatilización	No Probable	No Probable	No Probable	No Probable
Transporte / Movilidad del contaminante en el suelo hacia las aguas subterráneas	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse	De Esperarse
Biodegradabilidad de los contaminantes (especialmente para compuestos orgánicos)	-	-	De Esperarse	No Probable
Contenido de contaminantes en el suelo	De Esperarse	De Esperarse	No Probable	No Probable

N.A: No Aplica.

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 De Esperarse a esta matriz ambiental. Sin embargo, considerando el análisis del Riesgo Ecológico en el cual se ha determinado que el Nivel de Riesgo es Medio (metodología de OEFA), más los hallazgos de contaminación por esta sustancia, se ha determinado un Riesgo Probable hacia receptores cercanos al sitio S0111 (Sitio 16). Respecto al Naftaleno, se determinó un Riesgo No Probable por este CP hacia posibles receptores cercanos al sitio S0111 (Sitio 16).

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 sedimentos**

Con relación a los sedimentos, se considerará el contenido de contaminantes en sedimentos, el cual se registrará bajo el mismo criterio adoptado en el contenido de contaminantes en el suelo:

Cuadro 4-81 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 25 % de las muestras (2 muestras) 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 para este escenario.

Respecto a los HAP's: el Benzo(a) antraceno, Criseno y Fenantreno tienen el 12,5 % de las muestras que están exceden los Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life (ISQG), dado que solo se registró una sola excedencia de cada uno de estos compuestos en la misma quebrada S/N y considerando que se fueron detectaron tanto aguas arriba como aguas abajo del sitio impactado, se consideró un Riesgo De Esperarse.

Además, para la sumatoria total de TPH máxima registrada fue de 12 722 mg/kg como sumatoria de los valores de 6 244 mg/kg y 6 478 mg/kg de F2 y F3 respectivamente en la estación S0111-Sed001a de sitio S0111 (Sitio 16), sobrepasando el valor máximo establecido por Pettigrove y Hoffman (2005) de 860 mg/kg. Por lo tanto, se considera un Riesgo Probable para este CP, el cual puede presentar una posible afectación a receptores cercanos.

• Riesgos para cuerpos de agua superficial y subterránea

Para el agua subterránea se han encontrado concentraciones de Fosforo, Aluminio, Arsénico, Cobre, Hierro, Manganese, Plata y Zinc que exceden los estándares canadienses (Alberta Tier 1), motivo por lo cual fueron determinados como CP en esta matriz ambiental (el UCL95 también supera el estándar canadiense).

No obstante, hay que tener en cuenta que los metales aluminio, hierro, manganeso y zinc se encuentran presentes en los suelos de manera natural (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 (4,97 a 5,67), la textura del suelo (arcilloso) la cual condiciona la transmisividad del flujo subterráneo (pueda transportar dichos CP) entre otras características hidráulicas, la presencia de estos metales se deba a las condiciones naturales del sitio S0111 (Sitio 16) y no necesariamente impliquen un riesgo como tal, producto de una afectación antrópica, por lo que se deduciría un Riesgo No probable.

Respecto al Fosforo, Arsénico, Cobre y Plata a pesar de haber sido determinado como CP en esta matriz ambiental, según el modelo conceptual presenta una vía incompleta hacia posibles receptores ecológicos en el sitio; y en caso de los receptores industriales de la batería Shiviayacu y la CN José Olaya, se tiene un Riesgo No Probable.

Para las aguas superficiales se determinó como CP al Fosforo ($\text{Valor}_{\text{Max}} = 0,081 \text{ mg/l}$) y Plomo ($\text{Valor}_{\text{Max}} = 0,00302 \text{ mg/l}$) los cuales llegó al ECA para agua superficial. El Fosforo se presentó en ambas épocas en el punto de muestreo S0111-As001, pero con una concentración menor en la época seca que la época húmeda, y presentando ese mismo comportamiento en el punto de muestro S0111-As002, podemos asumir que la presencia en el cuerpo de agua no es necesariamente esté relacionado a la afectación del sitio S0111 (Sitio 16), sino por las condiciones naturales del sitio y posibles aportes del suelo por presentar concentraciones de fosforo. El Plomo se presenta de manera puntual el cual solo se registró en la temporada húmeda mas no en la temporada seca, concluyendo que su presencia en el cuerpo de agua no es perenne y no necesariamente esté relacionado a la afectación del sitio S0111 (Sitio 16), asimismo teniendo en cuenta el análisis de toxicidad con valores referenciales de acuerdo a especies análogas al sitio, se determinó que la concentración de este CP no superó los valores del Ecotox. Ante lo expuesto, se concluye que el Plomo presenta un Riesgo No Probable en esta matriz ambiental.

- **Riesgos para la atmosfera**

Este ítem no aplica en el presente ERSA.

E. Resumen del análisis de riesgos

- **Riesgo cancerígeno para el escenario humano**

Se determinó si la exposición a la que se encontraron los receptores identificados para los CP (categorizados como sustancias cancerígenas), se encuentra dentro del rango de riesgo aceptable para los escenarios planteados y por rutas de exposición.

Ningún CP fue categorizado como sustancia cancerígena en suelos, mientras que en sedimentos el CP categorizado como sustancia cancerígena fue Arsénico, Benzo(a)antraceno y Criseno. Es importante mencionar que, la matriz ambiental sedimentos únicamente incluye los mecanismos de transporte asociados a una posible fragmentación del sedimento, transportando los CP identificados por el flujo de las aguas superficiales, así como por escorrentía, siendo así que, su evaluación solo aplicaría para las vías de exposición por contacto dérmico en ingesta (del sedimento como tal y la matriz agua superficial), excluyendo a la inhalación de partículas/polvos.

Para el escenario humano 1 (poblador local – trabajadores industriales) no se calcularon los Índice de Riesgo (IR), tanto integral por vía como acumulativo, debido a que, no se identificaron CP suelos categorizados como sustancias cancerígenas. Por lo que, al identificarse a Arsénico, Benzo(a)antraceno y Criseno como CP cancerígeno la evaluación del riesgo no se llevó a cabo, ya que corresponde a la matriz ambiental sedimentos y no existe una ruta de exposición completa.

El escenario humano 2 (poblador local - cazadores esporádicos) indican que el riesgo es aceptable para efectos carcinógenos para la vía de exposición por contacto dérmico, pues para las áreas norte y sur, los valores de los IR_j son inferiores al RVEC ($1,0\text{E}-5$); sin embargo, el IR_j para la vía de exposición por ingestión representa un riesgo inaceptable, pues el valor del IR_j para el receptor adulto es de $1,5\text{E}-4$ y para el receptor niño es de $1,7\text{E}-4$. Al igual como se describe en el párrafo anterior, no se calcularon los IR_j para ruta de exposición por inhalación de partículas, debido a que

los CP identificados en sedimentos fueron incluidos únicamente en la determinación del riesgo por contacto dérmico en ingesta (del sedimento como tal y la matriz agua superficial)

Para el escenario humano 3 (poblador local – C.N. José Olaya) no se determinaron índices de riesgo (IR), tanto individual, integral por vía como acumulativo, debido a que, las rutas de exposición completas para este escenario humano 3 son mediante la exposición indirecta (lixiviación) de los CP de matriz ambiental suelos, la cual no presentó CP categorizados como sustancias cancerígenas.

En línea generales para los tres (3) escenarios de caracterización del riesgo cancerígeno, no se determinó el riesgo para el escenario humano 1 (trabajadores industriales) y escenario humano 3 (residentes de la CN José Olaya); por otro lado el riesgo es inaceptable para el escenario humano 2 (cazadores esporádicos) tanto para el receptor niño y adulto; pues se determinó que el riesgo para los trabajadores industriales cercanos al sitio S0111 (Sitio 16), presentan un índice de riesgo total (IR_T) de $1,5E-4$ en ambas áreas (norte y sur) para el receptor adulto y de $1,7E-4$ (norte y sur) para el receptor niño, siendo valores superiores al RECV fijado en $1,0E-5$. Cabe resaltar que estos índices acumulativos incluyen el riesgo para todas las vías de exposición completas de los receptores humanos (dérmica e ingestión, según corresponda).

- **Riesgo no cancerígeno para el escenario humano**

Se determinó si la exposición a la que se encontraron los escenarios identificados para los CP (caracterizados como no cancerígenos), rebasa el umbral o valores límite a los que se espera que no se tengan efectos adversos (coeficiente de peligrosidad = 1).

En suelos los CP categorizados como no cancerígenos fueron Boro, TPH C10-C28, Selenio y Naftaleno. Es importante mencionar que, el Arsénico se ha incluido en esta evaluación debido a que, a pesar de que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el arsénico es carcinogénico en seres humanos, con base a estudios que han descrito cáncer del pulmón, piel y vejiga urinaria en personas expuestos a arsénico (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2016), presenta efectos tóxicos por contacto dérmico e ingesta. Similarmente, los CP Benzo(a)antraceno y Criseno, han sido clasificados como sustancias posiblemente cancerígenas para humanos por la IARC y la *Integrated Risk Information System* de la EPA; además, estas sustancias son tóxicas a una dosis de $0,005 \text{ mg/kg/día}$ mediante vía de exposición oral, de acuerdo al estudio *Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater* (RIVM, 2001). Estas tres (3) sustancias fueron evaluadas para el escenario humano 2 y 3.

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 para la vía de exposición por contacto dérmico, ingestión e inhalación, en el área norte y área sur presentan valores inferiores al cociente de 1, por lo tanto, el riesgo es aceptable. Es importante mencionar que arsénico únicamente fue evaluado para las vías de exposición por contacto dérmico en ingesta, debido a que se encontró en la matriz ambiental sedimentos.

El receptor del escenario humano 2 (poblador local - cazadores esporádicos adulto y niño) indican que el riesgo es aceptable por exposición para la vía de exposición por contacto dérmico, pues el valor del IP_j es de $5,6E-2$ (adulto) y $1,4E-1$ (niño); de riesgo preocupante para la vía de exposición por ingestión, dado que el IP_j es de $1,1E+0$ (adulto) y $2,4E+0$ (niño); y de riesgo aceptable para la vía de exposición por inhalación, pues el IP_j es de $3,2E-5$ (adulto y niño) Respecto al área sur se presenta que el riesgo es aceptable por exposición para la vía de exposición por contacto dérmico, pues el valor del IP_j es de $5,6E-2$ (adulto) y $1,4E-1$ (niño); de riesgo preocupante para la vía de exposición por ingestión, dado que el IP_j es de $1,1E+0$ (adulto) y $2,4E+0$ (niño); y de riesgo

aceptable para la vía de exposición por inhalación, pues el IP_j es de $5,3E-5$ (adulto y niño). Es importante mencionar que el Arsénico, Bario, Benzo(a)antraceno, Criseno y Fenantreno fueron evaluados para las vías de exposición por contacto dérmico e ingesta de sedimentos.

La vía de exposición de ingestión (inmersión) y contacto dérmico (inmersión) de aguas superficiales, ha sido evaluado únicamente para el escenario humano 3 (pobladores de la C.N. José Olaya), pues se expone al agua superficial del río Corrientes para fines recreativos (nadar, lavar, bañarse), existiendo una probable ruta de exposición completa entre los contaminantes del foco de contaminación y los receptores, planteando que los CP del suelo lixivian hacia las aguas subterráneas para luego descargar y/o aflorar en algún cuerpo de agua superficial y sedimentos que se fragmentan conduciendo los CP a aguas superficiales por el transporte de las mismas o en su defecto por escorrentía, en ambas rutas desembocando posteriormente en el Río Corrientes. Es importante mencionar que; para el escenario humano 1 y 2, no existe una ruta de exposición completa entre estos y el agua subterránea, pues la fuente de abastecimiento de agua potable no proviene del acuífero que subyace en el sitio impactado y la profundidad del nivel freático es de 1m a 4m, por tales motivos no hay posibilidad de contacto entre los receptores anteriormente mencionados y los contaminantes presentes en el sitio. De esta evaluación se determinó que las dosis de exposición de los CP identificados para suelos por las vías de contacto dérmico e ingestión no representan un riesgo de efectos tóxicos, ya que el índice de peligro total (IP_T) es inferior al cociente de peligrosidad.

En línea generales para los tres (3) escenarios de caracterización del riesgo no cancerígeno, el riesgo es aceptable para el escenario humano 1 (poblador local – trabajadores industriales); pues el índice de peligrosidad total (IP_T) para los trabajadores industriales es de $1,9E-1$ para las áreas norte y sur; de riesgo preocupante para el escenario humano 2 (poblador local - cazadores esporádicos), dado que el IP_T es de $1,1E+0$ en ambas áreas (norte y sur) para el receptor adulto y de $2,6E+00$ (área norte y sur) para el receptor niño; y de riesgo aceptable para el escenario humano 3 (poblador local – residente de la CN José Olaya) pues el IP_T es de $6,3E-9$ y $3,1E-9$ en las áreas norte y sur respectivamente, siendo 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 (dérmica e ingestión).

- **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 4-82 Resumen de riesgo para el escenario humano, ecológico y abiótico

ESCENARIO		CATEGORÍAS 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			
			X				
Receptores ecológicos							
3. ABIÓTICO		Riesgo Abiótico			-		
		No Probable	De esperarse	Probable			
		X	X				
Suelo							
Sedimentos							
Agua Superficial y Subterránea		X					

Elaboración: JCI-HGE, 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 Sitio S0111 (Sitio 16) 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 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, 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 4-82 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 4-81, ello a fin de establecer rangos de incertidumbres de manera cuantitativa.

Cuadro 4-83 Rangos de incertidumbres

Rango (%)	Valoración
0 - 33	Baja
34 - 66	Moderada
67 - 100	Alta

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

A. Incertidumbres asociadas al modelo conceptual

• Determinación de los CP

La selección de los CP se realizó usando la metodología descrita en el ítem 4.2.1, la misma que establece una comparación analítica entre las concentraciones reportadas para las distintas matrices ambientales y normativas de referencia legal nacional (ECA's), en el caso de no contar con un criterio de referencia nacional se optó por una comparación analítica con criterios establecidos en normativas internacionales. Por ejemplo, para el caso del suelo se observó que la normativa de referencia internacional utilizada para la comparación analítica (Canadian SQG), es mucho más restrictiva que los ECA suelos de Perú y contempla otros contaminantes no regulados por la norma peruana; por lo tanto, puede existir una sobreestimación de las concentraciones que superaron dichos criterios, ya que las normativas se han desarrollado en función de las características de las matrices de cada país de origen. A esto debe sumarse que, varios CP fueron excluidos durante la categorización del riesgo al no encontrar criterios de referencia tanto en ECA como en los niveles de referencia internacionales.

Para la determinación de los CP para la matriz sedimentos, para el escenario humano, se utilizaron dos (2) normativas internacionales: la *Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* – ISQG y la *Dutch Target and Intervention Values*, esta última para 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 en las matrices ambientales evaluadas. Para el caso de suelos, se ha tenido en cuenta los ECA para suelos, y para aquellos parámetros no contemplados por la normativa nacional ambiental vigente se ha contemplado los estándares internacionales (canadienses) a fin de determinar que CP han reportado valores significativos; tanto para hidrocarburos como metales pesados (selenio y boro).

No obstante, puede que haya una sobrestimación del riesgo al momento de considerar como valores de referencia para estos metales los estándares canadienses; toda vez que estas concentraciones reflejan condiciones distintas a las evaluadas en el sitio S0111 (Sitio 16) dado que las variables que intervienen en su distribución y origen son distintas al sitio de estudio.

Respecto a las aguas subterráneas, se registraron concentraciones de Fosforo, Aluminio, Arsénico, Cobre, Hierro, Manganeseo, Plata y Zinc los cuales sobrepasaron el estándar canadiense; podría atribuirse a la predominancia de estos elementos en los suelos arcillosos como el caso del sitio S0111 (Sitio 16) los cuales presentaron elevadas concentraciones. Sin embargo, considerando el bajo pH del suelo y las fuertes lluvias, puede atribuirse un posible lavado de estos elementos los cuales puedan estar lixiviando al subsuelo y por consiguiente a la napa freática, debido a las condiciones naturales del sitio.

Para el caso del sitio S0111 (Sitio 16), se tiene que el 81,25 % 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, sedimentos y agua superficial afectados, excluyéndose aguas subterráneas y 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 tanto aguas superficiales como aguas subterráneas aún no entran en contacto con las fuentes secundarias, o simplemente no tienen relación entre sí, sin embargo, la información analítica de estas matrices es insuficiente, pudiendo generar una subestimación del riesgo respecto a las matrices excluidas.

Es importante mencionar que, no se cuenta con información histórica de algún evento no deseado, producido al interior del sitio.

Para el caso del S0111 (Sitio 16), el 50 % de las matrices evaluadas (sedimentos y agua subterránea) 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 una posible exposición de receptores humanos al sitio, pudiendo sobreestimar el riesgo para el receptor con mayor frecuencia de exposición y en función a la distancia hasta el foco de contaminación (receptor en el sitio y fuera del sitio). Para el receptor industrial, la distancia hasta el foco de contaminación es de 80 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.

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 9,8 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.

El receptor cazador esporádico presenta un nivel de incertidumbre bajo, pues se consideró una exposición crítica equivalente a 2 veces/semana (96 días/año) y una exposición directa con los CP de las distintas matrices ambientales evaluadas, dado que es un receptor en el sitio (*in situ*).

Para el caso del receptor humano de la población de la CN José Olaya, los cuales se ubican a una distancia de 9,8 km se tiene un nivel de incertidumbre moderado. Un nivel de incertidumbre moderado se considera para un rango de distancia de 13 a 25 km, menos a 13 tiene un nivel bajo, mientras que una distancia mayor a 25 le corresponde un nivel de incertidumbre alto.

Se asumió un posible ingreso de trabajadores industriales cercanos al sitio impactado, pudiendo sobreestimar el riesgo para dicho receptor.

Es importante mencionar que los datos ecotoxicológicos usados para la determinación de toxicidad en organismos acuáticos (bentos, fitoplancton, zooplancton y peces), fueron llevados a cabo muchos de ellos en condiciones de laboratorio, y con especies análogas, por lo que el nivel de incertidumbre con respecto a estos datos son alto. Es necesario realizar ensayos toxicológicos en especies presentes en la zona, para reducir esta incertidumbre.

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; asimismo no se contó con información hidrobiológica (peces) 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 implica el Fósforo y Plomo presentes en aguas superficiales a las que podrían estar expuestos estos receptores a fin de no sobreestimar el riesgo, por ende, el nivel de incertidumbre es alta.

- **Uso del suelo**

Se supuso que para un futuro el suelo tendrá el mismo uso actual. Ello dado por el sitio cruza el sistema de tuberías que interconecta las Baterías Carmen y Shiviayacu, de lo cual se infiere que su uso se mantendrá, por ende, un nivel de 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 APA, la incertidumbre sería alta.

- **Usos del cuerpo de agua superficial**

Se asumió que existe una descarga de aguas subterráneas a las aguas superficiales (río Corrientes) que son aprovechadas para usos con fines recreativos por la C.N. José Olaya. Esta relación entre las matrices ambientales mencionadas es desconocida, por lo tanto, puede existir una sobreestimación del riesgo.

De acuerdo a la distancia entre el sitio y la 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 moderado.

B. Incertidumbres asociadas a la caracterización del sitio

• Muestreo

Para las matrices aguas subterráneas y aguas superficiales se recolectaron únicamente dos tipos de muestras (aguas arriba y aguas abajo), siendo esta información insuficiente para caracterizar el sitio y por ende puede existir una subestimación de las características propias de las mismas.

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.

Las concentraciones de las muestras duplicadas de suelos no se incluyeron durante la evaluación de los CP; sin embargo, estas sirvieron de referencia a fin de confirmar ciertas concentraciones de las muestras tomadas que puedan interpretarse como anómalas o que puedan generar incertidumbres en la interpretación de los resultados. Para el caso de las muestras de nivel de fondo, estas representan concentraciones en condiciones normales del sitio la cual refleja su distribución normal de estos contaminantes en el suelo.

El nivel de incertidumbre para el esfuerzo de muestreo, es bajo, dado que para un área de 0,4 ha, según la Guía de Muestreo de Suelos (MINAM, 2014) el mínimo de sondeos debería ser seis (6); sin embargo el muestreo que se desarrolló para la caracterización del Sitio S0111 (Sitio 16) 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 trece (13); además, se realizaron dos (2) sondeos complementarios, asegurando la calidad de la caracterización, dado que se superó el requerimiento mínimo de muestras.

• Atenuación natural

Se asume una biodegradación de los CP en las distintas matrices, pudiendo existir una sobrestimación en las concentraciones a futuro. Esto aplicaría para algunos CP de tipo orgánicos presentes en el suelo, los cuales podrían biodegradarse por acción bacteriana, o también por procesos de fitovolatilización de estos compuestos por acción de la flora presente del sitio S0111 (Sitio 16); o también por los procesos de meteorización física (erosión) entre otros. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se cuenta a detalle de determinadas especies propias del clima tropical las cuales puedan presentar dicho potencial de biodegradar estos componentes; tan solo se cuenta con investigaciones puntuales sobre el potencial que presentan algunas especies vegetales, las cuales han tenido resultados en distintas condiciones a las que se encuentran estas especies edénicas.

Para el caso del sitio S0111 (Sitio 16), del total de CP evaluados, se tiene que el 25% 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. Se desconoce si existe una sobrestimación o subestimación del riesgo los escenarios planteados en esta ERSA.

Para la evaluación de riesgos en el escenario humano se utilizó tanto información de la guía ERSA como la información de la literatura prestablecida 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.

Para el caso del sitio S0111 (Sitio 16), todos los CP para el análisis de riesgo cancerígeno, están categorizados en el Grupo 2A y 2B, probablemente y posiblemente carcinógenos en humanos, respectivamente; de acuerdo a *International Agency for Research on Cancer* (IARC). Por ello, el nivel de incertidumbre es de nivel Moderado. Se precisa que de estar dentro del Grupo 1, la incertidumbre sería baja.

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.

En el caso de las especies de 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 S0111 (Sitio 16) y su disponibilidad sobre estos receptores ecológicos. Si bien es cierto que se emplearon valores referenciales de NOAEL de algunas especies análogas, no siempre puedan ser representativas con la fauna local.

- **Biodisponibilidad**

No se contó con información de biodisponibilidad para todos los CP identificados, pudiendo generarse una subestimación o sobrestimación del riesgo.

Dado que no se contó con dicha data, la incertidumbre para todos los casos es Alta.

- **Efectos por mezclas químicas**

Se asumieron efectos aditivos de los CP para las matrices evaluadas excepto para peces, toda vez que estos compuestos presentan diferentes mecanismos de daño en una misma vía (ingestión de peces). Por otro lado, no se consideraron los efectos sinérgicos o antagonistas, pudiendo generarse una sobrestimación o subestimación del riesgo.

Al emplearse sólo un efecto (efecto aditivo) mas no sinérgico ni antagonista, se considera una incertidumbre alta.

- **Sustituciones en TPH's**

Para la evaluación de riesgo humano se utilizó el software RBCA que no cuenta en su base datos las cadenas de TPH C10-C28 identificadas como CP del presente ERSA, por lo que se optó usar cadenas representativas como TPHC12-C28, pudiendo generarse una sobrestimación o subestimación del riesgo.

De tres (3) cadenas de TPH's, en el sitio S0111 (Sitio 16), sólo se sustituyó (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 S0111 (Sitio 16), 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.

En este caso, la incertidumbre es moderada. En casos en los que no se cuentan CP en la matriz sedimentos, la incertidumbre sería baja.

pesar que los resultados de las pruebas TCLP indican que los contaminantes presenten en el suelo no lixivian, se ha considerado la ruta de exposición completa entre los CP del suelo mediante el mecanismo de transporte por lixiviación desde el suelo y su descarga en cuerpos de agua superficial (Modelo ASTM) donde los pobladores locales desarrollan actividades como la caza y pesca, siendo probable la sobreestimación del riesgo humano.

El agua superficial es el principal medio de transporte de contaminantes de los sitios impactados hasta los pobladores locales de la C.N. José Olaya, por eso con la finalidad de no subestimar el riesgo se ha planteado como fuente secundaria el agua superficial afectada por los CP del suelo que lixivian y descargan a una distancia de 50 m, donde se expone el receptor humano más sensible, el cazador niño.

En este caso, la incertidumbre es moderada, dado que se determinaron CP en la matriz agua superficial y sedimentos; en el caso solo se determinen CP en la matriz suelos la incertidumbre es baja y en el caso no se determine CP en la matriz suelos la incertidumbre es alta.

- **Análisis de riesgo**

El análisis de riesgo se realizó según el TIER II, basado en parámetros específicos del Sitio S0111 (Sitio 16) para suelo y agua subterránea, 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 S0111 (Sitio 16) 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 4-84 se presentan las valorizaciones para cada aspecto considerado en el análisis de incertidumbres, el mismo que ha sido determinado mediante una evaluación técnica.

