



**CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES**



**PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO,
ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR.**

Desarrollo de Estrategias de Remediación de los Pasivos Ambientales de la Industria Hidrocarburífera en concesiones de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

INFORME FINAL CONSOLIDADO

Realizado por: Fundación Ambiente & Medio

Índice

Resumen	5
Introducción	5
Objetivos.....	6
Alcance de la consultoría	7
Limitaciones	7
Metodología de trabajo.....	9
Fuentes de información.....	10
Aspectos legales	11
Marco legal nacional.....	11
Marco legal provincial.....	12
Área de estudio	12
Cuenca Austral.....	12
Áreas concesionadas de explotación.....	13
Descripción de las concesiones incluidas.....	16
Las Violetas.....	16
Río Cullen.....	18
Cuenca Marina Austral 1	19
Angostura CA-14.....	20
Tipos de pasivos ambientales detectados.....	22
Suelos contaminados	22
Contaminación de suelos y napas.....	22
Residuos sólidos (lodos).....	23
Piletas de locaciones con residuos sólidos	23
Instalaciones abandonadas	24
Pozos abandonados y pozos abandonados con manifestaciones de gas	24
Análisis de emisiones a la atmósfera.....	25
Acumulación de residuos ferrosos y no-ferrosos (chatarra).....	31
Cutting (acumulación de recortes de la perforación, mezclado en general con los lodos de la perforación)	32
Afectación del paisaje por pérdida de cobertura vegetal y de suelo.....	32
Metodología de estimación de costos.....	32
Metodologías de remediación por tipo de pasivo ambiental	34
Presencia de FLNA	34
Tanques abandonados con restos de hidrocarburos	35

Piletas con residuos sólidos	36
Pérdida de cobertura vegetal y suelo en paisajes físicamente alterados	37
Equipamiento en desuso	37
Acopio de residuos.....	37
Suelos contaminados	40
Pozos abandonados.....	41
Cutting (recortes de perforación).....	43
Evaluación y valoración de pasivos ambientales.....	47
FICHA N.º 1 - Presencia de FLNA en Planta Río Chico.....	49
FICHA N.º 2 - Acopio de residuos en TF-12.....	52
FICHA N.º 3 - Equipamiento en desuso en Batería LP-105.....	55
FICHA N.º 4 - Equipamiento en desuso en Batería SAC.....	57
FICHA N.º 5 - Presencia de FLNA en zona de tanque.....	60
FICHA N.º 6 - Presencia de FLNA en Planta Río Cullen.....	63
FICHA N.º 7 - Tanque fuera de servicio	66
FICHA N.º 8 - Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur.....	70
FICHA N.º 9 - Equipamiento en desuso Batería LP-1002	75
FICHA N.º 10 - Equipamiento en desuso Planta Río Cullen	77
FICHA N.º 11 - Tanque fuera de servicio	81
FICHA N.º 12 - Fosa de quema en Batería LP - 1002.....	83
FICHA N.º 13 - Fosa de quema del pozo SM - 1004.....	85
FICHA N.º 14 - Piletas con cutting en la locación del pozo SM - 1004.....	87
FICHA N.º 15 - Piletas con cutting en la locación del pozo LRX - 1001.....	90
FICHA N.º 16 - Repositorio y biopilas.....	94
FICHA N.º 17 - Repositorio en pileta de Suelos contaminados.....	97
FICHA N.º 18 - Pileta de emergencia	100
FICHA N.º 19 - Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118.....	102
FICHA N.º 20 - Pileta API en la Planta Río Cullen.....	105
FICHA N.º 21 - Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen	108
FICHA N.º 22 - 23 - 24 - Pozos abandonados en Angostura CA-14, Río Cullen, Las Violetas	111
FICHA N.º 25 - Repositorio en Planta Río Cullen	113
FICHA N.º 26 - Cantera CA-8.....	115
FICHA N.º 27 - Cenizas de residuos.....	118
FICHA N.º 28 - Entierro de residuos con metodología "MERSOB".....	120
FICHA N.º 29 - Monoboya Terminal Marítima.....	122
FICHA N.º 30 - Acopio de chatarra Planta Río Cullen	125

FICHA N.º 31 - Acopio de chatarra Cañadón Alfa	129
FICHA N.º 32 - Pozos abandonados Cuenca Marina Austral 1	132
FICHA N.º 33 - Planta ENAP Batería de recepción Tierra del Fuego (BRTF)	134
FICHA N.º 34 - Pileta de emergencia Planta ENAP	136
Síntesis de costos estimados	140
Análisis de priorización	145
Introducción.....	145
Selección de criterios y escalas de valoración	145
Ponderación de criterios	149
Construcción de la matriz multicriterio.....	150
Resultados del análisis.....	150
Plan de monitoreo ambiental.....	153
Objetivos.....	153
Alcance.....	153
Parámetros e indicadores a monitorear	153
Diseño del monitoreo	154
Red de monitoreo.....	154
Frecuencia del muestreo	155
Métodos de muestreo y análisis	156
Responsabilidades.....	157
Plan de Contingencias	158
Procedimiento ante detección de contingencias.....	158
Medidas inmediatas	158
Responsabilidades	159
Incumplimiento de valores objetivo.....	159
Reaparición de contaminantes	159
Cierre de contingencias	159
Cronograma de ejecución de actividades de remediación	160
Conclusión	163
Anexos	164
Anexo I.....	164

Desarrollo de Estrategias de Remediación de los Pasivos Ambientales de la Industria Hidrocarburífera en concesiones de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

Resumen

El presente cuarto informe y final consolida el estudio de consultoría para la identificación, caracterización, priorización y planificación de la remediación de pasivos ambientales asociados a actividades hidrocarburíferas en la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, en el marco de los lineamientos del CFI. El mismo integra los resultados de las etapas previas (relevamiento, diagnóstico y descripción de los pasivos ambientales, evaluación de alternativas de remediación y valoración económica) y los traduce en una propuesta operativa de implementación. Se presenta un sistema de priorización mediante una matriz multicriterio, orientado por riesgo, urgencia, receptores sensibles y factibilidad. Asimismo, se desarrolla un cronograma detallado por fases, con plazos estimados y asignación de responsabilidades. El informe incluye un plan de monitoreo ambiental con parámetros, frecuencias y procedimientos para verificar la efectividad de las acciones de remediación y sostener resultados a largo plazo. Además, se formulan recomendaciones de acciones correctivas y criterios de intervención ante desvíos. En conjunto, el documento constituye un insumo técnico para la toma de decisiones y la reducción progresiva del riesgo ambiental.