Cuadro 4-84 Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres

Factor	Aspectos	Descripción	Valoración
Modelo conceptual	Determinación de los CP	Uso de normativa de referencia internacional para la comparación analítica sin referencia en los ECA nacionales.	Alto
	Fuentes secundarias	Se considera a suelos y sedimentos como foco, excluyéndose a aguas superficiales y aguas subterráneas	Moderado
	Receptores humanos (Trabajadores industriales)	Considera la cercanía de los trabajadores de la Bateria Dorissa al sitio contaminado	Moderado
	Receptores humanos (Cazadores esporádicos)	Considera la cercanía y exposición directa (in situ) del receptor cazador esporádico	Bajo
	Receptores humanos (Pobladores de la CN)	Considera la cercanía de la población de la comunidad nativa José Olaya al sitio contaminado	Moderado
	Receptor ecológico (flora y fauna)	Está en función a la disponibilidad de información de la evaluación hidrobiológica	Alta
Caracterización del sitio	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 Corriente) 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
	GAP's de información	Falta de datos requeridos por el software RBCA Toolkit.	Bajo
Efecto de los contaminantes	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

Cuadro 4-84 Valoración de los aspectos considerados dentro del análisis de incertidumbres

Factor	Aspectos	Descripción	Valoración
Análisis de la exposición	Efectos por mezclas químicas	Se asumen efectos aditivos de los CP, más no, efectos sinérgicos o antagonistas.	Alto
	Sustituciones en TPH's	Se emplearon cadenas de TPH C12-C28 empleadas en el software RBCA.	Bajo
	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 (análisis TIER II)	Moderado

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

4.12 Determinación de los niveles de remediación específicos (para humanos y receptores ecológicos)

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 el volumen de suelo impactado.

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 S0111 (Sitio 16))

Se estableció como procedimiento de trabajo para determinar la pertinencia de adoptar los niveles de remediación objetivo la distancia a que se pudiera encontrar el sitio impactado de un buffer de 30 metros a partir de la poligonal del área que encierra las facilidades operativas. Este ejercicio de análisis espacial para el sitio impactado S0111 (Sitio 16) se muestra en el Anexo 6.4.3.2 (Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0111 (Sitio 16)).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0111 (Sitio 16).
- Poligonal que encierra facilidades operativas, más un buffer externo de protección de 30 metros.

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente la poligonal del sitio impactado se encuentra dentro de la poligonal operacional más el buffer de 30 metros, los niveles de remediación objetivo serán los industriales, de lo contrario se asumirán los agrícolas.

Aplicando el criterio para el sitio S0111 (Sitio 16), se establecieron los niveles de remediación objetivo:

- El polígono norte del sitio impactado se encuentra en un 50 % dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación Objetivo al ECA del suelo agrícola.
- El polígono sur del sitio impactado se encuentra en un 100 % dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación Objetivo al ECA del suelo industrial.

Sin embargo, considerando el marcado contexto social del proyecto de remediación, y con el objeto de restablecer las funciones ecológicas para los ecosistemas afectados para el sitio impactado S0111 (Sitio 16) y, aunque la las poligonales del sitio impactado se encuentra muy cercanas a facilidades petroleras operativas, se ha considerado relevante mantener un criterio de **Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo agrícola**, es decir el más exigente.

A. Niveles de remediación para el escenario humano

A.1 Sustancias no cancerígenas

Los CP categorizados como no cancerígenas fueron Boro, Bario, Selenio, TPH C10-28, Naftaleno y Fenantreno; adicionalmente se evaluaron las sustancias cancerígenas Arsénico, Benzo (a)antraceno y Criseno, 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 menor o igual a uno (IP).

Del análisis de riesgo en la salud humana de las personas (Ver Ítem 4.10) se tiene que las condiciones actuales del sitio representan un riesgo aceptable para la salud humana para efectos no cancerígenos, para el escenario humano 1 (poblador local – trabajadores industriales) y para el escenario humano 3 (residente de la CN José Olaya), caso contrario representa un riesgo preocupante para el escenario humano 2 (pobladores locales – cazadores esporádicos) para los receptores humanos adulto y niño, específicamente para el CP de la matriz de agua superficial “Arsénico” y para la vía de exposición por ingestión.

Por lo expuesto, no se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para los CP de la matriz suelos y sedimentos, pues el escenario actual representa un riesgo aceptable para la salud del escenario humano 1 (poblador local - trabajadores industriales), escenario humano 2 (poblador local - cazadores esporádicos) y el escenario humano 3 (residentes de la C.N. José Olaya).

Sin embargo, conforme al análisis de riesgo para sustancias no cancerígenas es necesario controlar la exposición de Arsénico por consumo directo de agua en las quebradas que cruzan o colindan con el Sitio S0111 (Sitio 16), por tal motivo el esfuerzo de remediación se realizará en la fuente secundaria afectada (sedimentos) que es probablemente una fuente histórica de acumulación y/o sedimentación de arsénico, de distintas fuentes, para la matriz ambiental agua superficial.

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico (subterráneo) dado que los Hidrocarburos no superaron los límites de referencia y no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera. Por lo tanto, se requieren estudios adicionales en este aspecto.

A.2 Sustancias cancerígenas

No se determinaron CP categorizados como cancerígenas en suelos, sin embargo, en sedimentos, los CP categorizados como cancerígenas fueron Arsénico, Benzo(a)antraceno y Criseno.

El riesgo para la salud humana generado para sustancias cancerígenas en el sitio S0111 (Sitio 16) se considera aceptable cuando el índice del riesgo total (IR_T) es un (1) caso de cáncer por cada cien mil habitantes ($IR_T \leq 1E-5$).

Del análisis de riesgo en la salud humana de las personas (Ver ítem 4.10) se tiene que las condiciones actuales del sitio representan un riesgo aceptable para el escenario humano 1 (poblador local – trabajadores industriales) y para el escenario humano 3 (residente de la CN José Olaya), caso contrario representa un riesgo inaceptable para el escenario humano 2 (pobladores locales – cazadores esporádicos) para los receptores humanos adulto y niño, específicamente para el CP de la matriz de agua superficial “Arsénico” y para la vía de exposición por ingestión.

Por lo expuesto, no se ha determinado Niveles de Remediación (NRE) para los CP de la matriz suelos y sedimentos, pues el escenario actual representa un riesgo aceptable para la salud del

escenario humano 1 (poblador local - trabajadores industriales), escenario humano 2 (poblador local - cazadores esporádicos) y el escenario humano 3 (residentes de la C.N. José Olaya).

Sin embargo, conforme al análisis de riesgo para sustancias cancerígenas es necesario controlar la exposición de Arsénico por consumo directo de agua en las quebradas que cruzan o colindan con el Sitio S0111 (Sitio 16), por tal motivo el esfuerzo de remediación se realizará en la fuente secundaria afectada (sedimentos) que es probablemente una fuente histórica de acumulación y/o sedimentación de arsénico, de distintas fuentes, para la matriz ambiental agua superficial.

No se definen metas de remediación para el recurso hídrico (subterráneo) dado que los Hidrocarburos no superaron los límites de referencia y no existe evidencia suficiente para determinar que la concentración de los metales es consecuencia de la actividad petrolera. Por lo tanto, se requieren estudios adicionales en este aspecto.

B. Nivel de remediación para el escenario ecológico

En lo que respecta al escenario ecológico, no se cuenta con información disponible sobre las concentraciones de estos CP en cada una de las especies recurrentes del sitio y/o representativas de este ecosistema, así como una metodología que permita estimar Niveles de Remediación (NR) sobre este escenario. Sin embargo, se considerará las matrices ambientales evaluadas, el riesgo determinado en el escenario abiótico y NR que correspondan.

C. Nivel de remediación para proteger recursos naturales abióticos

Siguiendo lo expuesto en la Guía para la elaboración del ERSa, las propuestas de remediación deben de considerar medidas idóneas para proteger suelos o sedimentos no contaminados de una alteración negativa en el futuro; ya sea por dispersión de estos contaminantes por transporte 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. No aplica determinar NR para Naftaleno, toda vez que se tiene un Riesgo No Probable para este CP en esta matriz ambiental.

Cuadro 4-85 Niveles de remediación para suelo - sitio S0111 (Sitio 16)

Sitio	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
Norte	Fracción de Hidrocarburos F2	5,00	1 762,00	-	1 629,00	1 200	Para estos CP se tendrán como NR el ECA para suelo agrícola.
Sur	Fracción de Hidrocarburos F2					1 200	

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 Industrial.

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

Para el caso de sedimentos, para estimar los niveles de remediación se recomienda llegar a los niveles de ECA suelo para uso agrícola referencial de 1 200 mg/kg para ambos polígonos.

Por otra parte, se asume un NR para el caso de las concentraciones de benzo (a) antraceno, criseno y fenantreno, se tratarán como HAPs por su baja ocurrencia en las muestras analizadas y se tomará como base de referencia para establecer el NRE al Benzo(a) antraceno, el cual presenta el mayor valor con relación al estándar canadiense.

Asimismo, se propone NR para el arsénico, dado que representa un Riesgo Medio en el escenario ecológico.

Cuadro 4-86 Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0111 (Sitio 16)

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
Arsénico	0,254	16,1		16,1	5,9	Para este CP se tendrá como NR el estándar internacional canadiense (SQG)
HAPs	0,059 (Fenantreno)	1,93 (benzo(a)antraceno)	-	1,93	0,0319	Para este CP se tendrá como NR el valor propuesto para sedimentos IQSG (Canadá)

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life

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

El procedimiento y criterios para determinar la aplicación del ECA suelo – Uso Agrícola como nivel de remediación para el Sitio S0111 (sitio 16) se detallan 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) escenarios humanos (trabajadores, cazadores esporádicos adulto y niño; y residentes de la C.N. José Olaya), para los cuales se diferenciaron aquellos CP que son cancerígenos (arsénico, benzo(a)antraceno y criseno) y no cancerígenos (Boro, Bario, Plomo, TPH C10-C28, Fenantreno y Selenio), 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, naftaleno y fracción de hidrocarburos C10-C28 para suelos; de la misma manera al Fosforo y Plomo en agua superficial; así como Arsénico, sumatorio total de TPH, benzo(a) antraceno, criseno y fenantreno para sedimentos.

Finalmente, para el escenario abiótico, se consideraron los CP identificados en las matrices ambientales afectadas (suelo, agua superficial y sedimentos) independientemente del escenario al que se les asocie.

- Respecto a la caracterización del riesgo en los tres (3) escenarios, se concluye lo siguiente:
 - o La caracterización del riesgo en el escenario humano se ha determinado en base a los criterios establecidos en la Guía ERSA. Para determinar la existencia de un riesgo

por sustancias cancerígenas, se estimó el Índice de Riesgo Total (IR_T), entendiéndose como la suma de los diversos IR_j identificados. En el escenario humano 2 en el cual se obtuvo un valor de $1,5E-4$ para ambas áreas (norte y sur) para el receptor adulto y un valor de $1,7E-4$ (área sur y norte) para el receptor niño, se concluyó que el riesgo es inaceptable; ya que los índices estimados son superiores al límite del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV), definido en $1,0E-5$. Para el escenario humano 1 y 3 no se calcularon los Índice de Riesgo (IR), debido a que, solo no se identificó una ruta de exposición completa para este receptor y en la matriz suelos no se identificaron CP categorizados como cancerígenos. 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. El escenario humano 1, en el cual se obtuvo un valor de $1,9E-1$ para las áreas norte y sur respectivamente; y para el escenario humano 3 se obtuvo un valor de $6,3E-9$ y $3,1E-8$ para las áreas norte y sur respectivamente. Para el escenario humano 2, en el cual se obtuvo un valor de $1,1E+0$ (ambas zonas) y $2,6E+0$ (ambas zonas) para el receptor adulto y niño respectivamente, se concluyó que el riesgo es preocupante; ya que los índices estimados son superiores al Cociente de Peligrosidad definido como 1. Es importante mencionar que, el cálculo del IP_j por vía de exposición inhalación no incluyó a arsénico, benzo(a)antraceno y criseno, ya que estos, únicamente fueron evaluado para para las vías de exposición por contacto dérmico en ingesta, debido a que se encontró en la matriz ambiental sedimentos.

- Para el cálculo del riesgo ecológico, se realizó la evaluación del riesgo para la comunidad hidrobiológica (excepto peces) teniendo en cuenta los valores de Ecotox proveniente de especies análogas a las del sitio S0111 (Sitio 16); de la cual se tuvo que el Arsénico y la sumatoria total de TPH presentó un Riesgo Medio hacia la comunidad béntica; de la misma manera la Fracción de Hidrocarburos F2 presentó un Riesgo Medio para el suelo. No obstante, para el Plomo presente en agua superficial, se determinó un Riesgo No Probable para esta matriz ambiental, dado que las concentraciones presentes tienen una baja probabilidad de afectar a estos receptores ecológicos.
- 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 = 52,42) 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 a la matriz suelo (por Fracción de Hidrocarburos F2) y sedimentos (por Arsénico y el sumatorio total de TPH); es decir, la probabilidad que se manifieste el riesgo o que estos CP lleguen a afectar esta matriz ambiental.
- Respecto a los niveles de remediación, 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). Sin embargo, conforme al análisis de riesgo para sustancias cancerígenas y no cancerígenas es necesario controlar la exposición de Arsénico por consumo directo de agua en las quebradas que cruzan o colindan con el Sitio S0111 (Sitio 16), por tal motivo el esfuerzo de remediación se deberá realizar en la fuente secundaria afectada (sedimentos) que es probablemente una fuente histórica de acumulación y/o sedimentación de arsénico, de distintas fuentes, para la matriz ambiental agua superficial.

- Para el escenario ecológico, se debe tener en cuenta que estos se basan en las concentraciones que puedan asegurar la 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, incluyendo la remediación de arsénico en sedimentos.

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 acápites 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 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 o internacionales; según sea el caso.
- Se recomienda desarrollar una metodología a nivel cuantitativo que contemple las variables principales que condicionen el comportamiento de los recursos naturales 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 S0111 (Sitio 16) 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 sitio S0111 (Sitio 16) el cual forma parte de los sitios previamente establecidos por FONAM.

Este documento compila de manera estructurada la metodología o técnica de rehabilitación/remediación a seguir, así como la estrategia para el abordaje en su implantación.

5.3 Propuesta de uso futuro del sitio impactado, en función de las consideraciones técnicas posibles y la vocación del suelo intrínsecamente, incluyendo el uso actual y el proyectado.

El sitio S0111 (Sitio 16) 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 S0111 (Sitio 16) es atravesado por dos sistemas de oleoductos: el primero, que lleva crudo desde los pozos SHIV 05 y SHIV13D y el segundo, el oleoducto que interconecta la Batería Carmen con la Batería Shiviayacu y 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.º 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 S0111 (Sitio 16).

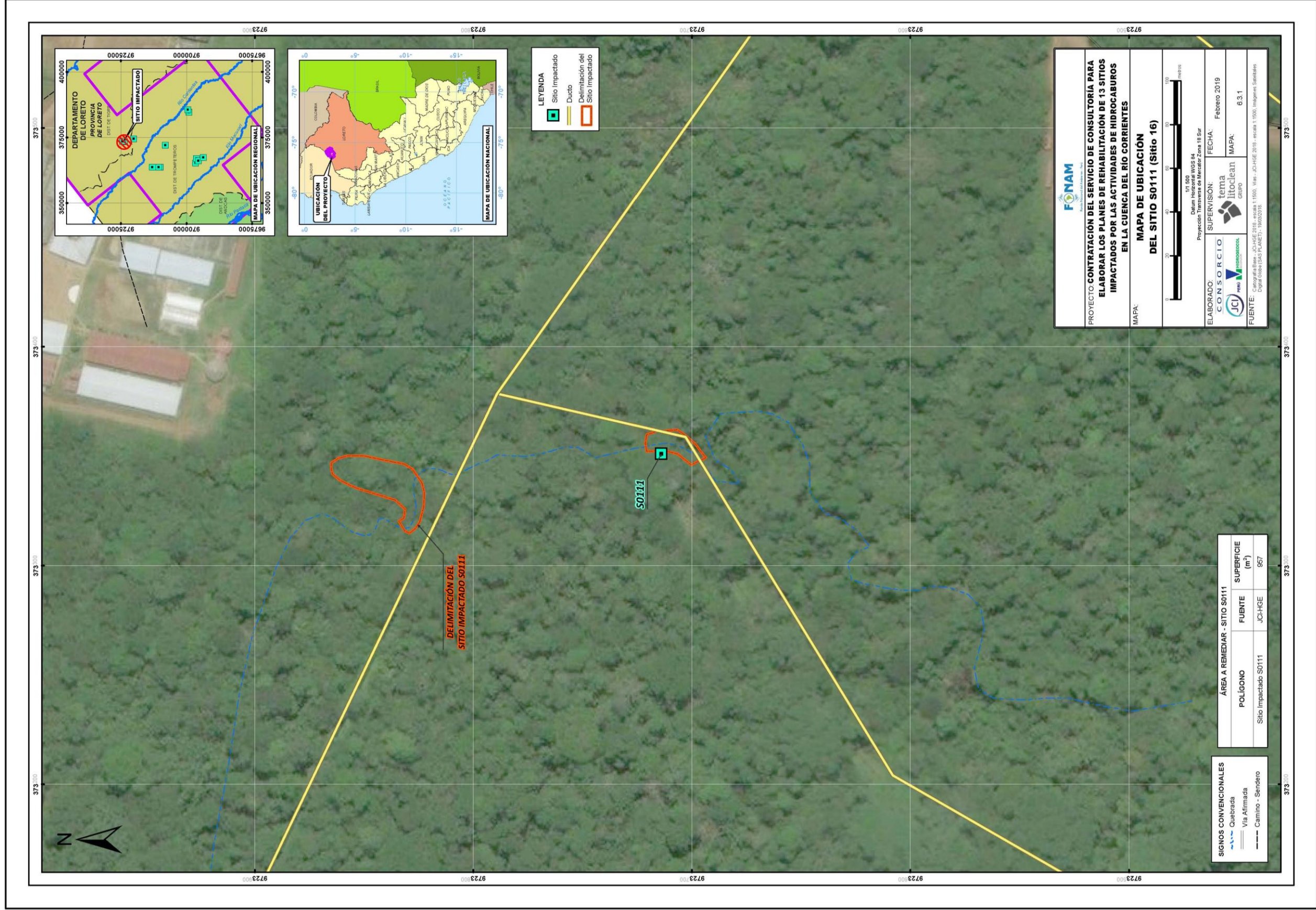
Sin embargo, es importante mencionar, que el 75 % del sitio corresponde a un ecosistema de bosque de colinas bajas, por el cual transita libremente fauna local (ej. *Opisthocomus hoazin*: “sansho”, *Mazama americana*: “venado”, *Cuniculus sp*: “majaz”, *Tapirus terrestres*: “tapir”, *Dasypros sp*. “armadillo”, *Tapirus terrestres* “tapir”) por lo que se infiere que existe un potencial uso de los servicios ecosistémicos que este 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 rehabilitación/remediación del sitio S0111 (Sitio 16) 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 tiene una escasa superficie (alrededor de 0,096 ha, aproximadamente).

Ver Anexo 6.1.1 Figura didáctica S0111 (Sitio 16) - Comunidad Nativa José Olaya, donde se muestra de manera didáctica la ubicación del sitio impactado y su interacción del medio ambiente con las áreas operativas de hidrocarburos además de los contaminantes de preocupación.

Figura 5-1 Ubicación del sitio S0111 (Sitio 16)



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

5.4 Alcance de la rehabilitación

Para desarrollar el alcance de las acciones que vayan encaminadas a la recuperación de un área impactada, resulta imprescindible establecer la conveniencia o no de usar el término rehabilitación como la práctica a ejecutar para el tratamiento de los sitios impactados.

En la Ley General del Ambiente (Ley N° 28611) se puede conseguir una interpretación del término “rehabilitación” focalizado a la “recuperación” de ecosistemas, con miras al restablecimiento de sus condiciones previas a cualquier perturbación, daño o contaminación. No se define en este instrumento el término Remediación.

En la Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos (DS-002-2013-MINAM), se define la remediación como “...tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas”.

Posteriormente, en el instrumento que crea el Fondo de Contingencia para Remediación Ambiental (DS-039-2016-EM) al igual que en el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos (DS-039-2014-EM), se define Plan de Rehabilitación el “Instrumento de Gestión Ambiental Complementario dirigido a recuperar uno o varios elementos o funciones alteradas del ecosistema después de su exposición a los impactos ambientales negativos que no pudieron ser evitados o prevenidos, ni reducidos, mitigados o corregidos”.

En el Decreto Supremo donde se aprueban los criterios para la gestión de sitios contaminados (N° 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”. Se combinan, de manera laxa los términos rehabilitación y remediación.

Con base en lo anterior y revisando a profundidad el instrumento para la creación del Fondo de Contingencia se observa en este la siguiente mención: “...Plan de Rehabilitación para la remediación ambiental del sitio impactado”, lo que se entiende como una laxitud jurídica sobre el tratamiento indistinto de ambos términos, cuyos alcances técnicos difieren. No obstante, de acuerdo con esa misma reflexión se entenderá la “remediación” como la ejecución técnica de la rehabilitación de los sitios impactados.

A modo conclusivo, para efectos del presente proyecto, de sus alcances y objetivos, se considera que el término **remediación** comprende las operaciones técnicas a seguir para la ejecución del Plan de Rehabilitación y de esta manera deberá ser entendido en este y los siguientes documentos.

El plan de rehabilitación implica una serie de operaciones y acciones sobre el área impactada que permita -en un tiempo horizonte de 3 a 5 años- controlar, reducir o minimizar las condiciones de contaminación, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente (D.S. N° 011-2017-MINAM). Para cumplir con este objetivo se persigue cumplir con los estándares de calidad de acuerdo con las normas nacionales ECA (o internacionales en ausencia de esta) para suelo, agua (superficial y subterránea) y sedimentos, y llevar las condiciones de riesgo de salud a los niveles mínimos aceptables para los componentes ecológicos, abióticos y humanos, de acuerdo con el ERSA.

5.5 Descripción y análisis de las alternativas de remediación

En el presente acápite, se plantea la metodología de selección, descripción y análisis de la alternativa de remediación aplicable propuesta, como parte del servicio de Planes de Rehabilitación de 13 Sitios Impactados por las Actividades de Hidrocarburos en la cuenca del río Corrientes.

La rehabilitación de un sitio contaminado consiste en la aplicación de un conjunto de acciones con el objetivo de controlar, disminuir o eliminar los contaminantes y sus efectos, todas enmarcadas en función de tres categorías de acción:

- Remediación, que puede ser tratamiento *in situ* o *ex situ*.
- Contención o aislamiento, que consiste en limitar el potencial de migración y difusión del contaminante, logrando que el área afectada no represente peligro ni riesgo a la salud ni al ambiente.
- No remediar, que se considera cuando el área afectada tiene la capacidad de auto regenerarse en el tiempo sin intervención antrópica, o cuando el área afectada no representa peligro ni riesgo a la salud ni al ambiente.

La selección de la mejor acción depende básicamente, de tres aspectos:

- Características propias del sitio, incluye el tipo de medio (suelo, agua, etc.).
- Tipo y características del contaminante (cantidad y tipo de hidrocarburos, metales, aromáticos, etc.).
- Técnica de remediación (viabilidad, eficiencia, tiempo).

5.5.1 Descripción de las alternativas de remediación

El acceso al sitio impactado es posible por carretera de tierra afirmada, no es un área de uso por parte de la población local. El campamento Shiviya se encuentra a menos de 250 m.

El ingreso al sitio posee una topografía inclinada (aproximadamente 40°), siguiendo el corredor de tubería hasta llegar al sitio el cual presenta una topografía mayormente plana y cubierta de vegetación densa (bosque), con quebradas que atraviesan el sitio en dirección norte-sur, formando meandros.

Los suelos son predominantemente arcillosos, hasta los 2 metros de profundidad algunas veces arcillo-limosos y poseen una ligera capa de materia orgánica en la superficie. Están cubiertos por vegetación de herbazal en el corredor de tubería y bosque denso en el resto del sitio.

Según los resultados presentados en el documento de caracterización, en el sitio impactado S0111 (Sitio 16) se identificó la presencia de los elementos contaminantes que se presentan a continuación:

Cuadro 5-1 Elemento contaminante por componente evaluado

Componente	Elementos contaminante presentes
Suelo	- Fracción de hidrocarburos F2 - Naftaleno - Plomo - Zinc
Sedimentos	- HAP's (Criseno, Benzo-a-antraceno y fenantreno) - Arsénico
Agua subterránea	- Metales: M, Cu, Zn, Pb

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

En este sentido, en la determinación de los Niveles de Remediación Específicos (NRE) para el sitio S0111 (Sitio 16) 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 inaceptable.

En base a ello, se tienen las siguientes conclusiones para el escenario humano:

- Para la matriz suelos y sedimentos, no se han determinado niveles de remediación (NRE) para sustancias cancerígenas y no cancerígenas.
- Para la matriz agua subterránea, no se han 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.

En el caso del escenario ecológico y abiótico:

- 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
- Para el escenario abiótico en 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 S0111 (Sitio 16)

Sitio	CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Norte	Fracción de Hidrocarburos F2	5,00	1 762,00	1 629,00	1 200	Para estos CP se tendrán como NR el ECA para suelo agrícola.
Sur	Fracción de Hidrocarburos F2				1 200	

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM).

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

- Para el caso de sedimentos, para estimar los niveles de remediación se recomienda llegar a los niveles de ECA suelo para uso agrícola referencial de 4 400 mg/kg (sumatoria de las fracciones de hidrocarburo) para ambos polígonos. Por otra parte, se asume un NR para el caso de las concentraciones de Benzo (a) antraceno, Criseno y Fenantreno, se verán reducidos al momento de realizar el tratamiento de los TPH. Asimismo, se propone NR para el Arsénico, dado que representa un Riesgo Medio en el escenario ecológico, además que representa la fuente de contaminación para el agua superficial. Ver Cuadro 5-3.

Cuadro 5-3 Niveles de remediación para sedimentos - sitio S0111 (Sitio 16)

CP	Valor Min. (mg/kg)	Valor Max. (mg/kg)	UCL95% / Valor Máx. (mg/kg)	Nivel de Remediación (mg/kg)	Comentarios
Arsénico	0,254	16,1	16,1	5,9	Para este CP se tendrá como NR el estándar internacional canadiense (SQG)
Sumatoria TPH *	0,005	12 722	12 722*	4 400 ***	Para este CP se tendrá como NR el valor propuesto para ECA suelos

* Se consideró la sumatoria de las fracciones de hidrocarburo C10-C28 y C28-C40.