Introducción

Los pasivos ambientales se pueden definir como el “(...) conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos naturales y de los ecosistemas, producidos por cualquier tipo de actividad pública o privada, durante su funcionamiento ordinario o por hechos imprevistos a lo largo de su historia, que constituyan un riesgo permanente y/o potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”¹. En este marco, la gestión de los pasivos ambientales representa uno de los desafíos actuales más complejos en materia de política pública ambiental.

La provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur concentra una serie de pasivos ambientales derivados de las actividades hidrocarburíferas desarrolladas en zonas concesionadas. Dichos pasivos ambientales, que comprenden afectaciones al suelo, cuerpos y cursos de agua, aguas subterráneas, atmósfera, comunidades y biodiversidad, presentan variabilidad en cuanto a estado, localización, naturaleza y nivel de riesgo ambiental, lo que exige una caracterización técnica rigurosa para su abordaje y evaluación.

El presente estudio de consultoría se enmarca en los lineamientos del Consejo Federal de Inversiones (CFI) y busca contribuir al diseño de estrategias de remediación ambiental aplicables,

¹ Texto extraído de la [Ley N° 14.343 - Ley de Regulación de Pasivos Ambientales. Provincia de Buenos Aires](#)

priorizadas y con soporte técnico-económico. La iniciativa responde a la necesidad de abordar pasivos ambientales que afectan la calidad de vida y los ecosistemas locales, considerando las condiciones territoriales específicas, el marco normativo vigente y las tecnologías disponibles de intervención. Para ello, se desarrollará una metodología de trabajo articulada en cuatro etapas: diagnóstico de pasivos, evaluación de técnicas de remediación, valoración económica y cronograma de ejecución con monitoreo ambiental.

La metodología de trabajo se articula en cuatro etapas complementarias: relevamiento, diagnóstico y caracterización de pasivos ambientales, evaluación de diferentes técnicas de remediación, valoración económica y elaboración de plan de monitoreo ambiental y un cronograma de ejecución. En las etapas anteriores, se llevó a cabo la identificación y caracterización de los pasivos ambientales relevados, el análisis de alternativas de técnicas de remediación aplicables por tipología y la estimación económica de las acciones de remediación propuestas.

En particular, este informe final consolida e integra los resultados obtenidos y los traduce en un plan de implementación ejecutable, basado en una priorización mediante una matriz multicriterio, a fin de definir un orden de intervención coherente con el nivel de riesgo, la urgencia y la factibilidad operativa. Sobre esa base, se elabora un plan de monitoreo ambiental con un cronograma de ejecución detallado por fases, con tiempos estimados, dependencias entre actividades y asignación de responsabilidades entre los distintos actores involucrados.

Objetivos

El objetivo de la consultoría es identificar, cuantificar y proponer los métodos de remediación ambiental técnicamente viables y económicamente sostenibles para el tratamiento de los pasivos ambientales detectados. A través de este estudio, se pretende brindar a la Provincia una herramienta técnica de planificación y gestión que oriente las estrategias de control y negociación con las empresas concesionarias, promoviendo intervenciones eficaces, seguras y ambientalmente responsables.

En las anteriores etapas se identificaron y se evaluaron los distintos métodos de remediación ambiental que más se adecuaban para los pasivos ambientales detectados en las concesiones operadas por ROCH S.A. y las plantas operadas por TOTAL AUSTRAL S.A., considerando las particularidades de cada sitio y la naturaleza de los contaminantes presentes.

En este sentido, el objetivo del presente informe es integrar los resultados previos y priorizar los pasivos ambientales mediante una matriz multicriterio, estableciendo un orden de intervención en función del riesgo, la urgencia, los receptores sensibles y la factibilidad operativa. Sobre esa base, se diseña el plan de monitoreo ambiental que permita evaluar la evolución de los parámetros relevantes en suelo, agua y/u otros medios, garantizando la trazabilidad y el control de desempeño.

Asimismo, se desarrolla un cronograma de ejecución detallado para la ejecución de las actividades de remediación, identificando tiempos estimados, fases del proceso, prioridades y responsables.

Por último, se formula un conjunto de recomendaciones para las acciones correctivas y el monitoreo continuo, a fin de asegurar la estabilidad de las soluciones implementadas y la sostenibilidad de los resultados en el tiempo.

Alcance de la consultoría

El presente trabajo se focaliza en las concesiones Las Violetas, Río Cullen, Angostura CA-14 y Cuenca Marina Austral 1 ubicadas al norte de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur y operadas por Roch S.A. Se excluyen deliberadamente las concesiones operadas por YPF, dado que ya fueron abordadas en estudios previos, así como las concesiones completamente *offshore* por exceder el alcance de este análisis (Poseidón, actualmente sin operación, y Magallanes operada por ENAP SIPETROL S.A.). Asimismo, para el caso de Cuenca Marina Austral 1, operada por la empresa Total Austral S.A., el análisis se centra en su componente en tierra y/o asociado a instalaciones *onshore*, no incluyendo una evaluación detallada de pasivos estrictamente marinos/submarinos.

El estudio se basa, en primera instancia, en la información pública disponible. Para completar y validar los hallazgos, se incorpora además información existente provista por las empresas concesionarias y por el Gobierno de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, así como la verificación mediante recorridos de campo y registro georreferenciado, orientados a confirmar la presencia y el estado de los pasivos relevados.

El estudio no contempla la ejecución directa de las acciones de remediación, sino que se orienta a la elaboración de propuestas técnicas fundamentadas, comparables y trazables, que sirvan como base para futuras intervenciones.

En particular, este Informe Final consolida el cierre metodológico del estudio. Se definirá un cronograma detallado por fases, con plazos estimados, prioridades y responsabilidades; se realizará el diseño de un plan de monitoreo ambiental que permita verificar la efectividad de las medidas a mediano y largo plazo. Por último, se formularán las recomendaciones para acciones correctivas y monitoreo continuo, orientadas a asegurar la estabilidad de las soluciones implementadas y minimizar riesgos residuales.