*** Estándares de Calidad Ambiental para Suelo, Categoría Uso Agrícola (D.S. N° 011-2017-MINAM)

Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection of Aquatic Life

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

Cabe señalar, que para el sitio impactado S0111 (Sitio 16) se presenta una situación no encontrada para los otros sitios. Al momento de efectuar los análisis de riesgo a la salud y al ambiente, bajo la premisa de un ECA de agua superficial tipo 1, para el caso de Arsénico, este arroja un riesgo cancerígeno de nivel inaceptable para este contaminante. Lamentablemente el volumen de datos es sumamente pequeño como para establecer inferencias o hipótesis. No obstante, se pueden establecer las siguientes condicionantes:

- La premisa de consumo de agua en los volúmenes y frecuencias establecidas (0,5 l, por 96 veces en un año) son excesivamente altas y restrictivas, lo cual eleva la condición de riesgo
- Los valores de Arsénico en la selva son naturalmente altos por razones geogénicas y por traslado a partir de los procesos erosivos en las regiones altas
- Las caracterizaciones previas de aguas superficiales en la cuenca del río Corrientes han arrojado evidencias por contaminación por Arsénico, producto de los derrames de hidrocarburos
- Sólo se cuenta con dos puntos de muestreo, aguas arriba y aguas abajo del sitio contaminado (establecido en los TDR del proyecto), para dos épocas (húmeda y seca)
- Debido a la dinámica hidrológica, la fuente de contaminación debe estar asociada a otro sitio y no sitio impactado S0111 (Sitio 16).

Ante este abanico de condicionantes, se propone el tratamiento de los sedimentos, como medio de acumulación potencial de metales.

La aplicación de una tecnología de remediación para sedimentos aseguraría de alguna manera la reducción de una potencial fuente del Arsénico ya que el mismo pudiera estar contenido en este medio, como pudiera inferirse por las excedencias en este medio encontradas en la época húmeda, aunque, como se indica antes, estas son inferencias.

La recomendación que acompaña esta propuesta de remediación en sedimentos es el desarrollo de un sistema de monitoreo de aguas subterráneas, superficiales y sedimentos dentro del sistema hidrográfico que compromete al sitio impactado, considerando en la espacialización de puntos de muestreo y pozos de monitoreo, la sectorización aguas arriba y aguas abajo en sistema hidrográfico.

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 efectúa una selección de la lista larga de alternativas de remediación a partir de un taller de selección de alternativas a través de una evaluación técnica^{rrr}, con la revisión de distintos documentos (EPA, ETI, informe reconocimiento inicial de los sitios impactados, modelo conceptual inicial, informes de caracterización, etc.). La ejecución de esta fase de selección se documenta en el Anexo 6.11.

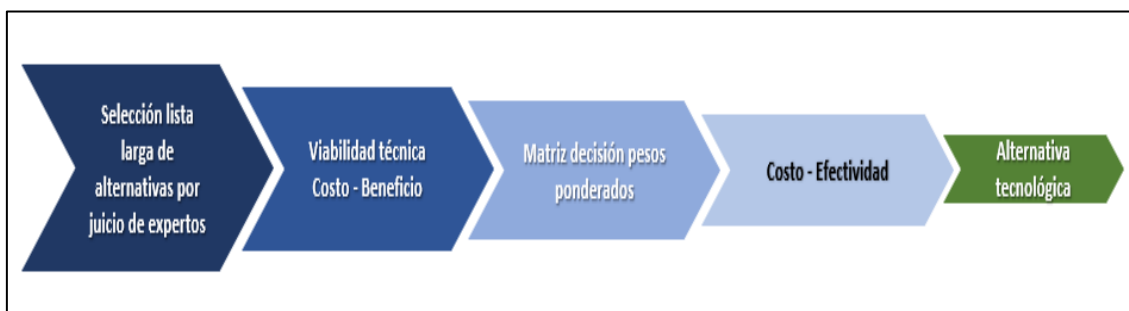
En segundo lugar, las tecnologías seleccionadas son evaluadas a través de una matriz de viabilidad técnica y de costo-beneficio.

En tercer lugar, se evalúan de manera sistemática a través de una matriz de decisión por pesos ponderados (*Weighted Decision Matrix*), la cual es una herramienta que se utiliza para comparar alternativas con respecto a múltiples criterios con diferentes niveles de importancia. Puede usarse para clasificar todas las alternativas en relación con una referencia "fija" y, por lo tanto, crear un orden parcial para las alternativas.

Finalmente, las alternativas seleccionadas por la matriz de decisión por pesos ponderados son evaluadas desde el punto de vista del costo-efectividad.

El siguiente diagrama ilustra los pasos, 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.

^{rrr} Evaluación técnica: método de validación que permite verificar la fiabilidad de un análisis o interpretación y que se define como una opinión informada de profesionales con trayectoria en el tema y que pueden dar información, evidencias, juicios y valoraciones empíricas sobre el mismo. Se puede dar lugar a través de encuestas dirigidas o por medio de reuniones específicas presenciales. Las discusiones y análisis se alimentan de la información existente que, por medio de un facilitador con un guion técnico preestablecido, canaliza estas hacia el objetivo planteado.

➤ **Preselección de las potenciales alternativas tecnológicas**

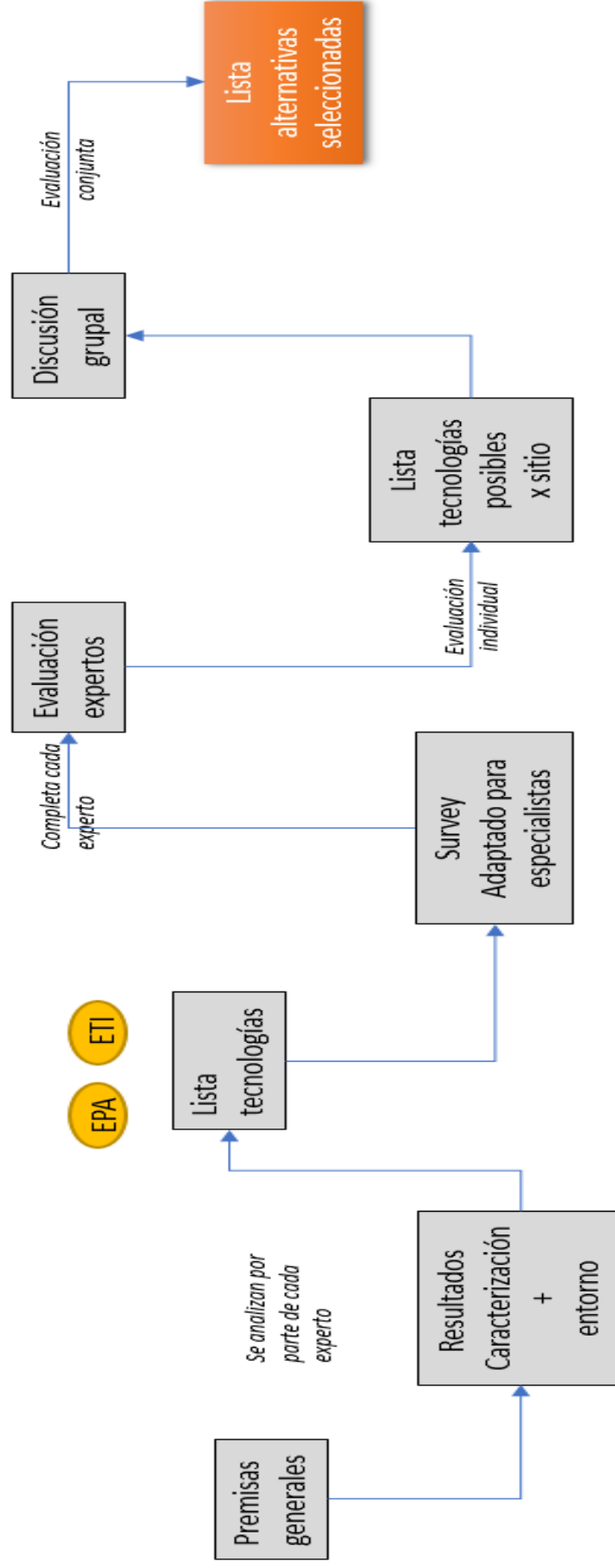
Para efectos de describir el proceso preliminar de selección de alternativas del universo de alternativas existentes tecnológicas para la remediación de la contaminación, se desarrollaron varias sesiones de trabajo que respondían a un esquema de trabajo que se muestra en la siguiente Figura 5-3.

Para llevar este proceso de selección a cabo se evaluaron las alternativas tecnológicas basados en la información existente en:

- Informe de reconocimiento de sitios impactados
- Modelo conceptual inicial
- Informe de caracterización por sitio
- Estudio técnico independiente (ETI) del PNUD
- *Treatment technology screening matrix* (EPA)
- Visualización en Google Earth de la localización de cada sitio y su entorno

El listado base de tecnologías a evaluar tiene como fuente *Treatment technology screening matrix* (EPA) y en el documento “Estudio Técnico Independiente del ex Lote 1AB, del PNUD. Al estar contempladas las tecnologías de este último estudio en la matriz de EPA se toma esta última como universo potencial de tecnologías para los sitios impactados del río Corrientes, la cual se visualiza en la siguiente Figura 5-4.

Figura 5-3 Proceso para la evaluación de la lista larga de alternativa tecnológicas



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

Figura 5-4 Universo de alternativas tecnológicas de remediación

Rating Codes ● Above Average ● Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" I/D - "Insufficient Data" ◇ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application			Fuels	Inorganics
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge				
3.1 In Situ Biological Treatment				
4.1 Bioventing	●	○		
4.2 Enhanced Bioremediation	●	◇		
4.3 Phytoremediation	●	●		
3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment				
4.4 Chemical Oxidation	○	◇		
4.5 Electrokinetic Separation	○	●		
4.6 Fracturing	●	○		
4.7 Soil Flushing	●	●		
4.8 Soil Vapor Extraction	●	○		
4.9 Solidification/Stabilization	○	●		
3.3 In Situ Thermal Treatment				
4.10 Thermal Treatment	●	○		
3.4 Ex Situ Biological Treatment (assuming excavation)				
4.11 Biopiles	●	◇		
4.12 Composting	●	○		
4.13 Landfarming	●	○		
4.14 Slurry Phase Biological Treatment	●	◇		
3.5 Ex Situ Physical/Chemical Treatment (assuming excavation)				
4.15 Chemical Extraction	○	●		
4.16 Chemical Reduction /Oxidation	○	●		
4.17 Dehalogenation	○	○		

Sitio: _____; Comunidad: _____; Sector: _____

Indicar en el primer cuadro con una "x" la(s) selección(es) y en el otro cuadro la(s) razón(es) más relevantes

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 S0111 (Sitio 16):

- **Características relevantes:** Suelos predominantemente arcilloso o franco-arcillosos. La población más cercana se encuentra a 9,8 km de distancia. El sitio cuenta con una topografía accidentada. El acceso al sitio es por una colina de pendiente moderada y en la parte baja existen dos ramales o tuberías, que hace difícil el acceso de maquinaria pesada.
- **Volumen estimado a remediar:** más de 70 m³ suelo y 20 m³ sedimento
- **Tipo de contaminante presente:** Orgánicos (HTP: F2 y HAP's) para suelos y Orgánicos (HTP: F2 y F3) e Inorgánicos (metales) para sedimento
- **Análisis inicial de técnicas:** La presencia de orgánicos en suelo e inorgánicos en sedimentos, inducen al uso de mas de una técnica, sin embargo, se debe considerar el poco volumen. Bajo la premisa anterior, se plantean varias alternativas posibles, la oxidación química puede ser una tecnología de bajo costo, y también se usa, aunque con menor eficiencia, para inorgánicos. Asimismo, también se puede optar por una tecnología de estabilización solidificación ex situ o la biorremediación inclusive.

El lavado de suelo, considerando el volumen a remediar, se debe considerar como alternativa. Se considera debido a que es poco volumen de suelo a tratar y por lo tanto será baja la cantidad de agua proveniente del lavado, aunque posterior es necesario el tratamiento de los orgánicos e inorgánicos.

Se debe tener presente que el Tratamiento térmico (desorción), el Lavado de suelos y la biorremediación son tecnologías aconsejables para suelos arcillosos que deberán ser tratados en un relativo tiempo corto de un (1) año, aunque la presencia de metales es una limitante. Siendo tan bajo el volumen no pareciera que los tratamientos térmicos fueran recomendables. La opción de solidificación y/o la del Aislamiento con geomembrana siempre representa una buena alternativa con base en las características descritas.

Otra opción, y ha tenido resultados positivos, es el proceso de electro-remediación que ofrecen altos porcentajes de remoción de TPH (hasta 90 %), del suelo a la fase acuosa (Electro-Remediación De Suelo Contaminado Con Hidrocarburos: Fase I. Joaquín Pinto-Espinoza Instituto Tecnológico de Durango, México.2015). Pero se tiene pocos casos de

La atenuación natural como alternativa de remediación en los sitios impactados ha sido descartada desde un principio. Siendo la aplicación de esta alternativa totalmente factible en algunos de los sitios impactados de la cuenca del río Corrientes, debido al pronunciado carácter social de este proyecto, se considera necesario establecer propuestas de actuación con intervención para todos los sitios impactados.

Para el sitio S0111 (Sitio 16), las alternativas preseleccionadas del **taller de evaluación técnica** son:

- Separación electrocinética
- Lavado de suelos
- Extracción química
- Reducción/Oxidación química
- Solidificación/Estabilización
- Aislamiento con geomembrana
- 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 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 categoría 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 técnica
- $B/C < 1$ – Propuesta en la que los costos son mucho mayores que los beneficios a obtener. Su aplicación está sujeta a análisis y evaluación técnica

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 los siguientes requisitos:

- 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 a 1.

Con base en la metodología anteriormente descrita y de acuerdo con las características del S0111 (Sitio 16) se analiza mediante evaluación técnica, la aplicación de diferentes alternativas de remediación aplicables considerando la viabilidad técnica y la relación beneficio/costo.

El Cuadro 5-4 presenta la lista de alternativas de remediación que se consideraron aplicables de acuerdo con las características presentadas para el sitio S0111 (Sitio 16).

Cuadro 5-4 Lista de alternativas de remediación

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
Separación electrocinética	3	= 1	Tecnología que potencialmente pudiera cumplir con los objetivos de remediación, pero su aplicación efectiva depende de pruebas de ensayo y error (piloto), previo a su implantación. Aplicación <i>in situ</i> . Su recomendación de uso está sujeta a las características de suelo como la conductividad, contenido de humedad, textura y pH del suelo. Existen riesgos de que se produzcan por oxidación o formación incompleta de contaminantes intermedios dependiendo de los agentes utilizados. No existe experiencia ni capacidad instalada de esta tecnología en el país. El sitio impactado cumple con las condiciones para la aplicación de esta técnica. Su costo de aplicación por m³ no es elevado. Sin embargo, no es una técnica efectiva para TPH.	Inorgánicos	No se conoce	Electrodos, cátodos, ánodos, baterías industriales, químicos, combustible	4 – 6 meses	40 - 330	Alta
Lavado de suelos	4	< 1	Esta tecnología cumple con los objetivos de remediación hasta un 90%. Su aplicación en el sitio impactado depende del análisis a detalle de la geo-hidrodinámica de este. Su implantación requiere la instalación de equipos para la inyección o irrigación de agua y agentes químicos para lograr la solubilización de los metales y equipos para la recolección de los contaminantes solubilizados. Aplicación <i>in situ</i> . Posibles reacciones químicas en el suelo de acuerdo con los agentes químicos que actúen como aditivos deben ser contempladas. No requiere mucha infraestructura para su implantación, más si un consumo de agua, que luego debe ser tratada por métodos convencionales. No existen experiencias de su aplicación en el país. Su costo de aplicación por m³ no es elevado.	Inorgánicos/Orgánicos	No se conoce	Bombas, pozos de captación, generadores eléctricos, químicos, agua	> 10 meses	50 - 330	Alta
Extracción química	3	< 1	Tecnología que pudiera desempeñarse para lograr los objetivos de remediación. No obstante, su implementación requiere la extracción y traslado del suelo a un sitio acondicionado para su tratamiento. La extracción requiere la aplicación de agentes químicos (ácidos o solventes orgánicos), los cuales tienen un costo elevado en el mercado. Requiere, de acuerdo con los agentes químicos a utilizar, la preparación o adecuación del material contaminado, en este caso suelo. Suelos con alto contenido de arcillas pudieran reducir la eficiencia del proceso, el cual -además- es afectado por el contenido de humedad. Demanda una importante cantidad de agua para su aplicación y genera efluentes líquidos contaminados que requieren posterior tratamiento o disposición. El costo de aplicación es comparativamente elevado.	Inorgánicos	No se conoce	Químicos, pozos de captación de aguas, bombas de inyección o aspersión, agua, generadores eléctricos, bombas	< 3 meses	150 - 300	Alta
Reducción/Oxidación química	4	= 1	Las tecnologías de oxidación o reducción química se presentan con un abanico de desempeño en el cumplimiento con los objetivos de remediación de acuerdo con los agentes químicos utilizados, ya que pudieran transformar los contaminantes en compuestos más estables, con menor movilidad o hacerlos inertes. No obstante, de acuerdo con los agentes utilizados pudiera requerir o no la extracción y traslado del suelo y/o sedimento contaminado hasta un espacio acondicionado para la aplicación del tratamiento. Presenta algunas limitaciones, como por ejemplo la potencial formación de contaminantes intermedios. Pudiera ser una buena alternativa debido a que los metales presentes en el sitio no se encuentran en altas concentraciones. Demanda cierta cantidad de energía (fuente generadora para equipos), así como de agua en el proceso de aplicación. Genera efluentes químicos contaminados que requieren tratamiento o disposición posterior. Su costo pudiera ser elevado de acuerdo con los agentes oxidantes o reductores que se utilicen y con los volúmenes de suelo y/o sedimento a tratar. Costo elevado por el uso de agentes químicos oxidantes o reductores.	Inorgánicos/Orgánicos	No se conoce	Químicos, pozos de captación de aguas, bombas de inyección o aspersión, agua, generadores eléctricos, bombas	8 meses – 2 años	190 - 660	Alta
Solidificación/Estabilización	4	> 1	Tecnología <i>ex situ</i> que cumple con los objetivos de remediación cerca del 100%. Consiste en la inmovilización llevando al contaminante a un estado sólido. En el caso de la estabilización se modifica o atenúa la nocividad del contaminante a través de la adición de químicos. Las experiencias en esta metodología tienden a usar las dos metodologías en forma conjunta. Se aplica generalmente <i>ex situ</i> , es decir que se requiere la extracción y traslado del material contaminado a un área	Inorgánicos/Orgánicos	Muchas experiencias. No se conoce en ambientes selváticos	Retroexcavadoras, motoniveladoras, camión, camión plataforma, volquete, camioneta pick up, balanza, equipo soldadura, geomembranas, insumos	< 6 meses	70 - 250	Baja

Cuadro 5-4 **Lista de alternativas de remediación**

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
			acondicionada para su aplicación. No obstante, de acuerdo con las características del entorno y de los contaminantes se pudiera aplicar <i>in situ</i> . Los costos de su implementación son intermedios y dependerá del volumen de suelo a tratar y del método y agentes de la solidificación / estabilización a aplicar.			(cal, cemento, piedra picada, arena, agua), combustible			
Aislamiento con geomembrana	4	= 1	Tecnología en la que se debe adecuar un área previamente seleccionada, y que cumpla con ciertas premisas básicas para su funcionamiento a largo plazo, con el objeto de confinar en espacios de seguridad el material contaminado, de forma temporal o permanente. Su implementación está sujeta a la disponibilidad de este espacio -acondicionado y autorizado- de terreno para su construcción y operación. Una ventaja que tiene esta tecnología de remediación es que puede acopiar los esfuerzos de remediación de varios sitios impactados cuyas características de contaminantes impliquen su potencial tratamiento por esta vía de aislamiento.	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
Biorremediación	3	>1	Técnica de bajo costo de operación para tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos. 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. Sin embargo, esta técnica no es efectiva para metales.	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.

Las alternativas cuya viabilidad técnica para el tratamiento de suelos que se encuentran en el rango de 4 a 5 de viabilidad (medianamente viable y 100 % viables) y se encuentran en una relación B/C igual o mayor a 1, que serán sujetas a un mayor detalle de análisis son:

- Lavado de suelos
- Reducción/Oxidación química
- Solidificación/Estabilización
- 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 5-5 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 5-5 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 plazo. 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 5-5 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 tiene 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 tendrían 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 5-5 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
	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

Cuadro 5-5 Aspectos, variables y ponderación por sitio

Aspectos	Criterios	Justificación selección valor criterio
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 (bobcat, 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 (bobcat, 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 (bobcat, 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 5-5 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 5-5 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 5-6 la matriz aplicada para las técnicas preliminarmente seleccionadas para el sitio S0111 (Sitio 16).

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.

La columna “Valor” de la matriz se le asigna el número según lo presentado en el Cuadro 5-6; 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, ver Cuadro 5-6).
- 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 5-5).
- 3: Número preestablecido, 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 5-6 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 especialistas 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*, cuando corresponda ambas alternativas.

El Cuadro 5-7 presenta el resultado de la ponderación de las alternativas.

Cuadro 5-6 Evaluación de alternativas de remediación del sitio S0111 (Sitio 16)

Tipo de técnica de Remediación		Lavado de suelos (soil flushing)				Oxidación química		Solidificación / Estabilización		Aislamiento con geomembrana	
Aspectos y atributos	%	in situ		in situ		in situ		in situ		ex situ	
		Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
1. Aspectos Ambientales	25		19,10		18,33		18,27		24,17		23,33
Eficiencia con respecto a los objetivos de remediación	40	2	26,67	1	13,33	2	26,67	3	40,00	3	40,00
Riesgo asociado al componente ambiental	35		29,75		35,00		29,75		35,00		35,00
Agua	30	2	20,00	3	30,00	2	20,00	3	30,00	3	30,00
Aire	5	3	5,00	3	5,00	3	5,00	3	5,00	3	5,00
Suelo	15	2	10,00	3	15,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00
Sedimento	20	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00
Hidrobiológico	30	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00
Grado de Monitoreo ambiental requerido post remediación	15	2	10,00	3	15,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00
Requerimiento de autorizaciones previas en la implementación de las acciones de remediación	10	3	10,00	3	10,00	2	6,67	2	6,67	1	3,33
2. Aspectos Técnicos / Ingeniería	15		10,50		10,00		12,25		12,25		13,25
Grado y tipo de contaminación	20	2	13,33	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00
Acondicionamiento del material	10	3	10,00	2	6,67	2	6,67	2	6,67	3	10,00
Generación de residuos	15	3	15,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00
Área requerida de la instalación	10	2	6,67	1	3,33	3	10,00	1	3,33	1	3,33
Nivel de experiencia en la aplicación de la técnica	10	2	6,67	1	3,33	2	6,67	2	6,67	3	10,00
Requerimiento de acciones complementarias post remediación	10	2	6,67	2	6,67	2	6,67	3	10,00	3	10,00
Consumo/afectación de recursos naturales (agua, suelo, etc.)	15	1	5,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00
Riesgos Operacionales relacionados con la técnica	10	2	6,67	2	6,67	2	6,67	3	10,00	3	10,00

Cuadro 5-6 Evaluación de alternativas de remediación del sitio S0111 (Sitio 16)

Tipo de técnica de Remediación		Lavado de suelos (soil flushing)				Oxidación química				Solidificación / Estabilización				Aislamiento con geomembrana	
Aspectos y atributos	%	in situ		in situ		in situ		in situ		ex situ		ex situ		ex situ	
		Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.	Valor	Valor Pond.
3. Aspectos logísticos	15		11,50		12,25		12,25		12,25		12,25		12,25		13,00
Acceso al sitio impactado	20	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00	3	20,00
Requerimiento transporte (fluvial, marítimo)	25	3	25,00	3	25,00	3	25,00	3	25,00	3	25,00	3	25,00	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	3	20,00
Requerimientos en servicios de apoyo	20	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	2	13,33	3	20,00
Tipo y fuentes de energía	15	1	5,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00
4. Aspectos Sociales	30		24,50		28,50		28,50		26,00		26,00		26,00		30,00
Riesgo a los receptores (comunidad, centros poblados, etc.)	30	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00	3	30,00
Tiempo de respuesta de la técnica remediación	15	2	10,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00
Generación de empleo local	25	2	16,67	3	25,00	3	25,00	2	16,67	2	16,67	3	16,67	3	25,00
Contratación de servicios locales	15	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	2	10,00	3	15,00
Percepción de la remediación por la comunidad	15	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00	3	15,00
5. Aspectos económicos	15		13,75		13,75		13,75		12,50		11,25		11,25		7,50
Nivel de inversión	50	3	50,00	3	50,00	3	50,00	3	50,00	2	33,33	1	16,67	1	16,67
Costos de movilización de equipos (transporte, etc.)	25	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67	2	16,67
Costos de mantenimiento o vigilancia durante y post remediación	25	3	25,00	3	25,00	3	25,00	2	16,67	3	25,00	2	16,67	2	16,67
Total	100		79,35		82,83		81,27		85,92		87,08		87,08		87,08

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

Cuadro 5-7 Resultados de alternativas de matriz del sitio S0111 (Sitio 16)

No.	Alternativa	Valor ponderado obtenido
2	Lavado de suelos (<i>soil flushing</i>) <i>ex situ</i>	79,35
3	Oxidación química <i>in situ</i>	82,83
4	Solidificación/Estabilización <i>in situ</i>	81,27
5	Solidificación/Estabilización <i>ex situ</i>	85,92
6	Aislamiento con geomembrana <i>ex situ</i>	87,08

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

Con base en los resultados obtenidos de la matriz, 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 considerando las experiencias o resultados similares que permitirán determinar finalmente, la mejor alternativa.