En conjunto, el documento se presenta como una herramienta integradora para orientar la implementación ordenada de las acciones de remediación, garantizando trazabilidad técnica, previsibilidad operativa y un marco de control que permita sostener el desempeño ambiental de los sitios intervenidos.

Limitaciones

El presente Informe Final consolida la identificación, caracterización preliminar, evaluación de alternativas, estimación económica, priorización y planificación de ejecución de los pasivos ambientales relevados en las concesiones analizadas en la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. No obstante, se identifican limitaciones que condicionan el alcance y el nivel de precisión de algunos resultados.

A la fecha de cierre del estudio, no se ha contado con la totalidad de los informes ambientales solicitados a las empresas operativas, información requerida para una caracterización integral de pasivos vinculados a contaminación de suelos y aguas subterráneas. En particular, la ausencia de datos de monitoreo, campañas analíticas históricas, resultados de laboratorio, mapas de plumas y evaluaciones hidrogeológicas limita la posibilidad de identificar, delimitar y cuantificar afectaciones en subsuelo, así como de establecer con mayor certeza la magnitud del riesgo y los requerimientos de intervención.

Estos informes fueron solicitados mediante nota de fecha 11 de julio de 2025 a la Dirección de Gestión Ambiental de la Provincia, y su disponibilidad continúa siendo un condicionante relevante para profundizar la evaluación técnica de algunos sitios.

Una parte significativa de la identificación inicial se apoyó en fuentes públicas e interpretación de imágenes satelitales y herramientas de sensado remoto. Si bien estas metodologías resultan adecuadas para reconocer indicios superficiales (piletas, manchas, huellas de movimiento de suelos, áreas de acopio, infraestructura en desuso, entre otros), presentan limitaciones inherentes: resolución espacial, nubosidad y condiciones atmosféricas, variabilidad estacional en reflectancia del terreno y posibles confusiones con rasgos naturales o antrópicos no vinculados a pasivos. En consecuencia, los hallazgos derivados de estas fuentes deben considerarse como evidencia de apoyo y no determinante para diagnósticos de contaminación no visible.

Por otro lado, las recorridas de campo permitieron validar y ajustar el listado de pasivos ambientales, incorporando nuevos hallazgos y descartando puntos preliminares que no correspondían a afectaciones verificables. Sin embargo, la verificación se basó principalmente en observación directa y registro georreferenciado, no se realizaron campañas de muestreo y análisis o estudios complementarios.

Cabe destacar que la limitación en la disponibilidad de información ha sido un factor determinante en el alcance de este informe. Específicamente, no se ha podido contar con los informes ambientales solicitados de las diversas empresas operativas en la región. Esta ausencia de datos ha imposibilitado la identificación y cuantificación de pasivos ambientales de gran relevancia, como la contaminación de napas subterráneas y suelos, que requieren de información específica de monitoreo y análisis de laboratorio para su detección precisa. Por lo tanto, este informe se limita a los pasivos visibles o inferibles a partir de la información disponible públicamente y el análisis satelital, reconociendo que una evaluación completa dependerá de la obtención de la información faltante y de la finalización de la visita a campo.

La priorización mediante matriz multicriterio se apoya en la mejor evidencia disponible y en criterios consistentes de riesgo, urgencia, receptores sensibles y factibilidad. No obstante, la falta de información ambiental empresarial y de datos analíticos completos podría modificar la clasificación de algunos pasivos, particularmente aquellos con potencial afectación de napas o suelos sin manifestación superficial evidente. Por ello, se recomienda que el plan de monitoreo post-intervención y los disparadores de acciones correctivas se implementen bajo un enfoque de gestión adaptativa, permitiendo recalibrar prioridades y estrategias a medida que se incorporen nuevos datos.

Metodología de trabajo

La ejecución del estudio contempla la recolección y validación de datos a través de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), visitas de campo, revisión de antecedentes técnicos y normativos, consultas especializadas con actores claves y campañas de verificación en campo. Los resultados obtenidos fueron sintetizados en informes parciales y en el presente informe final consolidado, el cual constituye un insumo técnico para la planificación de la remediación y la toma de decisiones por parte de la autoridad provincial competente.

La metodología adoptada para este estudio se estructura en cuatro etapas interrelacionadas, diseñadas para asegurar la consistencia técnica del diagnóstico, la selección de alternativas de intervención y la formulación de un plan de implementación verificable en el tiempo.

En la etapa inicial se desarrolló a partir del relevamiento y análisis de sitios con potencial presencia de pasivos ambientales mediante el relevamiento de sitios con potencial presencia de pasivos mediante análisis de antecedentes técnicos, normativos y cartográficos. Se utilizaron herramientas SIG para la identificación espacial y la caracterización preliminar de los sitios, complementadas con la verificación in situ mediante observación directa y registro fotográfico, a fin de corroborar el estado de las instalaciones, la evidencia de afectación ambiental, condiciones de accesibilidad y posibles receptores sensibles (suelo, agua superficial/subterránea, vegetación y entorno).

Como parte del proceso de validación, se realizaron visitas de campo organizadas para maximizar cobertura territorial, lo que permitió confirmar la mayoría de los pasivos inicialmente identificados, incorporar nuevos pasivos detectados durante las recorridas y descartar puntos previamente señalados que no correspondían a afectaciones verificables. En consecuencia, se conformó un listado actualizado de pasivos ambientales, corregido y ampliado respecto de los informes de avance.

En la segunda etapa se efectuó un análisis comparativo de tecnologías y metodologías aplicables a pasivos asociados a la actividad hidrocarburífera, considerando criterios de viabilidad técnica, eficiencia, seguridad, impacto ambiental, compatibilidad con condiciones locales y requerimientos logísticos. Para ello, se integraron revisión bibliográfica y documental, normativa relevante y experiencias de referencia a nivel regional e internacional, complementadas con consultas a especialistas. La selección preliminar de alternativas se realizó en función de la naturaleza del pasivo, el tipo de afectación y las condiciones operativas observadas en cada sitio.

En la tercera etapa se realizó la valoración económica de los pasivos ambientales asociados a las técnicas de remediación propuestas en la etapa precedente, teniendo en cuenta los costos en el corto plazo (requerimiento de recursos humanos, materiales, equipos, tecnologías y servicios), en el largo plazo (monitoreo ambiental, control de residuos y vigilancia ambientales) y los costos de gestión (permisos ambientales, estudios adicionales y gestión administrativa). Esta etapa permitió obtener órdenes de magnitud comparables y construir una base técnico-económica para la priorización y programación de intervenciones.