- **Aislamiento con geomembrana *ex situ***
- **Solidificación/estabilización *ex situ***
- **Oxidación química *in 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. El propósito del acondicionamiento del área que ocupa el botadero hacia un relleno sanitario o de seguridad es reducir la potencial migración de contaminantes (percolación o infiltración, por ejemplo) a través del subsuelo. Son utilizadas para el control directo sobre la fuente.

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 una aprobación de la selección del sitio para el área de aislamiento con geomembrana por parte de la autoridad encargada en la municipalidad provincial en coordinación con la distrital.

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.

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. Solidificación/estabilización

La Estabilización/Solidificación es un proceso de tratamiento de residuos peligrosos ideado para mejorar la manipulación y propiedades físicas de los residuos peligrosos, o para limitar la solubilidad (lixiviabilidad) de los constituyentes peligrosos de los residuos peligrosos. Como resultado los contaminantes terminan físicamente unidos o encerrados dentro de una masa que los contiene (solidificación), o se les induce a reaccionar químicamente con un agente estabilizante para reducir su movilidad (estabilización). Las técnicas de Estabilización/Solidificación (E/S) están consideradas como la mejor tecnología disponible para el tratamiento de residuos, cuyo principal problema es la presencia de metales pesados.

La aplicación de esta tecnología se presenta en su alternativa *ex situ*. Es decir que el material debe ser extraído del sitio impactado y traslado hasta un área acondicionada para su tratamiento.

Las tecnologías de solidificación/estabilización han sido ampliamente utilizadas a nivel mundial. Debido a la importancia que está adquiriendo esta tecnología mundialmente para el tratamiento de los residuos industriales y de suelos contaminados, la EPA la considera como la mejor tecnología disponible y demostrada, BDAT (*Best Demonstrated Available Technology*).

En el Perú se mencionan como relevantes las siguientes experiencias:

- **Remediación de suelos y aguas subterráneas por contaminación de hidrocarburos en los terminales de Mollendo y Salaverry de la Costa Peruana.** Los emplazamientos se ubican a 200 m de la orilla de playa del litoral peruano, con el objetivo de la remediación de suelos y aguas subterráneas, debido a la contaminación por hidrocarburos, que generan un gran impacto al medio ambiente y daños a la salud humana. Los Terminales de Mollendo y Salaverry tienen en promedio un suelo arenoso de grano fino a medio. El trabajo se centró en establecer los criterios para la elección de una técnica de remediación y toda la metodología de las técnicas elegidas para la remediación de suelos y aguas subterráneas contaminadas, teniendo la planificación, operación, evaluación del proceso y obtención de resultados. Para el Terminal de Mollendo se proyectó la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos, del área "X". La técnica de remediación elegida fue de Solidificación – Estabilización (Encapsulamiento).

- **Eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas en operaciones norte. Petróleos del Perú - Petroperú S.A.** Consistió en la eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, y su tratamiento con materiales limpios y aislamiento en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara
- **Solidificación / estabilización de residuos orgánicos mediante granulación con sepiolita.** Se estudia un proceso de solidificación/estabilización utilizando una arcilla tipo sepiolita, para tratar diversos tipos de residuos industriales que contenían contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos. Como resultado del procedimiento desarrollado se llegó a obtener dos tipos de materiales finales: Un sólido granulado, de baja humedad y punto de inflamación próximo a 100°C. Un combustible de residuo (CDR) que podría ser revalorizado energéticamente en la producción del clinker.
- **Síntesis de nanocompuestos poliméricos a partir de arcillas orgánicamente modificadas.** Se utilizaron arcillas como sistemas adsorbentes por su alta área superficial específica y su capacidad de adsorción de moléculas orgánicas. Estudio que se centró en el tratamiento orgánico para modificar una arcilla bentonita.

Existen ejemplos de la aplicación del material que tiene lugar a partir de la E/S, donde se ha comprobado correctamente y bajo un protocolo determinado, la imposibilidad de que los contaminantes se movilicen de la matriz cementada. Igualmente, dejar el material en sitio, una vez el proceso de E/S ha tenido lugar es también una práctica común. A continuación, se refieren dos ejemplos^{sss} de uso de material contaminante estabilizado bajo la técnica de E/S:

- Reúso de material estabilizado y solidificado en la antigua facilidad de tratamiento de madera, en el puerto Newark en Nueva Jersey, USA. En esta oportunidad se aplicó esta metodología para inmovilizar As, Cr y PAHs, para el manejo de 17.000 m³ de suelo in situ y 20.000 m³ ex situ. Este último fue colocado como base cementada para la construcción de la nueva área de almacenamiento de la facilidad portuaria.
- Reúso de los sedimentos del Puerto de Nueva York. En este caso más de 2,3 MM de metros cúbicos de sedimentos fueron tratados bajo esta metodología de E/S para inmovilizar metales pesados, dioxinas, PCB y otros compuestos orgánicos que se encontraban en los sedimentos. Gracias al tratamiento con E/S el material contaminado pasó de ser un pasivo ambiental a ser un valorable material para el relleno de un vertedero, dando estabilidad a este con el objeto de poder desarrollar esta área.

Otras experiencias se resumen en Cuadro 5-8 y Cuadro 5-9.

^{sss} Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities. Charles M. Wilk, LEHP, QEP

Cuadro 5-8 Ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos

Nombre del sitio / Contacto	Tecnología / Vendedor	Tratamiento (matriz)	Contaminantes tratados	Parámetros de operación	Manipulación de materiales	Gestión de residuos	comentarios
DEMOSTRACIÓN DE LA EPA SITIO Robins AFB, Macon, GA 1/08/1991 Terry Lyons (513) 569-7589	Solidificación / estabilización	Suelos y lodos	Orgánicos e inorgánicos	Utiliza agentes de unión de propiedad	Residuos de gran tamaño deben ser evaluados previamente	Monolito de alta resistencia no lixiviable	Proceso puede ser aplicado in situ.
DEMOSTRACIÓN DE LA EPA SITIO Pressure testing Selma, CA 1/11/1990 Edward Bates (513) 569-7774	Solidificación / estabilización con compuestos de silicato	Suelos y lodos	Orgánicos e inorgánicos	Compuestos de silicato	Separación y pretratamiento de materiales gruesos y finos	Concentraciones de clorofenoles (PCP) de lixiviado reducen hasta un 96%. As, Cr y Cu se inmovilizaron.	Aplicado a una amplia variedad de suelos peligrosos, lodos y aguas residuales.
DEMOSTRACIÓN DE LA EPA SITIO Equipo portátil. Salvage Co. Clackamas, OR 1/09/1989 Edwin Barth (513) 569-7669	Proceso Chemfix - solidificación / estabilización	Suelos y lodos	Residuo sólido	Utiliza silicatos solubles y agentes de silicato-sedimentadores	Mezclar residuos con alúmina seca, calcio, y reactivos a base de sílice	Produce sólidos friables. Extracciones de TCLP de Cu y Pb fueron reducidos en un 94-99%	Aplicable a los residuos galvanoplastia, arcs eléctricos y polvo de horno.
Imperial Oil Co./Champion Chemical Co. Sitio Superfondo Morganville, NJ 1/12/1988 S. Jackson Hubbard (513) 569-7507	Proceso Soliditech solidificación / estabilización	Suelos y lodos	Inorgánicos y orgánicos, metales, minerales, grasa	Añadir agua, Urrichem (aditivos patentados), y material puzolánico (cenizas volantes o polvo del horno)	Cribado o cernido de residuos e introducidos en una mezcladora tipo batch (lotes).	Metales pesados en residuos no tratados fueron inmovilizados. COVs no fueron detectados en los residuos tratados.	pH de los residuos variaba de 3.4 a 7.9. Residuos tratados alcanzaban pH de 11.7 a 12.
Davis-Monthan AFB. Brad Jones (402) 221-4488	Solidificación / estabilización	Escoria y suelo contaminado con escoria	Cd, Cr y Pb	Escoria y suelo contaminado con escoria fueron mezclados con 10% de cemento y 5% de cal en una mezcladora.		Superó la prueba de lixiviados (TCLP) para todos los contaminantes.	Costo: \$ 135 por metro cúbico.

Fuentes: *Técnicas de tratamiento innovadoras: Informe de estatus anual (EPA, octava edición, noviembre de 1996).* *Tecnologías innovadoras de remediación en América del Norte (EPA, ago.1996)*

Cuadro 5-9 Otros ejemplos en USA de la aplicación de la E/S como técnica para la inmovilización de residuos contaminantes peligrosos

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Independent, Nail, SC, Region IV	Zn, Cr, Cd, Ni	6,600 yd ³	Solid/soils	N	Portlant cement	20%	Batch plant	Onsite	>Small	Full scale (de- listing in progress
Midwest, U.S. Plating Company, Envinite	Cu, Cr, Ni	16,000 yd ³	Sludge	N	Portland cement	20%	In situ	Onsite	>0	Full scale
Unnamed, ENRECO	Pb/soil 2-100 ppm	7,000 yrd ³	Solid/soils	N	Portland cement and proprietary	Cement (15-20%) proprietary (5%)	In situ	Landfill	Mass >20% (volume >30-35%)	Full scale
Marathon Steel, Phoenix, AZ Silicat, Tech.	Pb, Cd	150,000 yd ³	Dry - landfill	N	Portland cement and silicates (Toxsorb) TM	Varied 7-15% (cement)	Concrete batch plant	Landfill	NA	Full scale
Alaska Refinery HAZCON	Oil/oil sludges	2,300 yd ³	Sludges, variable	Y	Portland cement and proprietary	Varied 50+	Concrete batch plant	Onsite	>35%	Full scale
Unnamed, Kentucky, ENRECO	Vinyl chloride Ethylene dichloride	180,000 yd ³	Sludges, variable	Y	Portland cement and proprietary	Varied 25 +	In situ	Onsite (2 secure cells built on site)	>7-9%	Full scale
N.E. Refinery ENRECO	Oil sludges, Pb, Cr, As	100,000 yd ³	Sludges, variable	N	Kiln dust (high CaO content)	Varied, 15-30%	In situ	Onsite	>Varied, ~20% average	Full scale
Velsicol Chemical Memphis Env. Centre	Pesticides and organics (resins, etc.) up to 45% organic	20,000,000 gallons	Sludges, variable	N	Portland cement and kiln dust, proprietary	Varied (cement 5-15%)	In situ	Onsite	>Varied ~10% or less	Full scale
Amoco Wood River Chemfix	Oil/solids Cd, Cr, Pb	90,000,000 gallons	Sludges	Y	Chemfix proprietary	NA, proprietary	Continuous flow (pro- prietary process)	Onsite	Average 15%	Full scale (site delisted 1985)

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Pepper Steel & Alloy, Miami, FL VFL Technology Corporation	Oil sat: soil Pb - 1000 ppm PCB's - 200 ppm As - 1-200 ppm	62,000 yd ³ (plus 5000 tons of surface debris)	Soils	Y	Pozzolanic and proprietary	~30%	Continuous feed (mixer proprietary) design	Onsite	~1%	Full scale
Vickery, Ohio Chemical Waste Management	Waste acid PCB's (<500 ppm), dioxins	~235,000 yd ³	Sludges (viscous)	Y	Lime and kiln dust	~15% CaO ~5% kiln dust	In situ	Onsite (TSCA cells)	>~9%+	Full scale
Wood Treating, Savannah, GA Geo-Con, Inc.	Creosote wastes	12,000 yd ³	Sludges	Y	Kiln dust	20%	In situ	Onsite lined cells	>~14%	Full scale
Wyandotte, MI Treatment Plant Chem Met	Various/combined	20 million gal/yr	Various	N	Lime		Continuous	Offsite (secure landfill)		In-plant process
Chem Refinery, TX HAZCON	Combined metals, sulfur, oil sludges, etc.	90,000 gal. (445 yd ³)	Sludges (synthetic oil sludges)	N	Portland cement and proprietary	NA	Continuous flow	Onsite (secure landfill)	>Estimated 10%	Full scale
Chicago Waste Hauling, American Colloid	Metals: Cr, Pb, Ba, Hg, Ag	55 gallon/ batch (bench study)	Various		Proprietary	10-40%	Batch mix (pug mill)	NA	>Variable	Bench scale
API sep. sludge, Puerto Rico, HAZCON	API separator sludges	100 yd ³	Sludges	N	Portland cement and proprietary	50% cement ~4% pro- prietary	Concrete batch plant	Offsite secure landfill	>~4-5%	Full scale
Metalplating, WI, Geo-Con, Inc.	Al - 9500 ppm Ni - 750 ppm Cr - 220 ppm Cu - 2000 ppm	3000 yd ³	Sludges	N	Lime	10-25%	In situ	Onsite landfill	>~4-10%	Full scale
James River Site Virginia	Kepone contaminated sediments		Wet soil sludges	N	Cement-base, thermoplastic, polymer	Various	Various		NA	Bench scale only

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Massachusetts, American Reclamation Corporation	Oil/gasoline contaminated soils	Variable	Wet soil	Y	Bitumen	Variable	Batch	Used as road patch/ paving mate- rials	NA	Bench (pilot in process)
Saco Tannery Waste Pits, Maine/VFL Tech. Corporation	Cr (>50,000 ppm) Pb (>1000 ppm) and organics	Varied	Sludge		Fly ash, quicklime	30% fly ash 10% quick lime	In-situ	Onsite	>15%	Pilot scale
Sand Springs Petro- chemical, Complex, OK/Arco	Sulfuric acid, and organics		Sludge		Fly ash, quicklime	Varied	Batch	Onsite		
John's Sludge Pit, KS/Terracon Consultants, Inc.	Pb, Cr, acid		Sludge		Cement kiln dust and fly ash	Varied	Batch		>Variable	Bench scale
Gold Coast, FL	VOC's and metals	1500 ^a yd ³	Soil					Onsite		
Gurley Pit, AR	PCB's and organics	432,470 ^a yd ³	Soil					Onsite		
Liquid Disposal Landfill, MI	PCB's, VOC's, heavy metals		Soil					Onsite		
Northern Engraving, WI	VOC's, organic, and inorganics	4400 ^a yd ³	Sludge					Onsite		
Mid South, AR	PAH's, organics, and inorganics	45,750 ^a yd ³	Soil					Onsite		
Hialeah, FL Geo-Con, Inc.	PCB's 0.800 ppm	300 yd ³ (7,000 yd ³ total)	Wet soil	N	HWT-20 TM (cement based)	15%	In situ	Onsite	>Small	Pilot scale

Site/ contractor	Contaminant (concentration)	Treatment volume	Physical form	Chemical pretreat- ment Y/N	Binder	Percentage binder(s) added	Treatment (batch/ continuous in situ)	Disposal (onsite/ offsite)	Volume increase, %	Scale of operation
Douglassville, PA HAZCON	Zn, 30-50 ppb Pb, 24,000 ppm PCB's, 50-80 ppm Phenol, 100 µg/liter Oil and grease	250,000 yd ^{3a}	Various soil/ sludges	N	Portland cement and proprietary	NA	Batch	NA	NA	Pilot scale
Portable Equipment, Clackamas, OR CHEMFIX	Pb, Cu, PCB's	40 yd ³	Soil	N	Cement, silicate	NA	Batch	NA	NA	Pilot scale
Imperial Oil Morganville, NJ Soliditech	PCB's	50 yd ³	Soil	N	Cement, proprietary	NA	Batch	NA	NA	Pilot scale

NA - Data not available

^a Total volume onsite.

Fuente: Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA wastes (EPA/625/6-89/022)

Para la EPA la E/S sigue siendo una de las principales y mayormente utilizadas tecnologías (25 % del total) para el manejo de materiales y residuos peligrosos. El método ha sido elegido como parte de la solución para más de 180 sitios del Superfondo en USA.

Como ensayos de laboratorio o pilotos, la aplicación de E/S requiere tres ensayos importantes para verificar el control de calidad del proceso:

- Formulación para la efectiva adición de cemento a la mezcla con suelo contaminado.
- Pruebas o ensayos (resistencia a la compresión de cilindros) - resistencia mecánica (para su uso en construcción).
- Cono de Abrams - Referido a la trabajabilidad del material (para su uso en construcción).
- Ensayos de lixiviados (EPA-1311).

Listado de referencias bibliográficas que soportan la aplicación de la tecnología de estabilización/solidificación:

- ✚ Remedación de suelos y aguas subterráneas por contaminación de hidrocarburos en los terminales de Mollendo y Salaverry de la Costa Peruana. 2007. Bustamante Ubaldo, José Luis.
- ✚ Eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas en operaciones norte. Petróleos del Perú – Petroperú S.A. – Proceso N° ADP-0018-2004-RTL/PETROPERU
- ✚ Solidificación / estabilización de residuos orgánicos mediante granulación con sepiolita. 2011. Félix A. López; Aurora López-Delgado
- ✚ Síntesis de nanocompuestos poliméricos a partir de arcillas orgánicamente modificadas. 2008. Norkis Salazar Serge; José L. Feijóo; Nery Suárez y María C. Hernández
- ✚ Solidification/Stabilization. Resource Guide. EPA/542-B-99-002
- ✚ Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities. (S/F). Charles M. Wilk
- ✚ Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA wastes (EPA/625/6-89/022)
- ✚ Stabilization and solidification technologies for the remediation of contaminated soils and sediments: an overview. 2005. D. Samuel Suman Raj, C. Aparna, P. Rekha, V. Hima Bindhu and Y. Anjaneyulu
- ✚ Guía para el Ciudadano sobre Solidificación/Estabilización. EPA 542-F-01-024S
- ✚ Técnicas de tratamiento innovadoras: Informe de estatus anual (EPA, octava edición, noviembre de 1996). Tecnologías innovadoras de remediación en América del Norte (EPA, ago. 1996)
- ✚ Innovative Remediation Technologies: Field Scale Demonstration Project in North America, 2nd Edition
- ✚ Remediation Technology Cost Compendium - Year 2000
- ✚ 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
- ✚ DOE, 1992. In Situ Vitrification, Technology Transfer Bulletin, prepared by Battelle's Pacific Northwest Laboratories for DOE, Richland, WA
- ✚ DOE, January 1992. "ISV Planning and Coordination," FY92 Technical Task Plan and Technical Task Description, TTP Reference No. RL-8568-PT

- ✚ DOE, July 1992. "116-B-6A Crib ISV Demonstration Project," FY92 Technical Task Plan and Technical Task Description, TTP Reference No. RL-8160-PT
- ✚ DOE, April 1995. Technology Catalogue, Second Edition, Office of Environmental Management & Office of Technology Development, DOE/EM-0235
- ✚ EPA, 1989. Chemfix Technologies, Inc. Chemical Fixation/Stabilization, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/011a, PB91-127696, and Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/011b, PB90-274127
- ✚ EPA, 1989. Hazcon Solidification, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/001a, PB89-158810; Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/001b, PB89-158828; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/001; and Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/001
- ✚ EPA, 1989. IWT/GeoCon In-Situ Stabilization, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/004a; Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/004b, PB89-194179; Technology Evaluation, Vol. III, EPA/540/5-89/004c, PB90-269069; Technology Evaluation, Vol. IV, EPA/540/5-89/004d, PB90-269077; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/004; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/004; Technology Demonstration Summary Update Report, EPA/540/S5-89/004a; and Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/004
- ✚ EPA, 1989. SITE Program Demonstration Test International Waste Technologies In Situ Stabilization/Solidification Hialeah, Florida, Technology Evaluation Report, EPA RREL, Cincinnati, OH, EPA/540/5-89/004a
- ✚ EPA, 1989. Soliditech, Inc. Solidification, EPA RREL, series includes Technology Evaluation, Vol. I, EPA/540/5-89/005a; Technology Evaluation, Vol. II, EPA/540/5-89/005b, PB90-191768; Applications Analysis, EPA/540/A5-89/005; Technology Demonstration Summary, EPA/540/S5-89/005; and Demonstration Bulletin, EPA/540/M5-89/005
- ✚ EPA, 1989. Stabilization/Solidification of CERCLA and RCRA Wastes: Physical Tests, Chemical Testing Procedures, Technology Screening, and Field Activities, EPA, CERL, Cincinnati, OH, EPA/625/6-89/022
- ✚ EPA, 1990. International Waste Technologies/Geo-Con In Situ Stabilization/Solidification, Applications Report, EPA, ORD, Washington, DC, EPA/540/A5-89/004
- ✚ EPA, 1993. Solidification/Stabilization and Its Application to Waste Materials, Technical Resource Document, EPA, ORD, Washington, DC, EPA/530/R-93/012
- ✚ EPA, 1993. Solidification/Stabilization of Organics and Inorganics, Engineering Bulletin, EPA, ORD, Cincinnati, OH, EPA/540/S-92/015
- ✚ EPA, 1994. In-Situ Vitrification Geosafe Corporation, EPA RREL, Demonstration Bulletin, EPA/540/MR-94/520
- ✚ EPA, 1995. Remediation Case Studies: Thermal Desorption, Soil Washing, and In Situ Vitrification, Federal Remediation Technologies Roundtable, Report, EPA/542/R-95/005
- ✚ 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, EPA/540/R-97/008
- ✚ Federal Remediation Technologies Roundtable, 1995. Remediation Case Studies: Thermal Desorption, Soil Washing, and In Situ Vitrification, EPA/542/R-95/005

C. Oxidación química

Esta técnica consiste básicamente en un proceso de reacción química de óxido reducción (redox) que convierte los contaminantes peligrosos en compuestos no peligrosos menos tóxicos, que son más estables, menos móviles y/o inertes (U.S. EPA. 2006).

Los agentes oxidantes más usados son peróxido de hidrogeno, hipoclorito, dióxido de cloro, y el peróxido de hidrogeno y hierro, conocido como Fenton (U.S. EPA. 2006). Este último reactivo, es muy usado para reducir los niveles de contaminación por compuestos orgánicos, y permite ser aplicado in situ o ex situ. La aplicación de los reactivos en forma gradual puede acelerar la biodegradación de los compuestos orgánicos.

En cuanto la experiencia se tiene la aplicación de la técnica en un pantano de del sur de Louisiana que por sus condiciones fue inviable el uso de tecnologías de remediación convencionales para mitigar un lanzamiento desde una tubería de productos el transporte de gasolina, Debido a que este sitio remoto está bajo el agua gran parte del año (tal como la selva peruana) y no tiene acceso a electricidad (otra similitud del caso planteado y la selva peruana), sistemas de remediación convencionales tales como la extracción y extracción de vapores de suelo o de bomba, no eran aplicables. La biorremediación también se descartó debido a los gastos del material generador de oxígeno y la dificultad de los métodos convencionales de colocación de los compuestos en el terreno pantanoso. En cuanto a las conclusiones del caso indicado el uso de la química fue un éxito y no se presentó rebote en los niveles de contaminantes, el sitio no ha recibido ninguna acción de remediación ambiental adicional.^{ttt}

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).^{uuu}

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%.

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

^{ttt} 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

^{uuu} 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

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.^{vvv}.

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

^{vvv} Guía del ciudadano sobre la oxidación química in situ, EPA, 2012

- ✚ California Base Closure Environmental Committee (CBCEC), 1994. Treatment Technologies Applications Matrix for Base Closure Activities, Revision 1, Technology Matching Process Action Team, November, 1994.
- ✚ EPA, 1993. Lawrence Livermore National Laboratory Superfund Site, Project Summary, EPA/540/SR-93/516.
- ✚ EPA, 1991. Chemical Oxidation Treatment, Engineering Bulletin, EPA, OERR and ORD, Washington, DC, EPA/530/2-91/025.
- ✚ Mayer, G., W. Bellamy, N. Ziemba, and L.A. Otis, 15-17 May 1990. "Conceptual Cost Evaluation of Volatile Organic Compound Treatment by Advanced Ozone Oxidation," Second Forum on Innovative Hazardous Waste Treatment Technologies: Domestic and International, Philadelphia, PA, EPA, Washington, DC, EPA Report EPA/2-90/010.
- ✚ USAEC, 1997. "Catalyzed Hydrogen Peroxide Treatment of 2, 4, 6-Trinitrotoluene in Soils" in Innovative Technology Demonstration, Evaluation and Transfer Activities, FY 96 Annual Report, Report No. SFIM-AEC-ET-CR-97013, pp. 77-78.
- ✚ USAEC, 1997. "Remediation of Chemical Agent Contaminated Soils Using Peroxysulfate" in Innovative Technology Demonstration, Evaluation and Transfer Activities, FY 96 Annual Report, Report No. SFIM-AEC-ET-CR-97013, pp. 93-94.

5.5.4 Análisis de costo/efectividad de las posibles alternativas.

Cabe señalar, que la efectividad se consigue cuando la relación entre los objetivos iniciales y los resultados obtenidos considerando el costo, se hace óptima. La relación costo/efectividad (ACE) permite evaluar y jerarquizar en función de sus costos y efectividad la técnica de remediación ambiental del sitio que cumpla con los objetivos iniciales planteados.

Se aclara que la ACE es diferentes al Análisis Costo/Beneficio (C/B), esta última tiene como objetivo, determinar si un proyecto es eficiente económicamente.

Las características de la metodología ACE son:

- Permite la evaluación de alternativas de técnicas en función de su costo y sus efectos con respecto al grado de remediación esperado
- Se requiere una medida común de efectividad, en este caso el volumen estimado a remediar
- Como resultado, se obtendría como resultado que la Alternativa "A" es más costo-efectiva que alternativa "B" considerando el mismo resultado.