Por último, en el presente Informe se incorpora la fase de planificación operativa orientada a transformar las definiciones técnicas en un plan ejecutable y controlable. Se desarrollará un cronograma de ejecución y monitoreo ambiental, indicando etapas, tiempos estimados y tareas a asignar. Asimismo, se designarán responsabilidades a las partes intervinientes estableciendo puntos de control para asegurar trazabilidad y cumplimiento técnico. Todo ello con el objetivo de evaluar la efectividad de las acciones de remediación propuestas y garantizar la sostenibilidad de los resultados.

Fuentes de información

El presente Informe Integrador Final se apoya, en primer término, en información pública disponible y en fuentes secundarias de acceso abierto. A fin de completar, contrastar y validar los hallazgos, se integró además información provista por las empresas concesionarias y por el Gobierno de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, a través de sus áreas técnicas competentes. La triangulación de fuentes permitió robustecer la identificación y caracterización de pasivos, reducir incertidumbres y construir una base de información consistente para la priorización de intervención, la estimación de costos y la planificación de la ejecución.

Para la identificación y análisis espacial de evidencias asociadas a pasivos ambientales se aplicaron herramientas de teledetección (*Remote Sensing*), complementadas con análisis en entorno SIG. Para la detección de emisiones y plumas de metano, se utilizaron productos derivados de observación satelital asociados al instrumento TROPOMI del satélite Sentinel-5P, empleados como insumo de screening territorial. En paralelo, se recurrió a imágenes satelitales de distinta resolución espacial para reconocer patrones y rasgos compatibles con pasivos ambientales, tales como: manchas o alteraciones superficiales presumiblemente asociadas a hidrocarburos, presencia de piletas, biopilas, áreas de acopio o disposición, huellas de movimiento y remoción de suelos, caminos operativos, estructuras fuera de servicio e infraestructura remanente, entre otros indicadores. La cobertura satelital se aplicó sobre la totalidad de las concesiones incluidas en el estudio, con el objetivo de obtener una lectura homogénea del territorio, orientar la selección de puntos de interés y apoyar la delimitación preliminar de áreas con evidencias de impacto.

Complementariamente, se realizó una revisión sistemática de antecedentes técnicos y normativos, incluyendo documentación previa disponible, información institucional, cartografía, registros históricos y lineamientos regulatorios aplicables a la gestión ambiental de actividades hidrocarburíferas y a la remediación de sitios impactados. Asimismo, se incorporaron insumos aportados por las áreas provinciales y por operadores/concesionarios, en la medida de su disponibilidad, para completar datos de localización, estado operativo, accesibilidad y condiciones de sitio.

Finalmente, los hallazgos derivados de la teledetección y la revisión documental fueron verificados y ajustados mediante recorridos de campo, con observación directa, registro fotográfico georreferenciado y evaluación cualitativa del estado de los sitios. Esta instancia permitió corroborar la presencia y el estado de los pasivos identificados, ajustar su localización y delimitación, y actualizar el inventario final incorporando nuevos hallazgos y descartando puntos sin evidencia suficiente de afectación atribuible a las actividades evaluadas. De este modo, la base de información

consolidada se utilizó para sustentar la priorización multicriterio, la definición de alternativas de intervención, la estimación de costos, la elaboración del cronograma de ejecución y el diseño del plan de monitoreo ambiental.

Aspectos legales

El marco legal correspondiente al estudio se compone de -como mínimo- la siguiente normativa nacional y provincial aplicable a las actividades hidrocarburíferas^{2,3}.

Marco legal nacional

- Constitución Nacional (art. 31, 75 inc. 12, 124 y concordantes)
- Ley Nacional N.º 17.319 de Hidrocarburos (incluyendo normas reglamentarias, complementarias y modificatorias -Leyes N.º 26.197 y 27.007-). Decreto Nacional N.º 1.671/69
- Ley Nacional N.º 24.051 Residuos peligrosos. Decreto reglamentario 831/93
- Ley Nacional N.º 24.076 del Marco Regulatorio del Gas
- Ley Nacional N.º 25.612 que regula la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio
- Ley Nacional N.º 25.675 Ley General del Ambiente
- Ley Nacional N.º 25.688 que establece el Régimen de Gestión Ambiental de Aguas
- Ley Nacional N.º 26.020 del Marco Regulatorio GLP. Resolución SE 800/04
- Ley Nacional N.º 26.197 que fija la administración provincial de los yacimientos de hidrocarburos
- Ley Nacional N.º 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos
- Ley Nacional N.º 26.639 de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial
- Resolución SE 5/96 de abandono de pozos
- Resolución SE 24/04 que establece las normas para la presentación de informes de incidentes ambientales
- Resolución SE 25/04 que establece las normas para la presentación de estudios ambientales correspondientes a los permisos de exploración y explotación de hidrocarburos
- Resolución SE N.º 105/92 que establece las normas y procedimientos para proteger el medio ambiente durante la etapa de exploración y explotación de hidrocarburos
- Resoluciones SE N.º 73/1994, 143/98, 155/1992, 188/1993 y 435/2004 que regulan la producción hidrocarburífera en Argentina
- Resolución SE N.º 236/93 que aprueba las normas sobre aventamiento de gas. Modificada por Resolución N.º 342/93 que determina la estructura de los planes de contingencia
- Decreto Nacional N.º 44/91 del Transporte de Hidrocarburos Líquidos

² Extraído del [Informe productivo provincial de Tierra del Fuego. Cierre estadístico año 2021](#).

³ Extraído de la [Agencia de Recaudación Fuegoquina](#).