Siguiendo con la metodología, se propone el uso de la siguiente fórmula para cada alternativa seleccionada:

$$ACE = E/C$$

$$E = (\% Efc \times Vtr) / tr$$

Donde:

- ACE: Relación costo/efectividad.
- E: Efectividad, que viene dado por:
 - % Efc: Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación.
 - Vtr: Volumen total a remediar.
 - tr: Tiempo requerido.

- C: Costo de la técnica: el cual es estimado con base a la revisión bibliográfica.

Una vez obtenido el valor para cada alternativa, se selecciona aquella con menor valor (ACE) obtenido.

En este sentido, para el sitio S0111 (Sitio 16) se determina cada valor para las potenciales alternativas seleccionadas:

A. Oxidación química

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Considerando que el proceso de oxidación se realiza directamente en el sitio impactado, y tomando en cuenta que como desventaja de esta técnica el contenido de arcilla del suelo (poco permeable) la efectividad de la técnica podría estar en el orden del 70 % - 80 %.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo requerido el proceso de oxidación química *in situ* dentro de un volumen de 152,72 m³ se estima en 1 mes aprox.

- Costo de la técnica:

El costo de la técnica puede variar entre 190 a 660 US\$/m³, para objeto de cálculo se estima en 350 US\$/m³.

B. Estabilización / Solidificación

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Considerando la extracción suelo superficial impactado que representaría un riesgo a la salud y al ambiente, la efectividad de la técnica en cuanto a remediación del sitio es del 100 %.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo requerido para la extracción de suelo según el volumen señalado más el tiempo para su estabilización con cal y su solidificación con cemento y finalmente su colocación en el mismo sitio impactado, para lo cual se estima un tiempo de 1 mes aproximadamente.

- Costo de la técnica:

En general, el costo de la técnica de estabilización/solidificación se estima un costo de 250 US\$/m³:

C. Aislamiento con geomembrana

- Porcentaje de efectividad de la técnica de remediación:

Considerando la extracción suelo superficial impactado que representaría un riesgo a la salud y al ambiente, la efectividad de la técnica en cuanto a remediación del sitio es del 100 %.

- Tiempo requerido:

Se considera el tiempo requerido para la extracción de suelo según el volumen señalado más el tiempo de la construcción del relleno de seguridad, se estima sería de 1 mes aprox.

- Costo de la técnica:

En general, el costo incluye la construcción del relleno, la extracción y el traslado al relleno de

seguridad del suelo superficial impactado, se estima un costo de 300 US\$/m³:

En los siguientes cuadros, se presenta el resumen comparativo y el resultado del análisis – costo efectividad de las alternativas evaluadas.

Cuadro 5-10 Resumen de alternativa del sitio S0111 (Sitio 16)

Tecnología remediación	Efectividad	Volumen	Tiempo	Costo (\$/m ³)
	%	(m ³)	(meses)	
Aislamiento con geomembrana	100%	152,72	1	300
Estabilización / Solidificación	100%	152,72	1	250
Oxidación química	80%	152,72	1	350

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

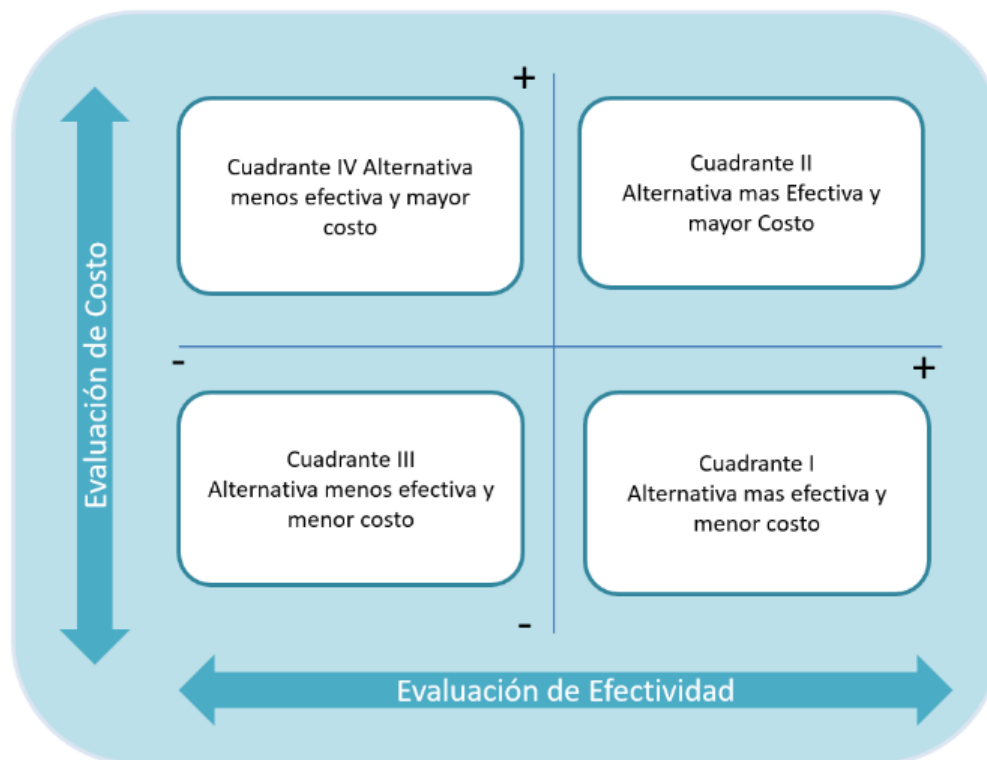
Cuadro 5-11 Resultados del análisis costo-efectividad del sitio S0111 (Sitio 16)

Tecnología	E	C (US\$/ m ³)	ACE
Confinamiento en celda con geomembrana	152,72	300	0,51
Solidificación / Estabilización	152,72	250	0,61
Separación electrocinética	122,18	350	0,35

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

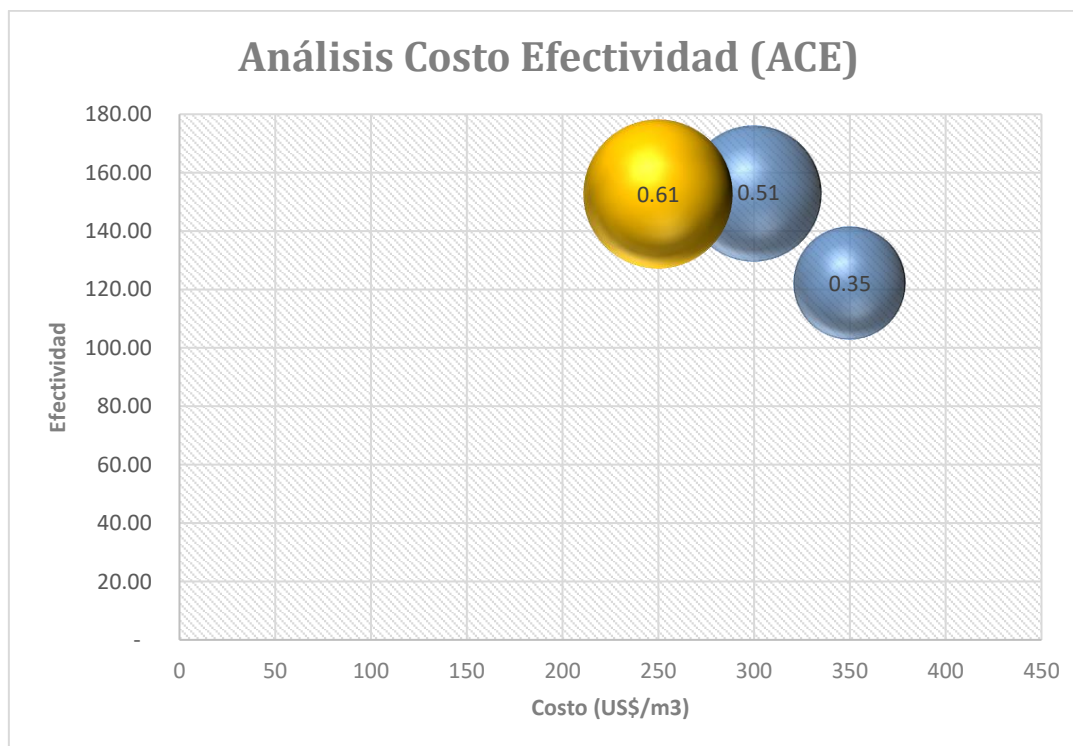
De acuerdo con el análisis costo-efectividad la alternativa seleccionada la alternativa con el mayor valor (ACE) resultó la **Estabilización / Solidificación (*ex situ*)**, donde la esfera de mayor tamaño representa la mejor relación Costo/Efectividad, véase la Figura 5-6.

Figura 5-5 Relación costo-efectividad



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

Figura 5-6 Representación gráfica del ACE por técnica evaluada



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

5.5.5 Propuesta seleccionada de acciones de remediación.

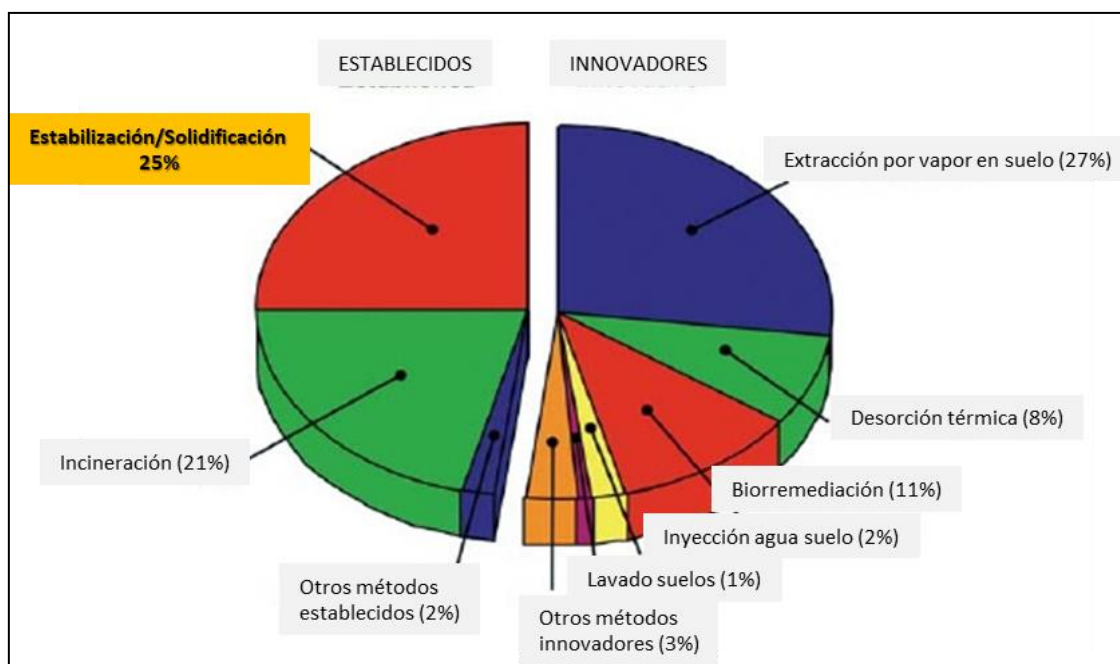
Como productor del desarrollo de las distintas etapas de análisis para la selección de la alternativa tecnológica de remediación, las cuales se desarrollan a lo largo de este documento, se determinó que la tecnología **Solidificación/Estabilización *ex situ* (E/S)** resulta la más viable, técnica y económicamente para el tratamiento de suelos contaminados en el sitio impactado S0111 (Sitio 16).

El tratamiento por E/S implica mezclar un reactivo de unión en el medio o material contaminado. Aunque los términos solidificación y estabilización suenan similares, describen diferentes efectos que los reactivos de unión crean para inmovilizar componentes peligrosos. Mientras la estabilización se refiere a los cambios químicos de los componentes peligrosos en un desecho; la solidificación se refiere a cambios en las propiedades físicas de un residuo. Los cambios deseados generalmente incluyen un aumento de la resistencia a la compresión, una disminución de la permeabilidad y la encapsulación de componentes peligrosos. Los cambios deseados incluyen la conversión de los constituyentes en una forma menos soluble, móvil o tóxica.

El cemento es especialmente adecuado para su uso como reactivo E/S para contaminantes metálicos. La mezcla de residuos peligrosos inorgánicos, en este caso metales, con cemento, seguido de agua para la hidratación, resulta en la formación de estructuras cristalinas que consisten en aluminosilicatos cálcicos que, sumado al elevado pH del cemento los metales son retenidos, por tanto, se reduce su movilidad por: (a) la formación de hidróxidos, carbonatos o silicatos insolubles; (b) sustitución del metal en una estructura mineral; y (c) encapsulación física. El tratamiento E/S también puede reducir la toxicidad de algunos metales pesados por cambios en el estado de valencia.

Por otro lado, es la tecnología más ampliamente utilizada como técnica de remediación para suelos y sedimentos con presencia de metales (Figura 5-7).

Figura 5-7 Frecuencia del uso de E/S en comparación con otras tecnologías



Fuente: Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities. Charles M. Wilk

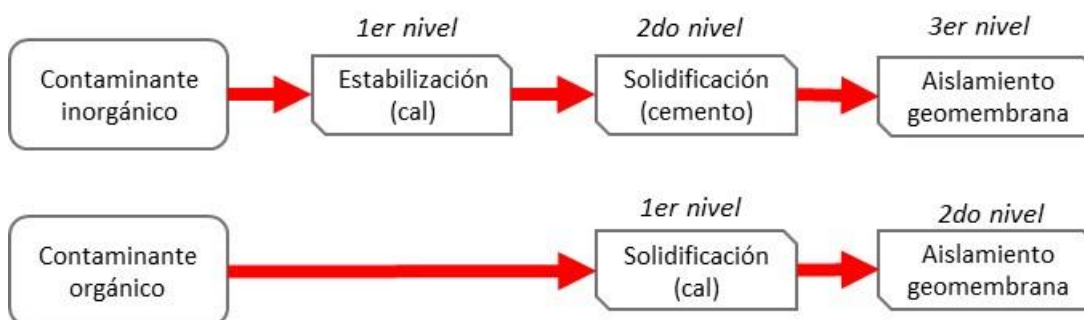
Dado el marcado énfasis social del proyecto de remediación para la cuenca del río Corrientes, se estimó pertinente considerar estrategias tecnológicas adicionales que permitieran combinar las alternativas de remediación seleccionadas, en este caso la **estabilización/solidificación** con algún procedimiento/tecnología (de tratamiento o disposición) 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 **estabilización/solidificación** conjuntamente con el **aislamiento con geomembrana**, 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 de la estabilización/solidificación con el aislamiento con geomembrana 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 propuestos 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.

5.5.6 Análisis de los riesgos operacionales para la ejecución de las actividades y en concordancia con la experiencia en campo.

El proceso de estabilización/solidificación (E/S), especialmente la mezcla y el fresado de materiales de grano fino como cenizas volantes y el cemento, tiene la capacidad de generar emisiones fugitivas y polvo respirable. En determinadas condiciones, las emisiones fugitivas pueden presentar un problema de exposición potencial para el personal en el sitio y pueden potencialmente migrar más allá del área de trabajo y del límite del sitio. Se hace necesario identificar los equipos de protección personal y efectuar un control de polvos y particulados.

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.

Se recomienda el desarrollo de un manual en Seguridad para la empresa que efectúe la remediación, que contemple los procesos asociados a la remediación por Estabilización/Solidificación conjuntamente con el aislamiento con geomembrana 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 Estabilización/Solidificación y aislamiento con geomembrana:

A. Peligros físicos

- Descripción: durante la excavación del suelo, los trabajadores pueden resultar gravemente heridos por equipos pesados, como cargadores frontales, jardineras, rasquetas y otros equipos.
Control: El equipo pesado debe estar equipado con una alarma de respaldo que alerta a los trabajadores.
- Descripción: Las barrenas giratorias o las retroexcavadoras representan un peligro para los trabajadores ya que la ropa suelta puede enredarse con las barrenas giratorias.
Control: Toda la ropa suelta debe estar asegurada. Los trabajadores deben mantenerse alejados de los equipos giratorios y en movimiento.
- Descripción: Pueden existir riesgos de incendio y explosión cuando se usan retroexcavadoras u otros métodos de excavación si entran en contacto o rompen ductos o tuberías como líneas subterráneas.
Control: para controlar los riesgos de contacto con la red, identifique la ubicación de todas las tuberías subterráneas antes de la excavación.
- Descripción: los molinos y equipos similares utilizados para mezclar suelos pueden estar equipados con ejes de transmisión, ruedas dentadas, cadenas, poleas u otros mecanismos

giratorios / giratorios sin protección. La exposición al equipo sin vigilancia puede hacer que los trabajadores se enreden.

Control: Todos los mecanismos de movimiento deben estar protegidos para evitar el contacto accidental. Los trabajadores deben operar el equipo solo cuando los guardias estén en su lugar, y usar el equipo de protección personal (PPE) y la ropa adecuados.

- Descripción: la E/S a veces puede provocar la desgasificación de sustancias peligrosas. Como ejemplo, cuando hay cantidades de magnesio presentes, la mezcla con cemento provocará la liberación de gas de hidrógeno de una reacción de agua-magnesio y presentará un riesgo de incendio o explosión. Esto puede ser un problema con la estabilización en tambores y otros recipientes.

Control: Las áreas de trabajo donde se lleva a cabo la estabilización deben estar bien ventiladas y monitoreadas según sea necesario para detectar gases explosivos.

- Descripción: el lavado a presión con vapor del equipo puede exponer a los trabajadores a peligros térmicos o de quemaduras, a los peligros de los ojos debido a los proyectiles voladores que se desprenden durante el lavado a presión, a los peligros de resbalones de las superficies mojadas y al ruido.

Control: las quemaduras térmicas se pueden prevenir usando guantes aislados (por ejemplo, guantes de tela de sílice). Las lesiones oculares y la pérdida de audición se pueden prevenir usando gafas de seguridad y protección auditiva durante las actividades de lavado a presión. El riesgo de resbalones puede ser controlado por trabajadores que usan botas antideslizantes y drenan el agua de la operación de descontaminación hacia un tanque o foso.

- Descripción: Durante las actividades en el sitio, los trabajadores pueden estar expuestos a la luz solar directa e indirecta y a calor intenso. 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. La exposición al estrés por calor puede minimizarse tomando descansos frecuentes, tomando líquidos adecuados y realizando trabajos durante las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde.

- Descripción: El equipo pesado (pequeño y grande) utilizado para las operaciones del sitio puede rodar en pendientes pronunciadas o en terrenos inestables, aplastando al operador.

Control: El ángulo de la pendiente debe estar diseñado para minimizar el potencial de vuelco. El contratista de construcción debe mantener condiciones de operación seguras para el equipo durante la construcción. El equipo pesado debe estar equipado con dispositivos de protección contra vuelcos (ROPS) y no debe operarse en pendientes pronunciadas o en terrenos inestables.

- Descripción: El levantamiento manual de objetos pesados puede exponer a los trabajadores a lesiones de espalda, brazos y hombros.

Control: No se debe exigir a los trabajadores que levanten cargas pesadas manualmente. Algunas cargas pueden requerir dos personas. Aplicar las técnicas de levantamiento adecuadas

- Descripción: El funcionamiento de los sistemas de solidificación / estabilización tanto in situ como ex situ puede presentar un riesgo de ruido para los trabajadores.

Control: Los trabajadores deben usar protección auditiva de acuerdo con los requisitos de Ley.

B. Peligros químicos

- Descripción:** Durante las operaciones de excavación y mezcla (in situ o ex situ), los trabajadores pueden estar expuestos a riesgos de inhalación / ingestión / dérmicos de polvos contaminados en el aire, compuestos orgánicos volátiles (VOC) y materiales de desecho.

Control: La generación de contaminantes en el aire puede reducirse mediante la aplicación periódica de agua a las áreas activas de excavación y mezcla. La selección de los tipos adecuados de EPP (por ejemplo, un respirador purificador de aire equipado con filtros / cartuchos aprobados [filtros HEPA para partículas, cartuchos OV para vapores o filtros / cartuchos combinados para protección doble] y protección ocular).
- Descripción:** Se puede producir una mejora de la eliminación de gases de COV como resultado del calor generado durante el proceso de estabilización. Además, los compuestos de amonio pueden liberar amoníaco cuando se mezclan con cemento. Los trabajadores pueden estar expuestos a COV por inhalación o vías de exposición cutánea.

Control: La generación de COV en el aire puede reducirse mediante la aplicación periódica de agua o espumas supresoras de emisiones a las áreas activas de excavación y mezcla.

C. Peligros biológicos

- Descripción:** Los trabajadores pueden estar expuestos a una gran variedad de peligros biológicos, incluidas las serpientes, abejas, avispas, garrapatas, avispones y roedores, durante cualquier fase de la remediación.

Control: se deben realizar inspecciones periódicas del sitio para identificar nidos de insectos que pican y para detectar la presencia de serpientes. Las empresas de exterminio profesional deben ser consultadas para su eliminación. Se pueden usar repelentes contra insectos y garrapatas para controlar la exposición.

Adicionalmente, como 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 la cual debe 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, por ejemplo. También considerar el uso de un sistema de recubrimiento sintético.
- El área de descontaminación de equipos debe ser una superficie dura, en la que las aguas de lavado se retendrán mediante un bordillo perimetral y se recogerán por medio de una canaleta y un sumidero.
- Durante la operación se deben mantener bidones, bolsas u otros tipos de contenedores en lugares estratégicos de las áreas de trabajo y en los caminos de acceso, para su uso en la limpieza de en caso de derrames de contingencia de suelo contaminado.
- En el área almacenamiento de suelos contaminados, se debe construir alrededor del emplazamiento un sistema de desvío y recogida de las aguas de escorrentía superficial, así como poza de almacenamiento de las aguas de escorrentía contaminadas.
- Se debe contar con un procedimiento de inspección visual. Esta inspección permitirá decidir sobre la forma de manejo más adecuada desde el punto de vista de seguridad, así como corregir o detectar eventos no deseados.

- Se debe contar con equipo extintores (arena, espuma, etc.).

Por otra parte, es fundamental seguir los procedimientos de seguridad e higiene que garanticen la adecuada protección del personal durante las operaciones a realizar en los espacios contaminados. La EPA y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) han publicado varias guías aplicables.

Estas medidas garantizan la seguridad en el lugar de trabajo y establecen condiciones de trabajo/operación segura durante la implementación de la remediación. Igualmente, es importante proporcionar información actualizada sobre los procesos asociados y los riesgos inherentes a estos, tanto para los operadores como para las comunidades

5.5.7 Lista de alternativa de remediación aplicable.

En el ítem 5.5.1: Descripción de las alternativas de remediación, en el Cuadro 5-4 (Lista de tecnologías de remediación aplicables al sitio impactado) se presenta el listado de tecnologías que potencialmente podrían ser aplicadas en el sitio impactado S0111 (Sitio 16). Posterior a un segundo análisis de alternativas, quedaron como tecnologías técnicamente viables las que se presentaron en el Cuadro 5-7 *Resultados de Alternativas de Matriz del sitio S0111 (Sitio 16)*.

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 aislamiento con geomembrana.

5.6.1 Superficie y volumen por 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 los resultados del documento de caracterización y del documento del ERSA realizados para el sitio S0111 (Sitio 16), los contaminantes de preocupación presentes se resumen exclusivamente en los siguientes: TPH-F2, en suelos; y arsénico y sumatoria de TPH en sedimentos.

Se estableció como procedimiento de trabajo para determinar la pertinencia de adoptar los niveles de remediación objetivo la distancia a que se pudiera encontrar el sitio impactado de un buffer de 30 metros a partir de la poligonal del área que encierra las facilidades operativas. Este ejercicio de análisis espacial para el sitio impactado S0111 (Sitio 16) se muestra en el Anexo 6.4.3.2 (Figura de definición de áreas operacionales para la determinación de los niveles de remediación del Sitio S0111 (Sitio 16)).

El criterio de remediación que se adoptó fue el de superponer dos poligonales:

- Poligonal que encierra el sitio impactado del sitio S0111 (Sitio 16)
- Poligonal que encierra facilidades operativas, más un buffer externo de protección de 30 metros

Al superponer las dos poligonales, si espacialmente la poligonal del sitio se encuentra dentro de la poligonal de las facilidades operaciones, los niveles de remediación objetivo serán los industriales, de lo contrario se asumirán los agrícolas.

Aplicando el criterio para el sitio S0111 (Sitio 16): el polígono norte se encuentra en un

50% dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado relevante mantener un criterio de Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo agrícola, el polígono sur se encuentra en un 100% dentro del área de facilidades operativas más buffer, por lo que se ha considerado -preliminarmente- un Nivel de Remediación Objetivo con valores de ECA para suelo industrial.

Sin embargo, aun cuando los resultados de la evaluación espacial (la poligonal sur del sitio impactado se encuentra dentro del área de facilidades operativas) y, considerando el contexto marcadamente social en que se enmarca este proyecto, se ha considerado para el sitio S0107 (Sitio 1), mantener un criterio de **Nivel de Remediación Objetivo al ECA de suelo agrícola**, es decir el más exigente.

Al comparar las excedencia del sitio S0111 (Sitio 16), con los niveles de remediación obtenidos de acuerdo a la zonificación descrita anteriormente solo se obtiene un área a remediar en el polígono sur, en cuanto al polígono norte no se considera necesario remediar, sin embargo, se recomienda una intervención con excavación manual y retiro del materia del sitio de la Fracción F2 de hidrocarburo, que ha sido considerados como de preocupación y que revisten un riesgo para los componentes abiótico y ecológico.