Marco legal provincial

- Constitución de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur
- Ley Provincial N.º 55 reglamentada por el Decreto N.º 1.333/93 que tiene por objeto la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente de la Provincia (Replica Resolución SE N.º 105/92)
- Ley Provincial N.º 105 que regula la generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos
- Ley Provincial N.º 176 que prohíbe toda actividad de acercamiento a cualquier especie de mamífero marino y zonas de nidificación de aves en las costas y mar de jurisdicción provincial durante todo el año calendario, sin autorización de la autoridad de aplicación
- Ley Provincial N.º 237 prohíbe la descarga de efluentes residuales sólidos, líquidos o gaseosos, de cualquier origen, a la atmósfera, canalizaciones, acequias, ríos y toda otra fuente, curso o receptor de agua, superficial o subterránea, sin previo tratamiento de depuración o neutralización, que los convierta en inocuos e inofensivos para la salud de la población, flora, fauna, terrestre y/o marina.
- Ley Provincial N.º 272 que crea el Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas
- Ley Provincial N.º 610 que fomenta la investigación y exploración petrolífera
- Ley Provincial N.º 1.075 del Código Fiscal. Decreto Provincial N.º 1.292/17
- Resolución 113/o5 de la Subsecretaría de Recursos Naturales que establece que los residuos constituidos por aguas residuales con hidrocarburos, entre otros residuos que sean recepcionados en puerto, deberán ser sometidos dentro del territorio provincial al manejo, tratamiento y/o disposición final según la Ley Provincial N.º 105
- Resolución SDSyA N.º 401/2012 y Resolución N.º 113/2005 de residuos peligrosos e hidrocarburos

Área de estudio

Cuenca Austral

La Cuenca Austral posee una superficie total estimada de 230.000 km² y se ubica casi en su totalidad en el extremo sur del continente americano, abarcando zonas terrestres de las provincias de Santa Cruz y Tierra del Fuego, así como también superficies marítimas como el Estrecho de Magallanes⁴. Desde la década del '50, se han descubierto numerosos yacimientos de petróleo y gas en esta cuenca. Actualmente, la cuenca se encuentra en producción y aún con reservas de hidrocarburos convencionales y no convencionales.

⁴ Extraído de [Miller, M. et al. \(2024\). El relleno de Cuenca Austral-Magallanes revelado a través de cuatro transectas regionales. 11º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos Estratigrafía y Análisis de Cuencas. IAPG, pp. 339-373.](#)

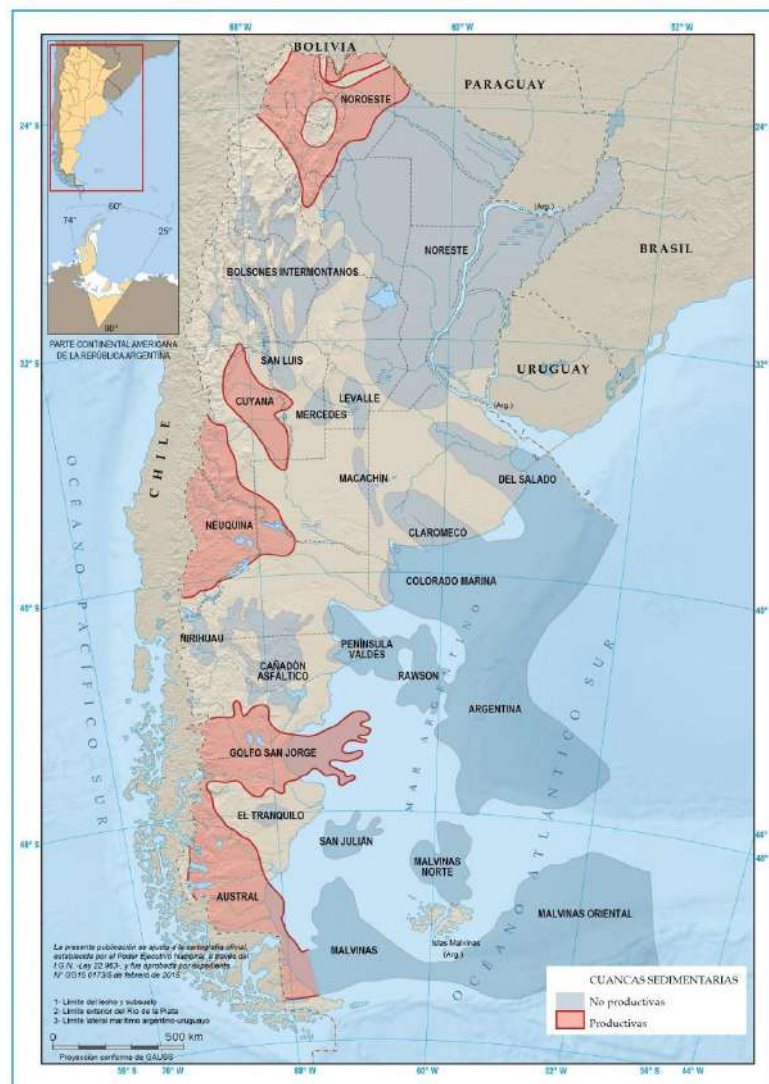


Imagen 1. Mapa de cuencas sedimentarias.

Fuente: Fundación YPF⁵.

Áreas concesionadas de explotación

Este trabajo se centra en el análisis de las áreas hidrocarburíferas continentales concesionadas vigentes en la Provincia de Tierra del Fuego. Tal como se mencionó anteriormente, se excluyen deliberadamente las concesiones operadas por YPF, por haber sido abordadas en estudios previos, así como las concesiones *offshore*, por exceder el alcance de este análisis. En este sentido, las áreas concesionadas de explotación a estudiar se encuentran dentro de la Cuenca Austral provincial y corresponden a: Las Violetas, Río Cullen, Angostura CA-14 y Cuenca Marina Austral 1.

Las áreas continentales de explotación petrolera en Tierra del Fuego presentan un perfil técnico y operativo distinto al de los bloques marinos. Si bien su producción es más limitada en volumen, estas concesiones cumplen un rol estratégico en el abastecimiento regional y en la diversificación

⁵ Extraído del [Mapa de cuencas sedimentarias de la Fundación YPF](#).

de la matriz energética fueguina. En todos los casos, las mismas tienen instalaciones para la recolección, procesamiento y/o transporte de hidrocarburos. Asimismo, la delimitación del área de estudio permite enfocar la identificación y priorización de pasivos en sitios con potencial de intervención terrestre y logística de acceso más directo, sin perjuicio de considerar interacciones operativas con infraestructura marítima cuando corresponda.