La acción propuesta para el Polígono Norte responde básicamente a eliminar las evidencias visuales de contaminación que, aunque posiblemente ya se encuentren en un alto estado de meteorización, son objeto de un alto rechazo por parte de las comunidades.

Para el sitio S0111 se considera la intervención en el polígono norte, el cual corresponde a la recolección manual de material con evidencias visuales de contaminación, considerando que solo se recolectará un 25% del área total, en cuanto al polígono sur se realizará la extracción del suelo superficial donde se encuentran los valores más altos de TPH, se puede observar en la Figura 5-9. El tipo de intervención a ejecutarse en este sitio comprende un tratamiento por excavación, extracción y finalmente la aplicación de la tecnología de estabilización/solidificación y el aislamiento con geomembrana.

En cuanto a la profundidad se considera de 0,30 m para el polígono norte (Se asume esta profundidad por ajustarse a las dimensiones del equipo manual de extracción que comúnmente es utilizado en estas labores (pala)) y 0,60 m para el polígono Sur (profundidad definida como suelo superficial).

El cuadro siguiente presenta la superficie y el volumen de suelo a remediar para el referido sitio impactado.

Cuadro 5-12 Área y volumen impactada sitio S0111 (Sitio 16)

Estimación de Volumen a Remediar			
Medio	Profundidad (m)	Superficies (m ²)	Volumen (m ³)
Suelo: Polígono Norte	0,0-0,3	714,84	214,45 * 25% = 53,61
Suelo: Polígono Sur	0,0-0,6	131,85	79,11
Sedimentos	0,2	100	20
Total			152,72

*Se obtiene considera la superficie total del sitio, por la profundidad a remediar por el % de suelo a recolectar estimado (287,03*25%)
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

Es importante señalar que el volumen de suelo para remediar no necesariamente tiene que ser igual al volumen de suelo impactado. Los criterios para definir lo señalado dependerá, en general por:

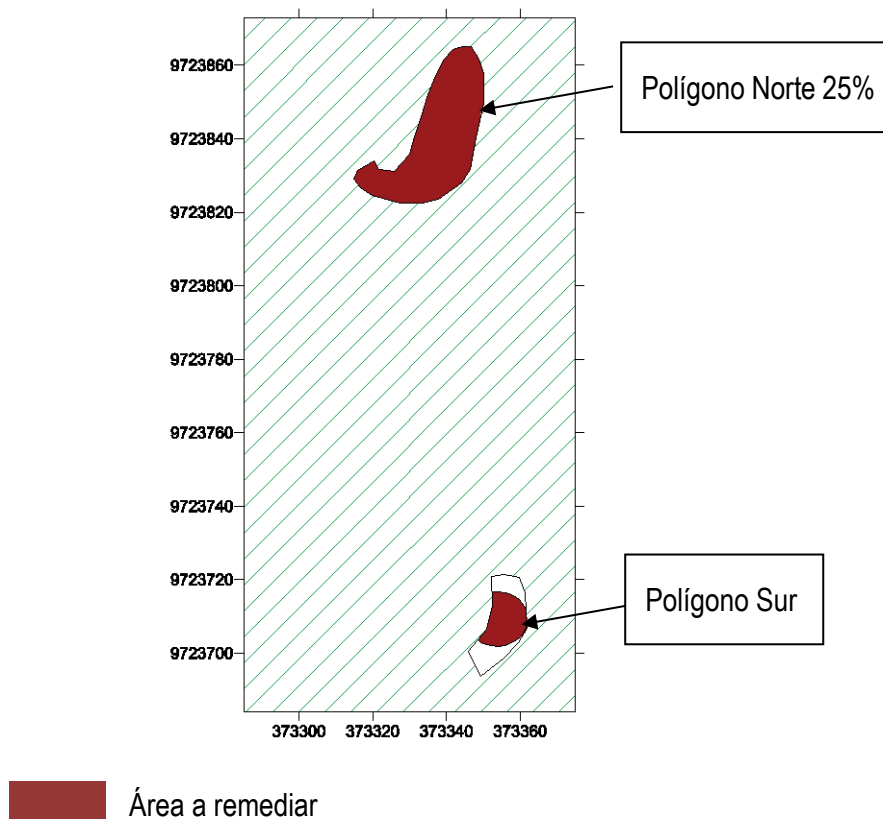
- Características geomorfológicas del sitio y presencia de barreras (naturales o antrópicas)
- El tipo de contaminante presente (hidrocarburos o metales).
- Las características estratigráficas del suelo, en particular la presencia de estratos impermeables.
- La presencia de actividades antrópicas en el área, relacionado con los resultados del ERSA realizado en el sitio.

Para el sitio S0111 (Sitio 16) solo se encontraron excedencias de F2 en el polígono sur, sin embargo, se propone remediar la capa del suelo superficial de 0,30 m que cubre el área de 152,72 m² en el polígono norte hasta una profundidad de 0,3 m, donde se observó evidencia de hidrocarburo.

En cuanto a los sedimentos se ha considerado remediar arsénico y sumatoria de TPH en sedimentos una superficie de 100 m² a una profundidad de 0,20 m.

El material extraído será tratado bajo la tecnología de Estabilización / Solidificación y aislamiento con geomembrana ex situ, en un lugar aledaño al sitio impacto (cercano al campamento Shiviayacu).

Figura 5-8 Distribución espacial (superficie y fondo) de contaminante (tomando F2 como modelo) del sitio S0111 (Sitio 16)

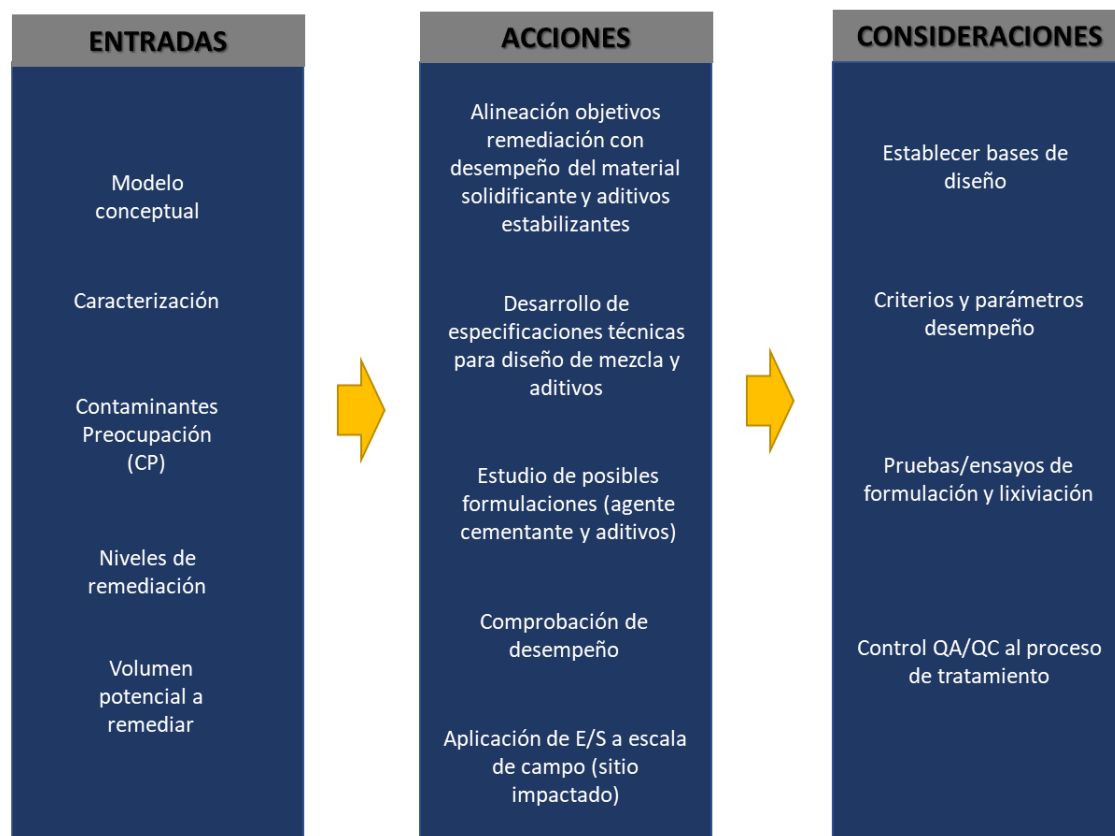


Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

5.6.2 Descripción de las acciones de remediación y rehabilitación que correspondan.

Se resumen las acciones, de forma gráfica, en la Figura 5-9.

Figura 5-9 Etapas para la planificación de la estabilización/solidificación



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

Como una etapa más en la planificación se detallan las acciones a seguir para la aplicación de la técnica de aislamiento con geomembrana a escala de campo, es decir, como acción de remediación del sitio impactado S0111 (Sitio 16).

A. Etapa I

Consiste en las primeras acciones necesarias previa al inicio del proceso de adsorción térmica.

- **Gabinete**

- Bases de diseño de la ejecución de la alternativa de remediación
- 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

- Lixiviación potencial
- **Acciones de laboratorio (ensayos en campo-piloto)**
- TCLP

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 la posibilidad del uso de equipos mecánicos para tal fin como minicargadores que, debido a su versatilidad y características permite un acceso con la menor intervención posible.

Una vez realizado el acceso del sitio, se realizará el transporte mediante carretillas hasta el área de disposición o almacenamiento temporal.

- **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.

La excavación se realizará hasta una profundidad aproximada de 0,30 m en el polígono norte 0,60 m en el polígono sur hasta completar el área de 956,78 m².

- **Relleno de suelo limpio**

Es importante el relleno de las zonas específicas de suelo contaminado extraído, esta labor debe realizarse casi en forma simultánea con la extracción. El objeto del relleno es asegurar la no exposición del suelo a las potenciales lluvias.

Para la obtención del suelo limpio se debe llevar a cabo un estudio de préstamos con las siguientes consideraciones:

Se evaluarán al menos 3 alternativas para seleccionar sitios de préstamos, que cumplan con los siguientes criterios:

- Accesibilidad; deben de ser fácilmente accesibles y que se puedan explotar por procedimientos sencillos.
- Distancia; deben de seleccionarse aquellos que produzcan las mínimas distancias de acarreo.
- Calidad; deben ser suelos limpios, libres de vegetación, palos y ramas.

Facilidad de extracción y colocación; deben ser lo más fácilmente accesibles y tener las propiedades que faciliten los procedimientos más sencillos y económicos durante su extracción.

C. Etapa III

- **Almacenamiento de suelo contaminado**

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 del área de 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 área de aislamiento**

Una vez completada la colocación del suelo del sitio impactado en el espacio de 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 área de 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 área de aislamiento, Reposición de material en el sitio) los cuales se disgregan en el siguiente Cuadro 5-13.

Los costos se elaboran de acuerdo a la propuesta de remediación para el S0111 (Sitio 16):

- 100 % del material se dispone en área de aislamiento *in situ*.

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.

Cuadro 5-13 Insumos, mano de obra y costos necesarios, así como los costos necesarios para el tratamiento y disposición

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	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	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 total de equipos menores (\$)
Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio																														
1	Puesta en marcha	SG	1,00	3 600,00	3 600,00								Ingeniero	1,00	70,00	1,00	20,00	1400,00	1 400,00											
													Proyectista	1,00	60,00	1,00	20,00	1200,00	1 200,00											
													Técnico	1,00	50,00	1,00	20,00	1000,00	1 000,00											
2	Movilización de equipos y materiales al sitio	SG	1,00	5 873,33	5 873,33	Embarcación	1,00	4 242,42	1,00	1,00	4 242,42	4 242,42	Obreros	2,00	80,00	1,00	3,00	240,00	240,00											
						Camionetas	2	363,64	1,00	3,00	1 090,91	1 090,91	Conductores	2,00	100,00	1,00	3,00	300,00	300,00											
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio	SG	1,00	5 873,33	5 873,33	Embarcación	1,00	4 242,42	1,00	1,00	4 242,42	4 242,42	Obreros	2,00	80,00	1,00	3,00	240,00	240,00											
						Camionetas	2	363,64	1,00	3,00	1 090,91	1 090,91	Conductores	2,00	100,00	1,00	3,00	300,00	300,00											
Fase II: Preparación del material in situ																														
4	Apertura de trochas	m	200,00	3,33	666,00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	1 000,00	1,00	2,00	400,00	Operario	1,00	50,00	1 000,00	1,00	0,25	50,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	1,08	216,00					
5	Extracción manual del material	m³	152,72	65,73	10 037,70								Obreros	15,00	750,00	12,00	13,00	63,84	9 750,00							Pala	15,00	9,59	0,94	143,85
																									Pico	15,00	9,59	0,94	143,85	
6	Carguío del material con instalación de polea	m³	152,72	45,50	6 949,30								Obreros	10,00	500,00	12,00	13,00	42,56	6 500,00							Carretilla	10,00	44,93	2,94	449,30
Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado																														
7	Construcción de techo tipo galpón	m²	84,00	59,92	5 033,02	Camión grúa 5 T	2,00	360,00	100,00	1,00	4,29	360,00	Obrero	6,00	240,00	100,00	1,00	2,86	240,00	Lona impermeable	m2	84,00	8,00	8,00	671,97					
													Operario	2,00	100,00	100,00	1,00	1,19	100,00	Plancha y conexión para fundación	Und	5,60	100,00	6,67	559,97					
																			Piezas de fierro para uniones	Und	111,99	4,00	5,33	447,98						
																			Vigas de Madera	m	204,39	5,00	12,17	1 021,95						
																			Pernos	Und	481,58	1,50	8,60	722,37						
																			Plástico	m²	113,60	8,00	10,82	908,79						
8	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	76,36	21,70	1 656,97	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	500,00	1,00	2,36	180,00	Obrero	4,00	160,00	500,00	1,00	2,10	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	76,36	2,00	2,00	152,72	Pala	2,00	9,59	0,25	19,18
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	500,00	1,00	2,94	224,88	Operario	2,00	100,00	500,00	1,00	1,31	100,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,08	6,00	Pico	2,00	9,59	0,25	19,18
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	500,00	1,00	1,33	101,44	Supervisor	1,00	70,00	500,00	1,00	0,92	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	2,83	216,00	Carretilla	2,00	44,93	1,18	89,86
																			Tubos PVC 4" Ranurados	l	2,40	2,33	0,07	5,59						

Cuadro 5-13 Insumos, mano de obra y costos necesarios, así como los costos necesarios para el tratamiento y disposición

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	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	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 total de equipos menores (\$)	
																				Piedra Picada	m³	6,00	9,09	0,71	54,54						
																				Toldos	Und	5,00	51,52	3,37	257,58						
Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final																															
9	Excavación y conformación de taludes	m³	154,11	14,63	2 255,15	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	100,00	2,00	5,47	842,24	Operario	2,00	100,00	100,00	2,00	1,30	200,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	3,11	480,00	Pala	2,00	9,59	0,12	19,18	
						Cisterna	0,30	27,27	100,00	2,00	0,35	54,55	Obrero	2,00	80,00	100,00	2,00	1,04	160,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	3,11	480,00	Pico	2,00	9,59	0,12	19,18	
10	Compactación	m²	165,60	11,27	1 865,65	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	155,00	2,00	3,20	530,56	Operario	2,00	100,00	155,00	2,00	1,21	200,00	Combustible Diésel	l	256,00	1,50	2,32	384,00	Pala	2,00	9,59	0,12	19,18	
						Cisterna	0,40	36,36	155,00	2,00	0,44	72,73	Obrero	2,00	80,00	155,00	2,00	0,97	160,00	Combustible Diésel	l	320,00	1,50	2,90	480,00	Pico	2,00	9,59	0,12	19,18	
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	4,00	136,36	545,45	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	1,00	4,00	100,00	400,00												
12	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante	m²	182,16	8,81	1 605,40	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	500,00	1,00	0,99	180,00	Obrero	4,00	160,00	500,00	1,00	0,88	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	182,16	2,00	2,00	364,32	Pala	2,00	9,59	0,11	19,18	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	500,00	1,00	1,23	224,88	Operario	2,00	100,00	500,00	1,00	0,55	100,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,03	6,00	Pico	2,00	9,59	0,11	19,18	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	500,00	1,00	0,56	101,44	Supervisor	1,00	70,00	500,00	1,00	0,38	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	1,19	216,00	Carretilla	2,00	44,93	0,49	89,86	
																				Piedra Picada	m³	6,00	9,09	0,30	54,54						
13	Colocación de tubería ranurada	m	2,40	70,50	169,20	Cortador de tubos 4"	1,00	127,27	10,00	1,00	469,70	1 127,27	Obrero	2,00	80,00	10,00	1,00	33,33	80,00	Tubería Ranurada	m	2,40	7,00	7,00	16,80						
													Supervisor	1,00	70,00	10,00	1,00	29,17	70,00												
Fase V: Aplicación del Tratamiento de Solidificación y estabilización y Disposición final del material tratado																															
14	Impermeabilización y sistema de drenaje	m²	25,45	74,22	1 889,13	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	2 000,00	1,00	7,07	180,00	Obrero	6,00	240,00	2 000,00	1,00	9,43	240,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m2	25,45	2,00	2,00	50,91	Pala	3,00	9,59	1,13	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	2 000,00	1,00	8,83	224,88	Operario	3,00	150,00	2 000,00	1,00	5,89	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,24	6,00	Pico	3,00	9,59	1,13	28,77	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	2 000,00	1,00	3,99	101,44	Supervisor	1,00	70,00	2 000,00	1,00	2,75	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	8,49	216,00	Carretilla	3,00	44,93	5,30	134,79	
																			-	Piedra Picada	m³	22,00	9,09	7,86	200,00						
																									Toldos	Und	5,00	51,52	10,12	257,58	
15	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado	m³	195,48	53,74	10 505,97	Excavadora sobre orugas cap. 1,3 YD3	1,00	614,56	155,00	2,00	6,29	1 229,12	Obreros	4,00	160,00	155,00	2,00	1,64	320,00	Cemento	Bolsas	905,54	6,88	31,87	6 230,11	Pala	4,00	9,59	0,20	38,36	

Cuadro 5-13 Insumos, mano de obra y costos necesarios, así como los costos necesarios para el tratamiento y disposición

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	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	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 total de equipos menores (\$)	
						Cargador sobre orugas 2 YD3	1,00	542,96	155,00	2,00	5,56	1 085,92	Supervisor	1,00	70,00	155,00	2,00	0,72	140,00	Agua	l	41,05	0,02	0,00	0,75	Carretilla	4,00	44,93	0,92	179,72	
						Vibrador de concreto	2,00	28,99	155,00	2,00	0,30	57,99	Operario	3,00	150,00	155,00	2,00	1,53	300,00	Combustible Diésel	l	616,00	1,50	4,73	924,00						
Fase VI: Cierre del Aislamiento con Geomembrana																															
16	Estudio de préstamo	SG	1,00	10 000,00	10 000,00																										
17	Colocación y compactación de 0,40 m de suelo arcilloso	m³	70,20	28,00	1 965,94	Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	1,00	265,28	155,00	1,00	3,78	265,28	Operario	1,00	50,00	155,00	1,00	0,71	50,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	2,74	192,00	Pala	3,00	9,59	0,41	28,77	
						Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	155,00	1,00	6,00	421,12	Operario	1,00	50,00	155,00	1,00	0,71	50,00	Combustible Diésel	l	160,00	1,50	3,42	240,00	Pico	3,00	9,59	0,41	28,77	
						Cisterna	0,40	200,00	155,00	1,00	2,85	200,00	Obrero	5,00	200,00	155,00	1,00	2,85	200,00	Combustible Diésel	l	160,00	1,50	3,42	240,00						
												Conductor	1,00	50,00	155,00	1,00	0,71	50,00													
18	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante	m²	193,05	8,74	1 686,75	Camión grúa 5 T	1,00	180,00	500,00	1,00	0,93	180,00	Obrero	4,00	160,00	500,00	1,00	0,83	160,00	Geomembrana HDPE (Polipropileno de alta densidad) 1,0 mm	m²	193,05	2,00	2,00	386,10	Pala	3,00	9,59	0,15	28,77	
						Equipo de soldadura eléctrica	3,00	224,88	500,00	1,00	1,16	224,88	Operario	3,00	150,00	500,00	1,00	0,78	150,00	Combustible Diésel	l	4,00	1,50	0,03	6,00	Pico	3,00	9,59	0,15	28,77	
						Generador de 38 KW	1,00	101,44	500,00	1,00	0,53	101,44	Supervisor	1,00	70,00	500,00	1,00	0,36	70,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	1,12	216,00	Carretilla	3,00	44,93	0,70	134,79	
19	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar	m³	115,83	6,08	703,84	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	1,00	421,12	250,00	1,00	3,64	421,12	Operario	1,00	50,00	250,00	1,00	0,43	50,00	Piedra Picada	m³	6,00	9,09	0,28	54,54						
												Obrero	5,00	200,00	250,00	1,00	1,73	200,00													
20	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	2,00	136,36	272,73	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	1,00	2,00	100,00	200,00												
21	Revegetación	m²	193,05	7,24	1 398,54								Obrero	3,00	120,00	100,00	2,00	1,24	240,00	Plantas	Und	96,53	10,61	5,30	1 023,75	Carretilla	3,00	44,93	0,70	134,79	
Fase VII: Reposición de material en el sitio																															
22	Carguo del material de préstamo	m³	152,72	4,36	666,00	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	155,00	1,00	2,62	400,00	Operario	1,00	50,00	155,00	1,00	0,33	50,00	Combustible Diésel	l	144,00	1,50	1,41	216,00						
23	Traslado del Material hasta el sitio	m³	152,72	22,73	3 472,00	Camión volteo de 10 a 12 m3	2,00	1 320,00	144,00	2,00	17,29	2 640,00	Conductor	2,00	100,00	144,00	2,00	1,31	200,00	Combustible Diésel	l	288,00	1,50	2,83	432,00						
												Obreros	2,00	100,00	144,00	2,00	1,31	200,00													
24	Colocación y compactación del material en el sitio	m³	152,72	13,13	2 004,80	Excavadora cap. 0,5 YD3, 110 HP	2,00	842,24	310,00	1,00	5,51	842,24	Operario	2,00	100,00	310,00	1,00	0,65	100,00	Combustible Diésel	l	160,00	1,50	1,57	240,00						
						Rodillo vibrador liso autopropulsado 10,8 HP	2,00	530,56	310,00	1,00	3,47	530,56	Operario	2,00	100,00	310,00	1,00	0,65	100,00	Combustible Diésel	l	128,00	1,50	1,26	192,00						

Cuadro 5-13 Insumos, mano de obra y costos necesarios, así como los costos necesarios para el tratamiento y disposición

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	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	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 total de equipos menores (\$)								
25	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	Día	2,00	136,36	272,73	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	1,00	2,00	100,00	200,00																			
	Perisología																																					
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																																	
30	Autorización uso de suelos para confinamiento	Und	1,00	30 000,00	30 000,00																																	
	Seguridad																																					
31	Personal de seguridad	Día	42,00	110,00	4 620,00								Supervisor	1,00	70,00	1,00	42,00	70,00	2 940,00																			
														Enfermero	1,00	40,00	1,00	42,00	40,00	1 680,00																		
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			
																															Radíos	5,00	60,61	303,03	303,03			
																																	Señalizaciones	40,00	4,00	160,00	160,00	
33	Equipos de protección personal	MO	129,00	75,10	9 687,90																									Casco	129,00	24,24	24,24	3 126,96				
																																Botas	129,00	16,66	16,66	2 149,14		
																																	Guantes	129,00	15,15	15,15	1 954,35	
																																	Mascarillas	129,00	13,03	13,03	1 680,87	
																																		Lentes	129,00	2,42	2,42	312,18
																																		Chaleco	129,00	3,60	3,60	464,40
34	Insumos Médicos / Primeros auxilios	SG	1,00	5 000,00	5 000,00																																	
	Logística																																					
35	Personal logístico	Día	42,00	140,00	5 880,00								Logístico	1,00	70,00	1,00	42,00	70,00	2 940,00																			
														Almacenero	1,00	70,00	1,00	42,00	70,00	2 940,00																		
36	Alquiler de almacén en Andoas	Día	30,00	150,00	4 500,00																																	
37	Comedor y servicios	Día	42,00	363,64	15 272,73								Campamento	30,00	12,12	1,00	42,00	363,64	15 272,73																			
38	Alojamiento	Día	42,00	121,21	5 090,91								Alojamiento	20,00	6,06	1,00	42,00	121,21	5 090,91																			

Cuadro 5-13 Insumos, mano de obra y costos necesarios, así como los costos necesarios para el tratamiento y disposición

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	Rendimiento (diario)	Tiempo (días)	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 total de equipos menores (\$)			
39	Traslado de personal	Día	42,00	784,27	32 939,45	Camionetas	4	727,27	1,00	42,00	727,27	30 545,45								Combustible Diésel	l	1 596,00	1,50	57,00	2 394,00								
40	Mantenimiento de vías	Día	2,00	1 178,55	2 357,11	Retroexcavadora, con capacidad de cucharon 0,5 m3	1,00	400,00	1,00	2,00	400,00	800,00	Operario	3,00	150,00	1,00	2,00	150,00	300,00	Combustible Diésel	l	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	1,00	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	3 790,90	3 790,90																												
42	Contingencia	SG	1,00	10 537,64	10 537,64																												
COSTO TOTAL TRATAMIENTO POR E/S (USD)						221 290,39																											

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.

Resumen de personal para la ejecución de la remediación:

Cuadro 5-14 Para la remediación con E/S y aislamiento con geomembrana

Cargo /Rol	Responsabilidad	Cant.
Supervisor	Supervisar la ejecución de las actividades según el rol que desempeñe	1
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.	2
Operario	Realizará las labores de operación de equipos y maquinaria pesada para el desarrollo de las actividades	9
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	41
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

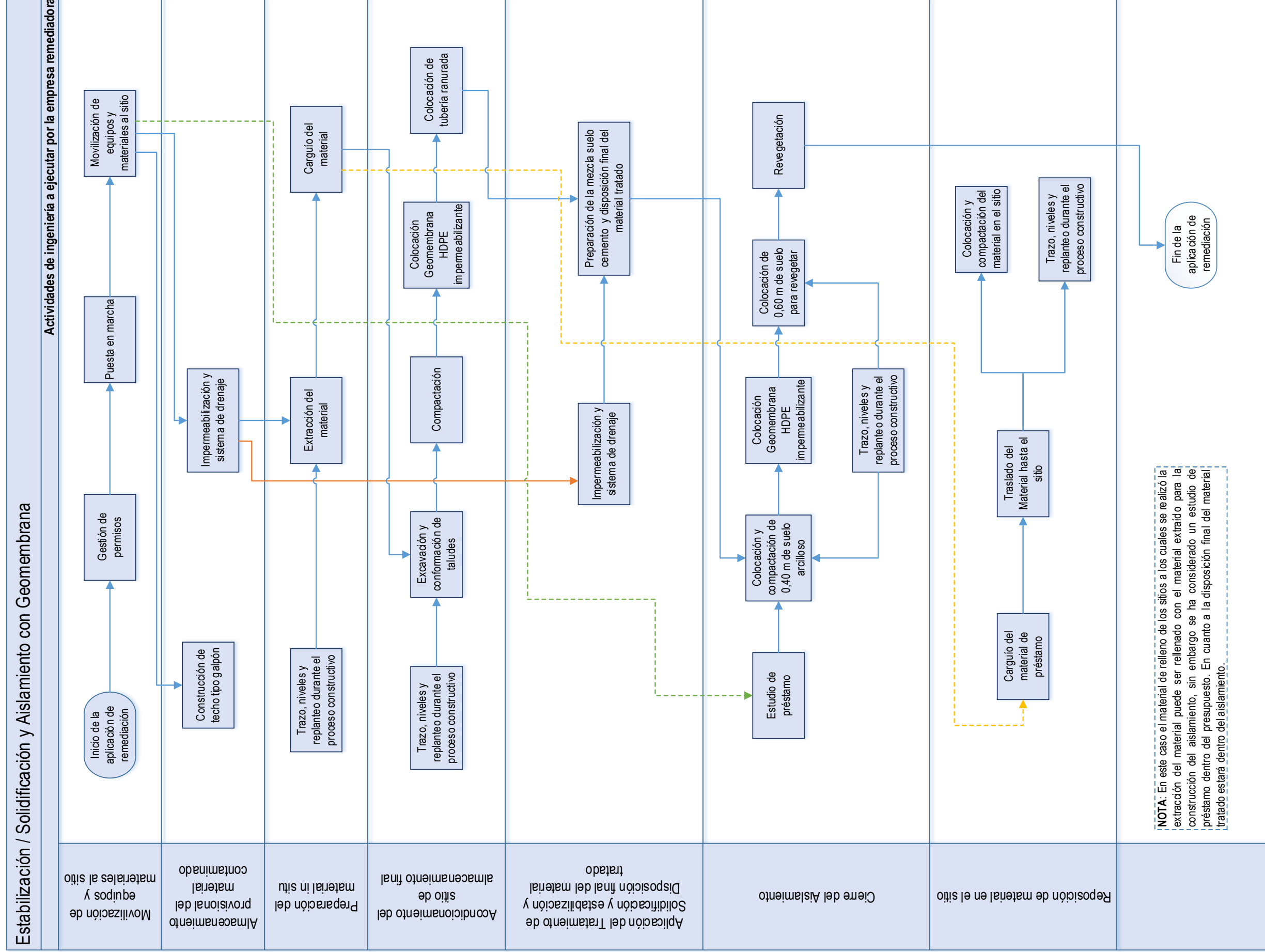
Elaboración: Consorcio JCI-HGE / FONAM-Fondo de Contingencia, 2019.

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 5-38, donde se detalla la cantidad global de trabajadores por actividad. Los trabajadores deberán estar habilitados, con exámenes médicos, vacunas y SCTR.

5.6.4 Descripción de las actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora.

Las actividades de ingeniería a ejecutar se resumen en las siguiente Figuras 5-10.

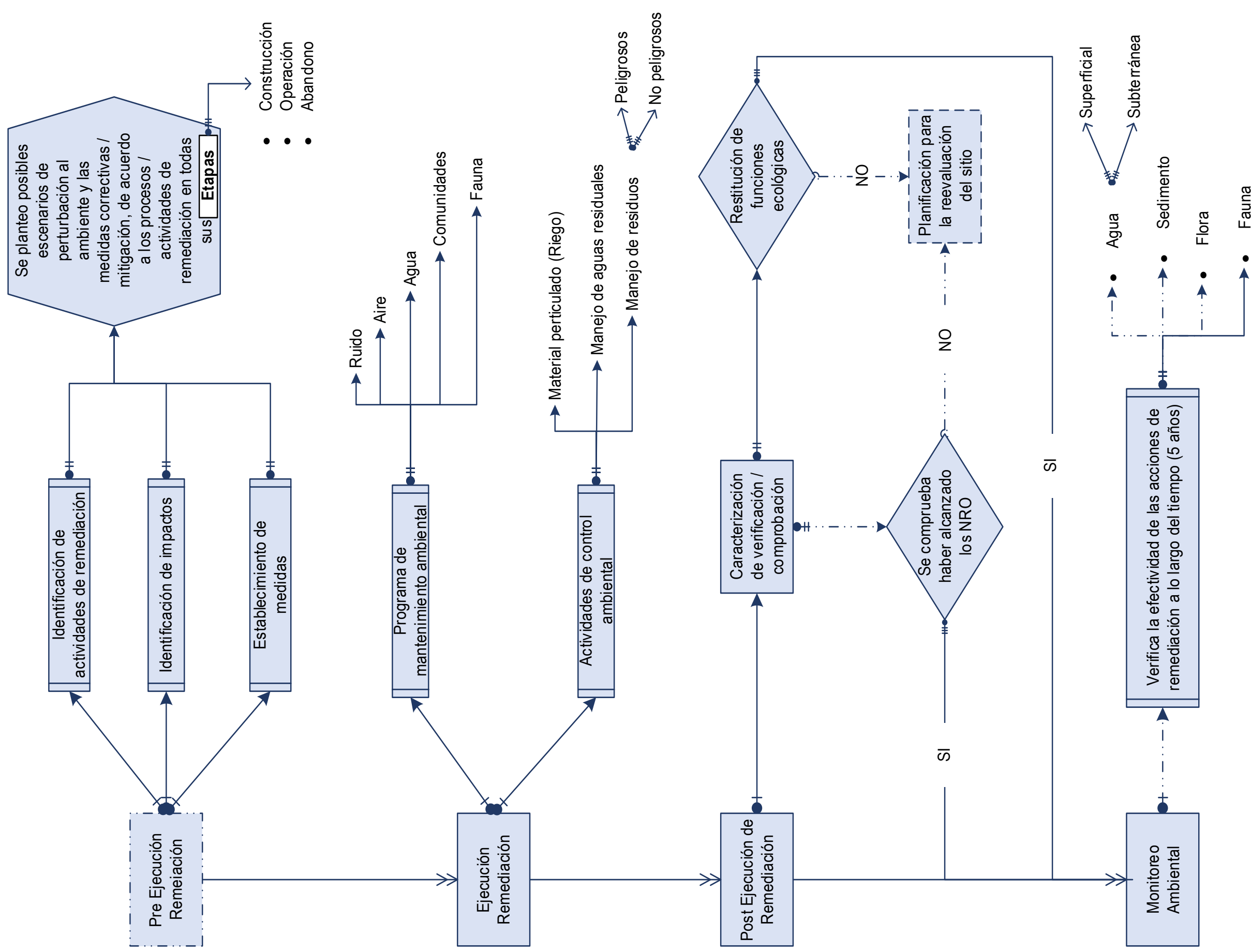
Figura 5-10 Actividades de ingeniería a ejecutar por la empresa remediadora para el caso de Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana



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

Figura 5-11 Flujoograma de actividades del PMA

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL



Cuadro 5-15 Actividades asociadas a la remediación por Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana

Actividad	Descripción
Fase I: Movilización de equipos y materiales al sitio	Esta actividad comprende 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 inicialmente la apertura de trocha, posteriormente la excavación y carguío del material contaminado hasta el sitio de almacenamiento destinado para tal fin, el material será apilado hasta una altura de 2,50 a 3,00 m, en este caso la excavación será manual debido a que es una zona inundable con suelos poco estables que imposibilitan el paso de maquinaria pesada
Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado	En esta fase se realizará la construcción del almacén provisional el cual costará de una impermeabilización con geomembrana y en techo tipo galpón, donde será destinado provisionalmente el material de forma manual.
Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final	Se realizará una excavación para la construcción del espacio de Aislamiento, este procedimiento se realizará con maquinaria hasta completar el volumen a aislar, una vez realizada la excavación se procederá al compactado de la superficie con un rodillo vibratorio lo que aumentará la característica impermeable del suelo in situ, seguidamente se colocará la geomembrana impermeabilizante y la tubería para el control de gases y lixiviado
Fase V: Aplicación del Aislamiento	En esta fase se colocará el material excavado dentro del espacio de Aislamiento previamente construido utilizando maquinaria para un mejor rendimiento
Fase VI: Cierre del espacio de Aislamiento	Una vez colocado el material dentro del espacio de 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
Fase VII: Reposición de material en el sitio	Esta actividad está supeditada al término de la actividad de excavación y comprende el carguío del material de préstamo, traslado de material hasta el sitio, colocación y compactación del material en el sitio
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 S0111 (Sitio 16) se generarán residuos sólidos que según sus características se pueden clasificar en peligrosos y no peligrosos.

Los residuos domésticos, se generarán principalmente en el campamento temporal como consecuencia de las actividades habituales de los trabajadores.

En el siguiente cuadro se presenta la estimación de generación residuos sólidos domésticos. Se ha considera una generación por persona de 0,57 kg/hab-día (correspondiente a la generación por persona de la región Loreto) y una demanda promedio de 32 trabajadores durante las tres (3) etapas del proceso de remediación.

Cuadro 5-16 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 total (m³)
0,57*	32	18,24	547,2	250,0	2,18	684	2,7

* Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios para la región de Loreto (MINAM).

** Generación total durante los 5 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 32 trabajadores y que el 80 % se convertirá en efluente doméstico, conforme a lo especificado en la Norma OS.100**, cabe resaltar que la demanda de agua potable y por consiguiente el volumen de generación de efluentes domésticos es variable y estará en función al número de trabajadores. En el siguiente cuadro se presenta el volumen máximo de generación de efluentes domésticos por día:

Cuadro 5-17 Generación de efluentes domésticos

Dotación de agua (l/hab/día)	N° de trabajadores	Demanda de agua diaria (m³/día) *	Efluentes domésticos (m³/día) **
80 *	32	2,56	2,048

* Dotación de agua para selva (MVCS, 2011).

** Se considera que el 80% del agua consumida se convertirá en efluente doméstico (NORMA OS.100).

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

- **Aguas residuales industriales (lixiviados)**

El lixiviado dentro del aislamiento con geomembrana se generaría como consecuencia de la infiltración proveniente de 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, aun cuando es poco probable la generación de efluentes (lixiviados) dentro del aislamiento, 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 movimiento de material y carga y descarga de material (excavación del espacio de aislamiento para la construcción de la geomembrana) y 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, retroexcavadora, trompo mezclador, entre otros).

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 5-18 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, entre otros)	X	X	X	X

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

5.7 Plan de Manejo Ambiental.

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).

5.7.1 Identificación de impactos ambientales

Durante las actividades de remediación-rehabilitación se generarán efluentes, emisiones atmosféricas y residuos sólidos en cantidades y volúmenes que dependerán mayormente de la tecnología o conjunto de tecnologías seleccionadas, así como del tipo de contaminante a ser tratado.

Preliminarmente, es importante identificar las actividades y en consecuencias los aspectos ambientales del proceso de remediación Estabilización / Solidificación a aplicarse en el sitio S0111 (Sitio 16) combinado al Aislamiento con geomembrana, 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 5-19 Actividades durante la etapa de construcción

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Construcción	Preparación del sitio (actividades preliminares) - Traslado de equipo (maquinaria pesada, materiales al sitio S0111 (Sitio 16). - Nivelación del terreno para almacenamiento temporal y colocación de geomembrana provisional. - Excavación y conformación de taludes del espacio de aislamiento. - Compactación dentro del área de aislamiento. - Colocación de geotextil permanente, drenajes y sistemas de control de agua. - Armado de campamento temporal.

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

Cuadro 5-20 Actividades durante la etapa de operación

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Operación	- Colocación de geomembrana para el pretratamiento del suelo. - Preparación de la mezcla suelo- cemento. - Colocación del material en el espacio de aislamiento y vibración del concreto.

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

Cuadro 5-21 Actividades durante la etapa de abandono

Etapa de Remediación	Actividades de la etapa
Abandono	- Recubrimiento del área de aislamiento - Revegetación - Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria pesada - Traslado de residuos

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

Identificación de componentes ambientales

En el Cuadro 5-22 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 S0111 (Sitio 16).

Cuadro 5-22 Componentes y factores ambientales

Componente	Factor Ambiental	
Físico	Topografía y Paisaje	Topografía
		Calidad Visual
	Calidad de Aire	Material Particulado
		Emisiones Gaseosas
	Ruido	Nivel de Ruido
	Recurso Hídrico Superficial	Cantidad del Agua Superficial
		Calidad del Agua Superficial
	Recurso Hídrico Subterráneo	Cantidad del Agua Subterránea
		Calidad del Agua Subterránea
Biológico	Suelo	Calidad del Suelo
		Uso de Suelo
	Flora Terrestre	Abundancia y diversidad
	Fauna Terrestre	Abundancia y diversidad
Socioeconómico	Flora y Fauna Acuática	Abundancia y diversidad
		Contratación de mano de obra
		Percepciones de Grupo de Interés

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

B) Identificación de impactos y riesgos ambientales

En el Cuadro 5-23 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 S0111 (Sitio 16).

Cuadro 5-23 Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales del plan de remediación - Etapa de construcción, operación y abandono

ETAPA	COMPONENTE AMBIENTAL	FÍSICO										BIOLÓGICO			SOCIO-ECONÓMICO		
	FACTOR AMBIENTAL	Topografía y Paisaje		Calidad de Aire		Ruido	Recurso Hídrico Superficial		Recurso Hídrico Subterráneo		Suelo		Flora Terrestre	Fauna Terrestre			Flora y Fauna Acuática
	SITIO S0111 (SITIO 16) TÉCNICA DE REMEDIACIÓN: ESTABILIZACIÓN / SOLIDIFICACIÓN - AISLAMIENTO CON GEOMEMBRANA	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
	ACTIVIDADES																
CONSTRUCCIÓN	Traslado de equipo (Maquinaria pesada, insumos, al sitio)		-	-	-	-		-						-		+	+
	Nivelación del terreno para almacenamiento temporal y colocación de geomembrana provisional	-	-	-	-	-						-		-		+	+
	Excavación y conformación de taludes en el área de aislamiento	-	-	-	-	-	-				+	-		-		+	+
	Colocación de geotextil permanente, drenajes y sistemas de control de agua					-						-		-			
	Armado de campamento temporal		-			-	-			-		-		-		+	+
OPERACIÓN	Colocación de geomembrana para el pretratamiento de suelo				-							-		-		+	+
	Preparación de la mezcla suelo cemento			-	-	-	-							-		+	+
	Colocación del material en el espacio de aislamiento y vibración del concreto			-	-	-							+				
	Recubrimiento del espacio de aislamiento	+	+	-	-	-	-			+						+	+
ABANDONO	Revegetación	+	+				+		+		+		+	+		+	+
	Desinstalación de campamento temporal y desmovilización de equipos y maquinaria pesada	+	+	-	-	-						+		-		+	+
	Traslado de residuos	+	+	-	-	-										+	+

Legenda:

+	Potencial Impacto Positivo Directo
+	Potencial Impacto Positivo Indirecto
-	Potencial Impacto Negativo Directo
-	Potencial Impacto Negativo Indirecto
	No se genera impacto

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

C) Impactos ambientales a mitigar

El Cuadro 5-23, detalla los impactos ambientales en las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0111 (Sitio 16) a prevenir o mitigar:

Componente físico

- Alteración de la topografía (+ / -).
- Alteración de la calidad visual (+ / -).
- Alteración de la calidad del aire (material particulado y emisiones) (-).
- Alteración de la calidad del agua (+ / -).
- Incremento de los niveles de ruido (-).
- Modificación de uso de suelo (+).
- Alteración de la calidad del suelo (+).

Componente biológico

- Alteración de la fauna terrestre (+ / -).
- Alteración de la flora terrestre (+ / -).

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 en las áreas de aislamiento en la etapa de construcción y el funcionamiento de maquinaria pesada 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 de las áreas de aislamiento con geomembrana y revegetación, que conlleva asimismo un impacto positivo en el componente biológico flora.

5.7.1.1 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

5.7.1.2 Programa de manejo de instalaciones auxiliares

Durante la operación de la técnica solidificación/estabilización se demandará habilitar un campamento, que será utilizado durante las actividades de remediación en el sitio S0111 (Sitio 16), 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, los cuales deberán ser suficientes para la cantidad de trabajadores.
- El campamento deberá establecerse preferentemente en una zona despejada sin cobertura vegetal para evitar el desbroce innecesario, asimismo deberá establecerse en un lugar seco y lejos de peligros naturales.
- Los residuos generados en el campamento serán manejados de acuerdo con el Plan de Manejo de Residuos Sólidos.
- El reabastecimiento de combustible y cambio de aceite se debe realizar en lugares impermeabilizados específicamente para este fin (ver ítem 5.7.1.9).

5.7.1.3 Programa de manejo de paisaje visual

- El suelo contaminado excavado será repuesto a su lugar de origen mezclado con cemento, para su estabilización.
- El área final excavada será cubierta con geomembrana y será revegetada con especies autóctonas.

5.7.1.4 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 (50 % del volumen total) en un camión mezclador, minimizando las emisiones de material particulado, el otro 50 % del volumen total será realizada sobre una geomembrana y rociando el material con agua, para minimizar la generación de material particulado.
- Se realizará un monitoreo de calidad de aire de acuerdo con lo estipulado en el ítem 5.9.
- Se utilizará vehículos y maquinaria pesada que cuente inspección técnica vigente.
- Durante el manejo de vehículos se reducirá el uso de claxon.

- Los grupos electrógenos y compresores serán ubicados lejos de las comunidades nativas o cercanas a áreas de recreación y alimentación.
- Los vehículos y maquinaria pesada utilizada deberán cumplir las normas de emisiones.
- Todos los equipos utilizados contarán con un plan de mantenimiento provisto por el contratista.
- Se deberá realizar un mantenimiento preventivo a todas las unidades móviles.

5.7.1.5 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.
- El mismo será utilizado para los trabajos de revegetación durante la etapa de abandono.

5.7.1.6 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.
- El efluente o agua de contacto será tratada como agua contaminada y será llevada a una EO-RS.
- Se gestionará permiso de uso de agua para el abastecimiento de agua con fines de uso industrial.

5.7.1.7 Programa de manejo de flora y fauna terrestre

La revegetación del área contaminada tendrá un impacto positivo en la abundancia de especies de flora y fauna terrestre.

Se dispondrá de un vivero temporal para la siembra y propagación de especies.

5.7.1.8 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 S0111 (Sitio 16).

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:

- 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.

5.7.1.9 Programa de relaciones comunitarias

El plan de relaciones comunitarias se enmarcará en tres lineamientos básicos para correcto desempeño de las medidas de remediación del sitio S0111 (Sitio16):

- 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.

5.7.1.10 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 5-23 (Matriz de identificación de impactos y riesgos ambientales), los cuales son:

- Fuga o derrame de sustancias peligrosas (hidrocarburos)
- Accidentes de tránsito
- Lesiones personales

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 S0111 (Sitio 16), el cual estará basado en el cumplimiento de lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y en su Reglamento aprobado mediante el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

La empresa prestadora de servicios, operador y cualquier persona que intervenga en el manejo de residuos sólidos, está obligado a adoptar inexcusablemente las medidas para su adecuado manejo.

5.8.1 Residuos sólidos

En el presente ítem se describirá el procedimiento a seguir durante la gestión y manejo de los residuos generados en las distintas etapas del proyecto. Asimismo, dicha gestión y manejo será encargado a una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) debidamente registrada ante DIGESA o MINAM.

En general, la gestión de los residuos sólidos será de responsabilidad del operador de la remediación, quien debe supervisar el adecuado manejo de residuos sólidos generados.

A) Generación de 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 5-24 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 5-25 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 5-26 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**

Similarmenle, se ha preparado un listado de los posibles residuos peligrosos a generarse durante las etapas de construcción, operación y abandono.

Cuadro 5-27 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 5-28 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 5-29 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 S0111 (Sitio 16), 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 5-30.

Cuadro 5-30 Identificación de recipientes por tipo de residuos

Tipo de Residuo	Color	Ubicación
PELIGROSOS Envases, trapos y paños impregnados con químicos (aceite, solventes, pintura, etc.), pilas.		▪ En los frentes de remediación
METALES Partes o piezas metálicas pequeñas.		▪ En los frentes de remediación
VIDRIOS (vidrios enteros o rotos)		▪ En los frentes de remediación
PLÁSTICOS (Botellas de bebidas gaseosas, aceite, comestibles, etc.)		▪ En los frentes de remediación
PAPEL Y CARTÓN (Periódicos, revistas, folletos, impresiones, fotocopias, papel, sobres, cajas de cartón, etc.)		▪ En los frentes de remediación
RESIDUOS GENERALES NO APROVECHABLES (Residuos que no se degradan)		▪ En los frentes de remediación
ORGÁNICOS (Restos de comida, maleza, restos de barrido, servilletas y similares)		▪ En los frentes de remediación

Fuente: NTP 900.058.2019; "GESTIÓN AMBIENTAL. Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos".

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

C) Almacenamiento

• Almacenamiento intermedio o temporal

Por la magnitud de las actividades y la cantidad de residuos sólidos a generarse se necesitará puntos de almacenamiento temporal, ubicado en los frentes de trabajo, para residuos sólidos.

- Los residuos generados serán adecuadamente acondicionados en recipientes herméticos y rotulados para ser separados según su composición y origen, donde se almacenan hasta acumular cantidades suficientes para traslado al almacenamiento central.
- Se plantea dos (2) puntos de acopio de almacenamiento intermedio o temporal, uno en el frente de remediación y el otro en el campamento temporal.
- Los recipientes para el almacenamiento de los residuos sólidos contarán con tapa. Asimismo, los recipientes contendrán bolsas de polietileno en su interior del mismo color que el cilindro que las contiene.
- Se contará con letreros de identificación para cada tipo de residuo, así como, la identificación correspondiente en cada uno de los contenedores o cilindros de capacidad de 55 galones.
- Todo punto de almacenamiento temporal deberá contar con lo siguiente: gigantografía didáctica de residuos sólidos, base de madera (puntos temporales).
- Desde los puntos de almacenamiento temporal, los residuos sólidos comunes (reaprovechables) deberán ser dispuestos al área de almacenamiento central.
- Los residuos peligrosos generados durante las actividades de remediación serán retirados y dispuestos en envases herméticos para su posterior traslado a los puntos de almacenamiento central y su posterior manejo adecuado por una EO-RS autorizada por el MINAM o DIGESA.

- **Almacenamiento central**

- Durante las acciones de remediación del sitio S0111 (Sitio 16) se contará para el almacenamiento de residuos sólidos (peligrosos y no peligrosos) con un área de almacenamiento central debidamente acondicionada, donde se almacenarán los residuos hasta acumular cantidades suficientes para su evacuación y/o disposición final siguiendo las medidas de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente; asimismo se contará con un registro del volumen de residuos que ingresan y evacúan del área de almacenamiento central.
- El área de almacenamiento central tendrá contenedores especiales, de un mayor volumen (1 100 litros o 290,6 galones) que los puntos de almacenamiento temporal, para el almacenamiento de los residuos sólidos; según el tipo de residuo que se tenga.
- Debe tener áreas separadas para la recepción y manipuleo de residuos peligrosos y no peligrosos.
- Los contenedores estarán en buenas condiciones, contarán con sus respectivas tapas y diseñados de tal forma que facilite su traslado.
- Se colocará señalización preventiva, relacionado a la manipulación por personal entrenado, principalmente para los residuos peligrosos, e indicando el uso obligatorio de equipos de protección personal.
- Con respecto a los residuos peligrosos (trapos con residuos de grasas o combustible) generados durante las actividades de remediación serán retirados y dispuestos en contenedores herméticamente cerrados para su posterior traslado y disposición final por una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) autorizada por DIGESA o MINAM.
- El área de almacenamiento de residuos sólidos peligrosos deberá cumplir con los aspectos recomendados por la normativa nacional vigente:
 - Contará con techo, con el suelo impermeabilizado para evitar en lo posible filtraciones al medio y con ventilación adecuada y con poza de contención en caso de derrames de hidrocarburos.

- La poza de contención debe ser diseñada de tal forma que pueda recibir por lo menos el 110 % de la capacidad del mayor volumen a ser almacenado.
- Contará con extintores contra incendios.
- Deberá contar con un kit de emergencia que incluya por lo menos paños absorbentes, bolsas plásticas y palas.
- Contará con señalización que indique la peligrosidad del residuo.