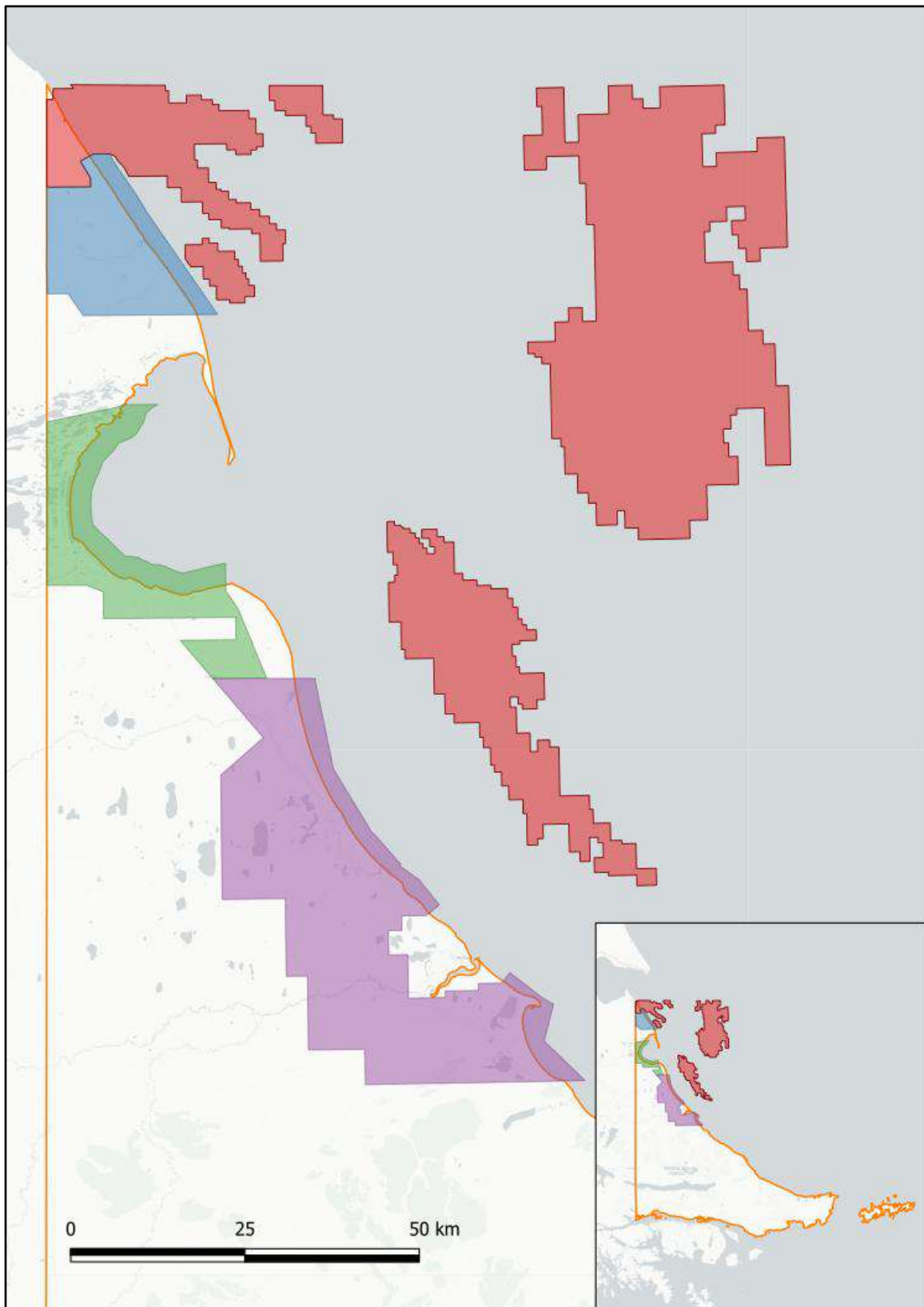


Imagen 2. Áreas concesionadas de explotación.
Fuente: Elaboración propia.

Descripción de las concesiones incluidas

Las Violetas

El área de concesión Las Violetas es de aproximadamente 1.157 km², se encuentra ubicada al norte de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur⁶. Se extiende al oeste - suroeste de la ciudad de Río Grande, con los accesos de la Ruta Nacional N.º 3. Es un área históricamente gasífera, cuyo principal operador es ROCH S.A. El área incluye los yacimientos Las Violetas, San Luis - Punta María, Los Flamencos, Los Patos, Puesto Quince, Río Chico, Río Chico Norte y Sur Arroyo Candelaria; y cuenta con 175 pozos registrados.

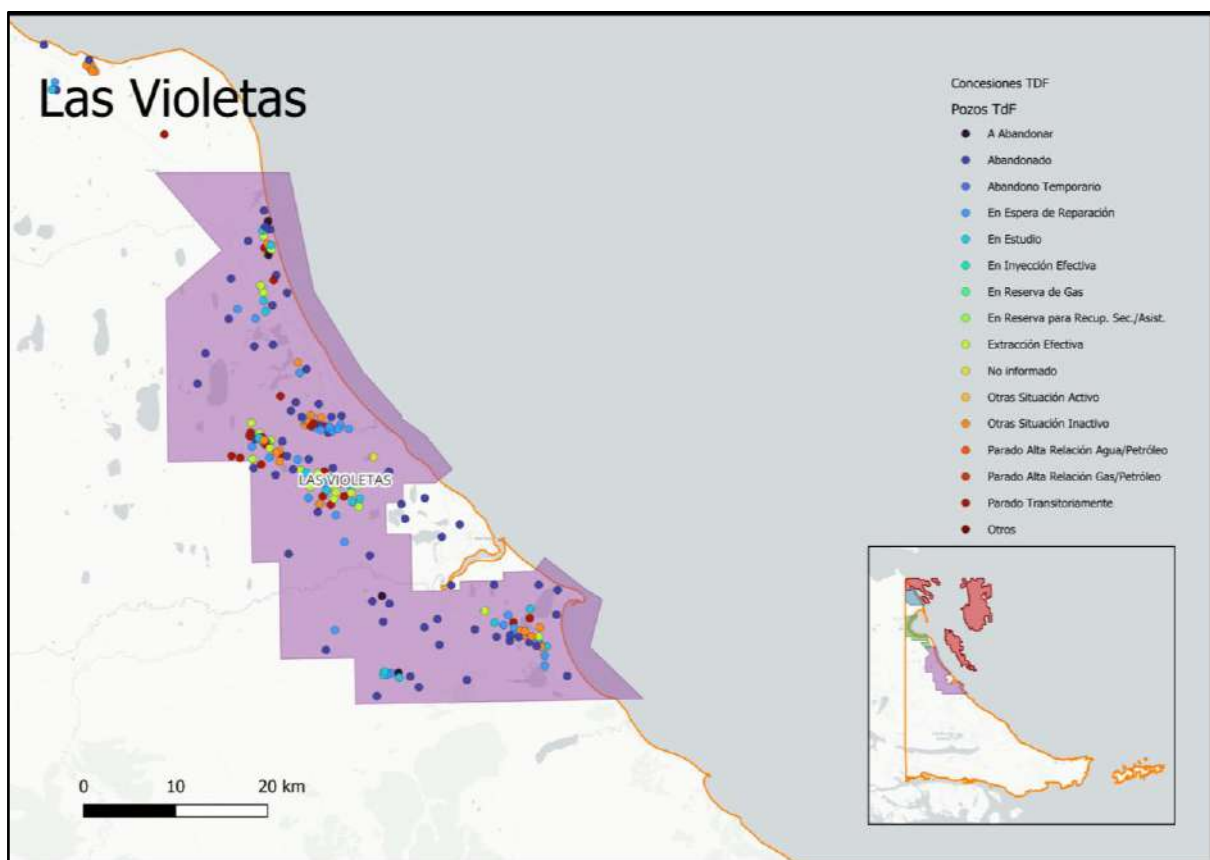


Imagen 3. Mapa del área Las Violetas.
Fuente: Elaboración propia.

⁶ Extraído del [sitio oficial de ROCH S.A.](#)

Tabla 1. Yacimientos, pozos y estado de cada uno dentro del área Las Violetas.

Yacimiento	Pozos	Estado
Las Violetas	58	3 A abandonar 32 Abandonados 7 En espera de reparación 5 En estudio 5 Extracción efectiva 4 Inactivos 2 Parados transitoriamente
San Luis-Punta María	27	7 Abandonados 7 En espera de reparación 3 En estudio 2 Extracción efectiva 6 Inactivos 2 Parados transitoriamente
Los Flamencos	35	5 Abandonados 2 En espera de reparación 7 En estudio 11 Extracción efectiva 2 Inactivos 8 Parados transitoriamente
Los Patos	19	2 Abandonados 2 En espera de reparación 3 En estudio 4 Extracción efectiva 3 Inactivos 5 Parados transitoriamente
Puesto Quince	3	1 Abandonado 1 En espera de reparación 1 Inactivo
Río Chico	22	8 Abandonados 7 En espera de reparación 4 Inactivos 3 Parados transitoriamente
Río Chico Norte	2	1 Abandonado 1 Parado transitoriamente
Sur Arroyo Candelaria	8	1 A abandonar 2 Abandonados 2 En espera de reparación 3 En estudio
Otros	1	1 Estado no informado

Fuente: Elaboración propia.

Río Cullen

El área de concesión Río Cullen es de aproximadamente 352 km² se localiza en el extremo norte de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, hacia la zona de Bahía San Sebastián / Río Cullen⁷, a aproximadamente 200 km de la ciudad de Río Grande.

Su operador actual es ROCH S.A. El área comprende el yacimiento Río Cullen que contiene 45 pozos registrados. Dentro de esta área se encuentra la planta de tratamiento Río Cullen⁸, que separa líquidos que recibe de las plataformas costa afuera y envía el gas producto resultante a la planta de Cañadón Alfa. Esta planta se dedica al tratamiento primario y posee tanques de almacenamiento de 20.000 m³, talleres e instalaciones complementarias⁹.

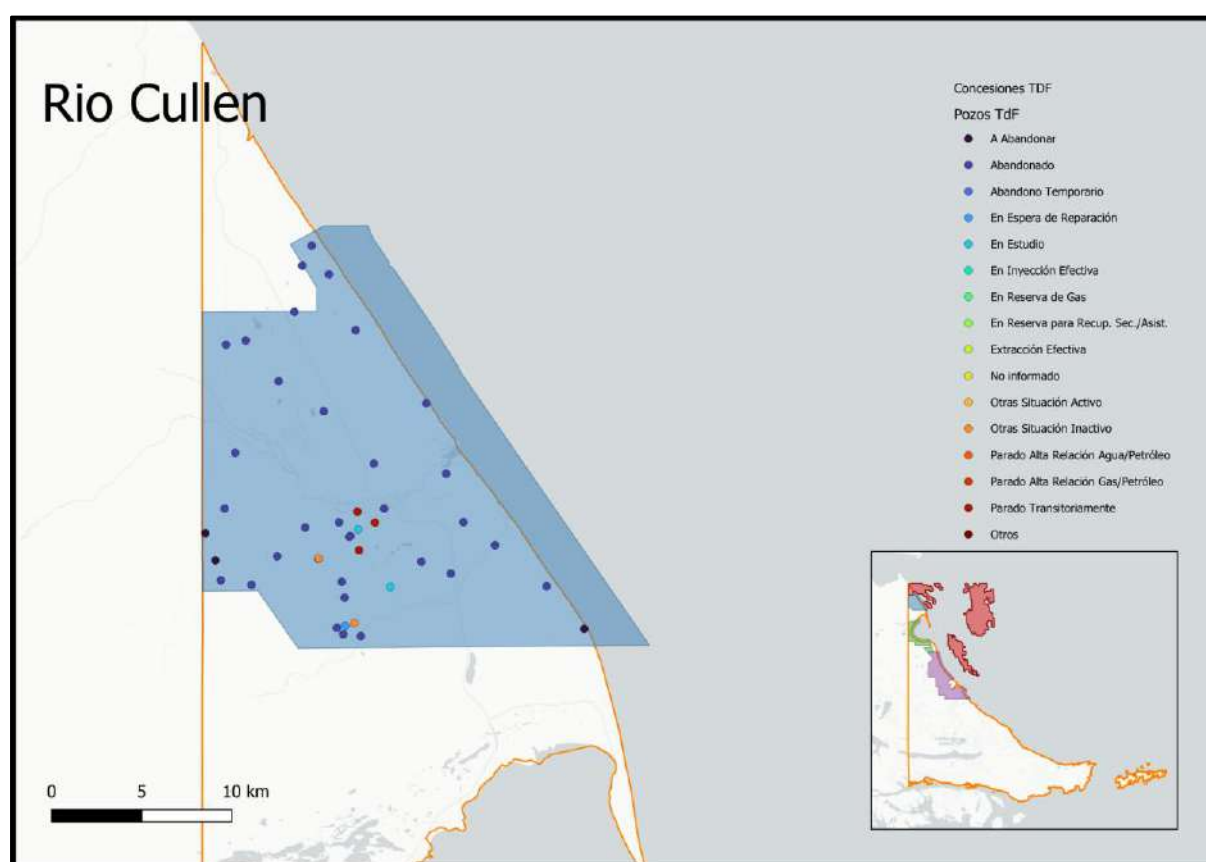


Imagen 4. Mapa del área Río Cullen.