D) Recolección y transporte de residuos

El recojo y traslado interno de los residuos no peligrosos hasta los puntos de acopio será realizado por personal del operador de la remediación, los cuales deben estar debidamente capacitados, y el recojo y traslado de estos residuos (peligrosos y no peligrosos) hasta su disposición final, será realizada a través de una EO-RS registrada ante el MINAM o DIGESA.

Los residuos peligrosos, como trapos impregnados con grasas e hidrocarburos serán aislados 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 S0111 (Sitio 16), para su transporte se propone el uso de contenedores metálicos diferenciados por colores, de acuerdo al código de colores establecido.

Los residuos generados durante las distintas etapas que no puedan reutilizarse o reciclarse serán dispuestos adecuadamente en un relleno sanitario debidamente autorizado por las autoridades sanitarias y locales.

El uso de botaderos clandestinos para la disposición de los residuos generados no estará permitido. Para ello, se deberá supervisar adecuadamente el transporte y la disposición final. Las empresas encargadas de esta tarea presentarán al contratista los debidos certificados de disposición final emitidos por el relleno sanitario autorizado.

5.8.2 Aguas residuales (residuos líquidos)

En la presente sección se presenta las medidas para el manejo adecuado de los efluentes domésticos e industriales, con la finalidad de mitigar los posibles impactos que puedan generar.

A) Aguas residuales domésticas

Durante las etapas de construcción, operación y abandono del proceso de remediación del sitio S0111 (Sitio 16), las fuentes de generación de aguas residuales domésticas^{www} se detallan en el siguiente cuadro:

^{www} Aguas negras domésticas

Cuadro 5-31 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) Lixiviados

El área de aislamiento con geomembrana, donde se dispondrá el suelo solidificado y estabilizado, contará con un sistema de captación de lixiviados y su respectivo tanque de lixiviado, el cual será monitoreado de acuerdo al Plan de Monitoreo de Lixiviados.

El área de aislamiento tendrá un sistema de captación de lixiviados, 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.

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 S0111 (Sitio 16), 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 Plan de monitoreo de calidad de agua superficial y sedimentos

Las actividades de excavación podrían generar potencialmente impactos sobre la calidad de agua superficial, se tiene previsto realizar un monitoreo de agua superficial y sedimentos antes y después de la remediación en un punto aguas arriba y aguas abajo del sitio. Las estaciones a monitorear se presentan en el Cuadro 5-32.

- Estaciones de monitoreo

Cuadro 5-32 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CAS-01	Aguas arriba del área a remediar	A determinarse en campo	
CAS-02	Aguas abajo del área a remediar		

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

- Parámetros a evaluar

Cuadro 5-33 Parámetros a evaluar en aguas superficiales y sedimentos

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Inorgánicos	Metales totales*
Orgánicos	TPH, HAPs*

*Solo en sedimentos.

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

La frecuencia será una vez antes y después de la remediación.

5.9.3 Plan de monitoreo de lixiviados

- Estaciones de monitoreo

Se tiene previsto realizar el monitoreo del sistema de captación de lixiviados, 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 área de 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 y de descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad: DS N° 2009-MINAM.

Cuadro 5-34 Parámetros de evaluación

Grupo	Parámetros
Parámetros in situ	pH
Orgánicos	Hidrocarburos Totales de Petróleo, HAPs
Inorgánicos	Metales totales

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

- **Frecuencia**

Se tiene previsto realizar el monitoreo con una frecuencia bianual los dos primeros años y anual hasta completar los cinco años.

5.9.4 Programa de monitoreo de la revegetación

Se tiene previsto realizar un monitoreo de la revegetación, los parámetros que se presentan en el Cuadro 5-35, el cual ha sido elaborado en base a la Guía de Restauración de Ecosistemas Forestales y Otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre.

Cuadro 5-35 Parámetros de evaluación en la revegetación

Atributo/Indicador	Frecuencia de medición
Cobertura de herbáceas/gramíneas	6 meses
Sobrevivencia	6 meses /anual (hasta un máx. de 3 años)
Densidad y diversidad	6 meses/anual (hasta un máx. de 3 años)
Microclima: temperatura, humedad relativa	6 meses/anual (hasta un máx. de 3 años)

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

5.10 Plan de muestreo de comprobación o verificación.

La Guía de muestreo de suelos contempla que, en el caso del uso de técnicas de aislamiento, se pueda utilizar un número mínimo de puntos, como en el caso de muestreo de identificación.

Cuadro 5-36 Cálculo del número de sondeos total

Código OEFA	Volúmenes para remediar (m3)	Área a remediar (m2)	Número sondeos	Consideraciones Técnicas
S0111 (Sitio 16)	71,76	956,78	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 S0111, 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 sitio.

Cuadro 5-37 Parámetros a monitorear en suelos

Grupo	Parámetro
Orgánicos	TPH, HAP's
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.

5.11.1 Cronograma

El siguiente cuadro presenta el cronograma de ejecución de la remediación para la alternativa que se ha venido manejando en el Plan de Remediación:

- Tratamiento de Estabilización / Solidificación ex situ con Aislamiento con geomembrana.

Cuadro 5-38 Cronograma de ejecución

N°	Actividad	Tiempo de Ejecución (Semanas)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	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					4					
3	Desmovilización de equipos y materiales al sitio										4
	Fase II: Preparación del material in situ										
4	Apertura de trochas					1					
5	Extracción manual del material					15	15	15			
6	Carguío del material con instalación de polea					10	10	10			
	Fase III: Almacenamiento provisional del material contaminado										
7	Construcción de techo tipo galpón					8					
8	Impermeabilización y sistema de drenaje					7					
	Fase IV: Acondicionamiento del sitio de almacenamiento final										
9	Excavación y conformación de taludes					4					
10	Compactación					4					
11	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo					2					
12	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante						7				
13	Colocación de tubería ranurada						3				

Cuadro 5-38 Cronograma de ejecución

N°	Actividad	Tiempo de Ejecución (Semanas)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Fase V: Aplicación del Confinamiento										
14	Impermeabilización y sistema de drenaje								8		
15	Preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria y disposición final del material tratado								9		
	Fase VI: Cierre del Aislamiento con Geomembrana										
16	Estudio de préstamo										
17	Colocación y compactación de 0,40 m de suelo arcilloso								8		
18	Colocación Geomembrana HDPE impermeabilizante								8		
19	Colocación de 0,60 m de suelo para revegetar								6		
20	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo								2		
21	Revegetación								3		
	Fase VII: Reposición de material en el sitio										
22	Carguío del material de préstamo								1		
23	Traslado del Material hasta el sitio								4		
24	Colocación y compactación del material en el sitio								4		
25	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo								2		
	Seguridad										
31	Personal				2	2	2	2	2	2	2
TOTAL DE TRABAJADORES POR SEMANA		3	3	3	3	57	37	27	19	40	6

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 10 semanas (2,5 meses).

5.11.2 Presupuesto general (estimado de costos)

Cuadro 5-39 Presupuesto general (estimado de costos)

Actividades	Costo Estimado (\$)	Observaciones
Movilización de equipos y materiales al sitio	15 346,67	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	17 653,00	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	6 689,99	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	6 440,85	Construcción del espacio de almacenamiento final, lo que incluye las actividades de excavación y compactación de este según el volumen de suelo a almacenar y colocación de geomembrana.
Aplicación de la Estabilización / Solidificación y Aislamiento con Geomembrana	12 395,10	Consiste en la preparación de la mezcla suelo cemento con maquinaria, disposición final del material tratado dentro del espacio de aislamiento utilizando maquinaria y una vez dentro, este material será vibrado. Así mismo incluye la construcción de un área de tratamiento.
Cierre del área de aislamiento	16 027,80	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	6 415,53	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	20 081,23	Supervisión, señalización y equipos de EPPs.
Logística	80 368,74	Traslados, alojamiento comida y costos de contingencias
Plan de manejo ambiental	37 273,25	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	13 287,00	Se toma en cuenta 129 trabajadores por un costo de trámite de 103 por trabajador
Sub total 1	272 600,64	Incluye el costo de las partidas anteriores
Imprevistos	5 452,01	Se considera un 2 % del Sub total 1
Supervisión	21 808,05	Se considera un 8 % del Sub total 1

Cuadro 5-39 Presupuesto general (estimado de costos)

Actividades	Costo Estimado (\$)	Observaciones
Gastos Administrativos	40 890,10	Se considera un 15 % del Sub total 1
Sub total 2	340 750,80	Sub total 1 + Imprevistos + Supervisión + Gastos Administrativos
IGV	61 335,14	18% del Sub total 2
Utilidad	34 075,08	10% del total sin IGV (Sub total 2)
TOTAL \$ USD	436 161,02	

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

Para el sitio S0111 (Sitio 16) el total a invertir para la implementación de las actividades de remediación es de **436 161,02 USD**

5.11.3 Especificaciones técnicas

A continuación, las especificaciones técnicas consideradas para la técnica de remediación propuesta, por fase de ejecución:

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 esta fase se retirará el material contaminado, de acuerdo con lo establecido en el ítem 5.6.1, la actividad se realizará por medio de la extracción manual, para ello se propone la conformación de brigadas de campo, la cual removerá el material gradualmente e irá colocándolos en pilas cercanas a la zona de intervención para asegurar un mayor rendimiento. Para ello, se usará equipos manuales (pala, pico, rastrillo, etc.) y con el uso de equipo de seguridad respectivo.

El material almacenado en pilas, posteriormente será traslado de forma manual usando sacos o carretillas hasta el sitio destinado al almacenamiento provisional.

Se estima la extracción de un volumen de 152,72 m³ de suelo.

En esta fase también se realizará el carguío del material con evidencia visual de hidrocarburos, para esto se ha considerado 5 brigadas de trabajo conformadas por dos (2) apoyos locales, para la extracción manual de material con una profundidad promedio de 0,30 m a 0.6 m en suelos y 0,20 m en sedimentos, para carguío manual del material se han considerado 5 apoyos locales adicionales los cuales se encargarán del proceso de carguío manual con sacos o carretillas dado que el terreno no presenta desniveles importantes en el área a tratar.

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 con evidencia visual de hidrocarburos

del contacto con el suelo no contaminado o con agua proveniente de las precipitaciones. La geomembrana será anclada a través de zanjas de 0,20 x 0,30 m que serán rellenas con piedra chancada (Figura 5-13), 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.

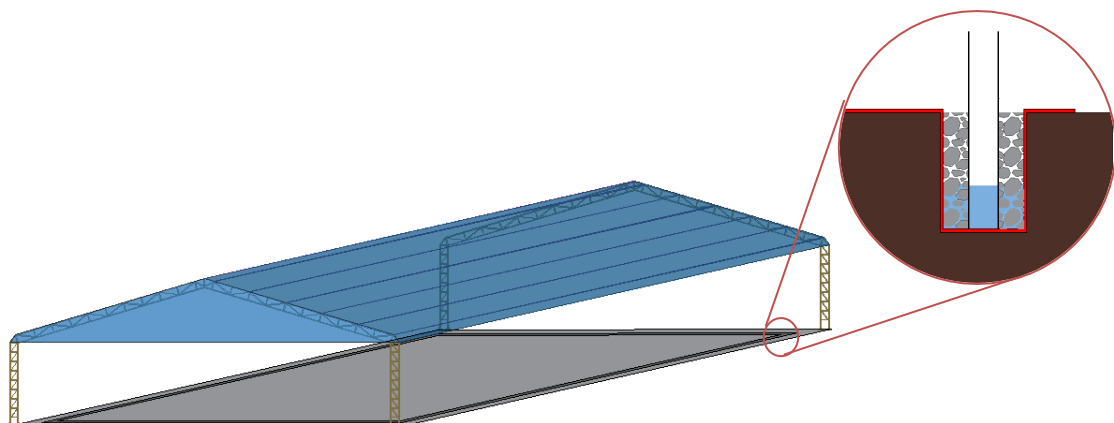
Esta área será techada por medio de un techo tipo galpón (Figura 5-13). En este caso las dimensiones del almacenamiento provisional será de 11 X 7 m, para cubrir un área de 76,5 m³.

Figura 5-12 Configuración para la zanja de anclaje (instalación de geomembrana)



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

Figura 5-13 Área de almacenamiento provisional



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

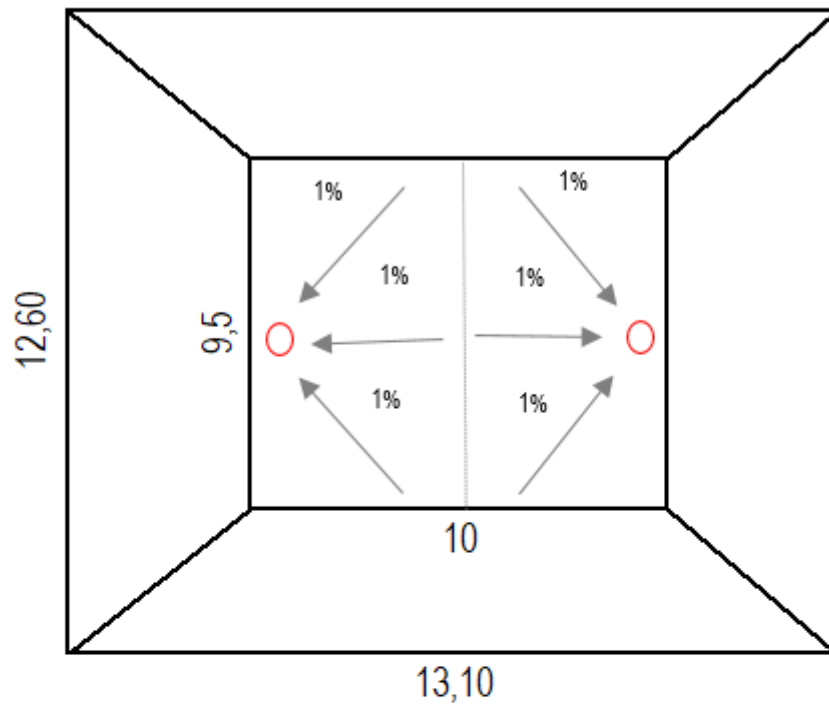
Fase IV

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 0,20 x 0,30 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.

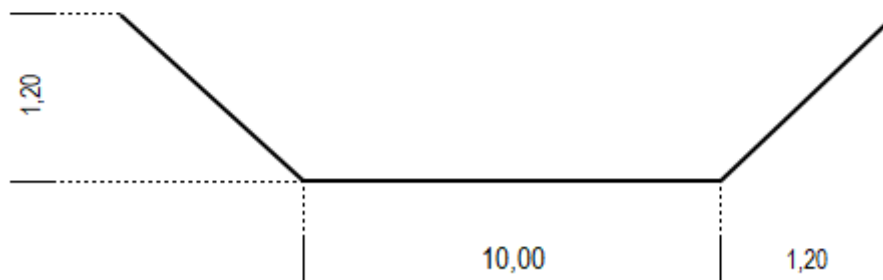
En cuanto a la configuración del área de aislamiento será de acuerdo a la siguiente figura.

Figura 5-14 Dimensiones del área de aislamiento

Vista en planta



Vista lateral



Area=	165,60	m ²
volumen=	154,11	m ³

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

Fase V

Consiste en la aplicación del método de solidificación por medio de la preparación de la mezcla suelo cemento, para esto se ha considerado el mezclado (suelo, cemento, agua) con maquinaria (excavadora, sobre una geomembrana previamente colocada (el área impermeabilizada también será techada por medio de toldos de lona), para carguío del material se contará con un cargador sobre orugas 2 YD3 el cual trasladará el material hasta el área de aislamiento, así mismo la actividad será asistida por apoyos locales. La mezcla será vibrada para obtener la homogeneidad de la mezcla a través de equipos vibradores los cuales trabajaran en simultaneo, para atender el alto rendimiento generado por el mezclado con maquinaria.

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^{xxx}, bagazo de caña de azúcar^{yyy} y escoria^{zzz}.

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^{aaaa}.

Fase VI

Como última fase se encuentra el cierre del espacio de aislamiento el cual se realizará con 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 5-16).

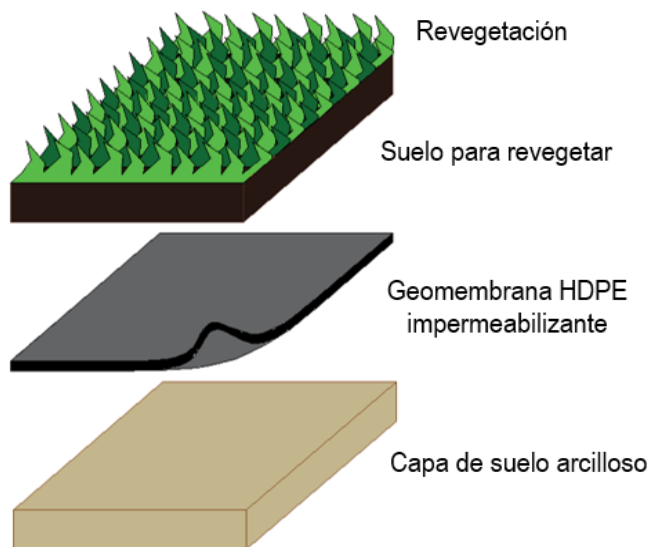
^{xxx} State of Practice Report Uk Stabilisation/Solidification Treatment and Remediation: Binders & Technologies – Part I Basic Principles, Cambridge University Engineering Department, Cambridge, UK

^{yyy} Solidification–stabilization of organic and inorganic contaminants using portland cement: a literature review Santanu Paria and Pak K. Yuet

^{zzz} Development of Performance Specifications for Solidification/Stabilization, The Interstate Technology & Regulatory Council Solidification/Stabilization Team, 2011

^{aaaa} Solidification/Stabilization Treatment and Examples of Use at Port Facilities, Charles M. Wilk, LEHP, QEP

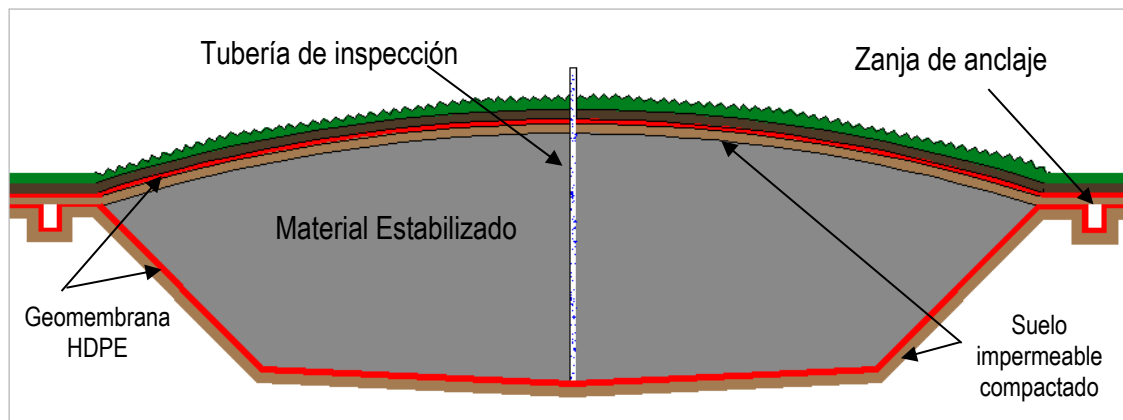
Figura 5-15 Estructura de cierre del área de aislamiento



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

Deberá garantizarse en el acabado final del área de 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 5-16.

Figura 5-16 Sección esquemática de la topografía final del espacio de 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.

5.12 Plan de Monitoreo post ejecución de obra.

Se tiene previsto que el material dentro del área de aislamiento no genere efluentes, sin embargo, se tiene previsto realizar un monitoreo de efluentes del área de aislamiento por un periodo de 5 años, luego de terminada las actividades de remediación. Los parámetros han sido descritos ya en el ítem 5.1.3.1.2.

Asimismo, se tomarán muestras de agua subterránea.

• Estaciones de monitoreo

Cuadro 5-40 Estaciones a monitorear

Estación de Evaluación	Descripción	Coordenadas UTM [a]	
		Este	Norte
CASub-01	Aguas arriba del sitio	373 358	9 723 688
CASub-02	Aguas abajo del sitio	373 295	9 723 798

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

• Parámetros a evaluar

Cuadro 5-41 Parámetros a evaluar

Grupo	Parámetro
Parámetros in situ	pH, OD, Temperatura, Conductividad
Inorgánicos	Metales totales
Orgánicos	TPH, HAPs

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

- **Costos asociados al plan de manejo ambiental**

El siguiente cuadro resume los costos para la aplicación de las medidas ambientales en del Plan de Manejo Ambiental.

Cuadro 5-42 Costos estimados para el plan de manejo ambiental

Actividad	Und	Cantidad	Días	Costo \$ unitario	Costo \$ por partida
Residuos Sólidos y Efluentes Líquidos					
Tambores residuos sólidos	Und	10		50	500
Tambores efluentes	Und	5		50	250
Tubería PVC Efluentes	ml	50		2,3	115
Contenedores	Und	1		1000	1000
Movilización y desmovilización terrestre	Und	1		351	351
Movilización y desmovilización fluvial	Und	1		4242,42	4242,42
Monitoreo					
Personal	Und	2	10	133,33	2666,67
Calidad de Agua					
pH	Und	2	1	3	6
OD	Und	2	1	1,67	3,33
Temperatura	Und	2	1	4	8
Conductividad	Und	2	1	3,33	6,67
HTP	Und	2	1	86	172
Metales	Und	2	1	58,67	117,33
HAPs	Und	2	1	86	172
Sedimentos					
HTP	Und	2	1	140	280
Metales	Und	2	1	63,33	126,67
HAPs	Und	2	1	140	280
Suelos					
Personal	Und	2	10	133	2660
Análisis de Laboratorio	Und	9	1	700	6300
Monitoreo de Lixiviados					
Personal	Und	17	15	133,33	2000
PH	Und	17	1	4,67	79,33
Metales	Und	17	1	58,67	997,33
Monitoreo de Agua Subterránea- Post Cierre					
Personal	und	5	15	133,33	10000
Análisis de Laboratorio	Und	1	5	136	680
Total					33013,75

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, en vista que se requerirá de mano de obra local. Se estima la contratación de 41 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 impermeabilizada, conformación de taludes, mantenimiento de vías, vegetación, entre otros. Asimismo, se realizará la contratación de los 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 5-43 Matriz de impactos sociales

Técnicas remediación	Requerimiento de Mano de Obra Local	Contratación de bienes y servicios locales	Capacitación
	Si	Si	Si
	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^{bbbb} concluyendo que la población de la CN José Olaya tiene una arraigada percepción respecto a la “contaminación” de su entorno y las relaciona directamente con los derrames de petróleo y la actividad petrolera.

Esta preocupación sobre la contaminación la refleja también el Estudio Técnico Independiente (ETI) del PNUD ejecutado en las tres cuencas del Lote 192 (Pastaza, Tigre y Corrientes). Para la cuenca del Corrientes, el estudio identificó que una de las principales preocupaciones de las tres comunidades de estudio (José Olaya, Nueva Jerusalén y Antioquía) es la afectación a su entorno y medio ambiente y concluye estadísticamente que el 96,7 % de la población encuestada percibe que su ambiente está contaminado, sucio o dañado, mientras que sólo un 2,9 % lo percibe “normal” y un 0,5 % no tiene una percepción definida.

Cuadro 5-44 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.

De la misma forma se indagó entre la población local respecto al conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora en base a una herramienta denominada Ficha de Percepciones, la cual tuvo cuatro principales temas o indicadores:

- Conocimiento acerca del servicio y la empresa ejecutora.
- Percepciones y expectativas sobre la remediación (impactos).
- Detalles del servicio.
- Recomendaciones.

En líneas generales, la población de la CN José Olaya dice conocer el proyecto y a la empresa consultora JCI-HGE (a la cual denominan como JCI). Relacionan la tarea de JCI-HGE con la identificación sobre el nivel de contaminación, el recojo de muestras de agua y suelos, la limpieza y control del ambiente.

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

^{bbbb} Estudio cualitativo entre los meses de febrero, mayo a julio del 2018.

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 5-45 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
Conocimiento acerca del servicio de la empresa ejecutora	CN José Olaya	Poblador / Apoyo local	JCI desarrolla elabora el Plan de Rehabilitación, para ello realiza el muestreo de suelo, agua con la finalidad de definir si existe contaminación. La consultora realiza el estudio de acuerdo a lo indicado por FONAM.	Percepción del servicio ejecutado por JCI.	JCI-HGE explicó sobre la finalidad del servicio y sobre si mismo como consorcio.	JCI-HGE	Cerrado	El poblador muestra conocimiento de la finalidad del servicio y la empresa. Sin embargo, se debe reafirmar la independencia de la consultora a pesar que el trabajo se basa en Términos de Referencia.
	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 mayor información del Plan. Seguimiento.
	CN José Olaya	Pobladora	Conocimiento que JCI es la encargada de ejecutar el estudio, dirigido a rehabilitar sitios contaminados.			JCI-HGE	Cerrado	Otorgar mayor información del Plan. Seguimiento.
	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
	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
	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.		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.
	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

Cuadro 5-45 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	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 0111. 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
	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.		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 del 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			JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones

Cuadro 5-45 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
Recomendaciones			los efectos de la contaminación en peces y suelos.						
	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
	CN José Olaya	Poblador / Apoyo local	Existe mayor cantidad de sitios contaminados que deben ser tomados en cuenta, sugiere considerarlos.		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 (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.	Recomendaciones a Consorcio JCI-HGE, FONAM o la Junta de Administración.		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 esperan entrega de resultados que genere confianza en la población. Conoce de empresas que no brindan las versiones exactas.			JCI-HGE	Cerrado		Ficha de percepciones

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