Fuente: Elaboración propia.

⁷ Extraído del [sitio oficial de ROCH S.A.](#)

⁸ Extraído de [Di Paola, M. M. \(2023\). Hidrocarburos en Tierra del Fuego. Los antecedentes del offshore en Argentina. FARN.](#)

⁹ Extraído del [Proyecto Planta de Hidra Total Austral.](#)

Tabla 2. Yacimientos, pozos y estado de cada uno dentro del área Río Cullen.

Yacimiento	Pozos	Estado
Río Cullen	45	3 A abandonar 34 Abandonados 1 En espera de reparación 2 En estudio 2 Inactivos 3 Parados transitoriamente

Fuente: Elaboración propia.

Cuenca Marina Austral 1

El área de concesión Río Cullen, si bien posee gran parte de su concesión *offshore*, no obstante, su sector continental se encuentra ubicada en el extremo norte frente a la costa de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.

El operador actual es Total Austral S.A. La concesión abarca aproximadamente 160 km² en tierra y una superficie total marina de aproximadamente 2.500 km². El área cuenta con el yacimiento Cañadón Alfa *onshore* que contiene 177 pozos registrados. Dentro de esta área se encuentra la planta de tratamiento de gas Cañadón Alfa, extrayendo propano y butano. A esta planta se encuentran también conectados pozos de petróleo y gas de yacimientos adyacentes¹⁰.

¹⁰ Extraído de [Total Energies. \(2022\). Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Fénix Cuenca Austral. Documento de divulgación.](#)

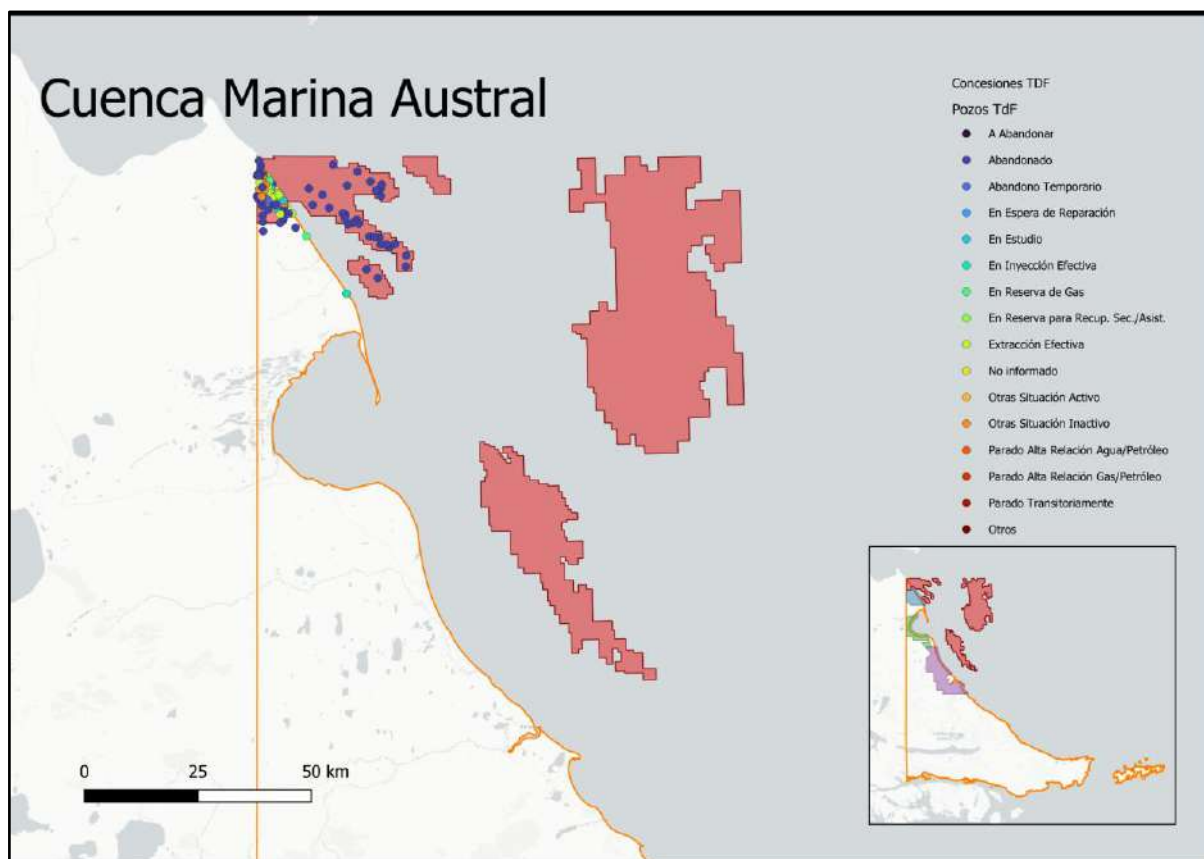


Imagen 5. Mapa del área Cuenca Marina Austral 1.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Yacimientos, pozos y estado de cada uno dentro del área Cuenca Marina Austral 1.

Yacimiento	Pozos	Estado
Cañadón Alfa	177	83 Abandonados 9 Abandono temporario 13 En estudio 4 En reserva de gas 34 Extracción efectiva 31 Inactivos 3 Parados transitoriamente

Fuente: Elaboración propia.

Angostura CA-14

El área de concesión Angostura CA-14 es de aproximadamente 417 km² se encuentra ubicada al norte de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur¹¹, a lo largo de la Bahía San Sebastián. Su operador actual es ROCH S.A.

¹¹ Extraído del [sitio oficial de ROCH S.A.](#)

La misma limita al oeste con Chile y posee reservorios de petróleo. El área cuenta con los yacimientos Angostura, Angostura Sur, Cerro Cortado, Gaviota Las Lagunas y San Martín; y 34 pozos registrados.

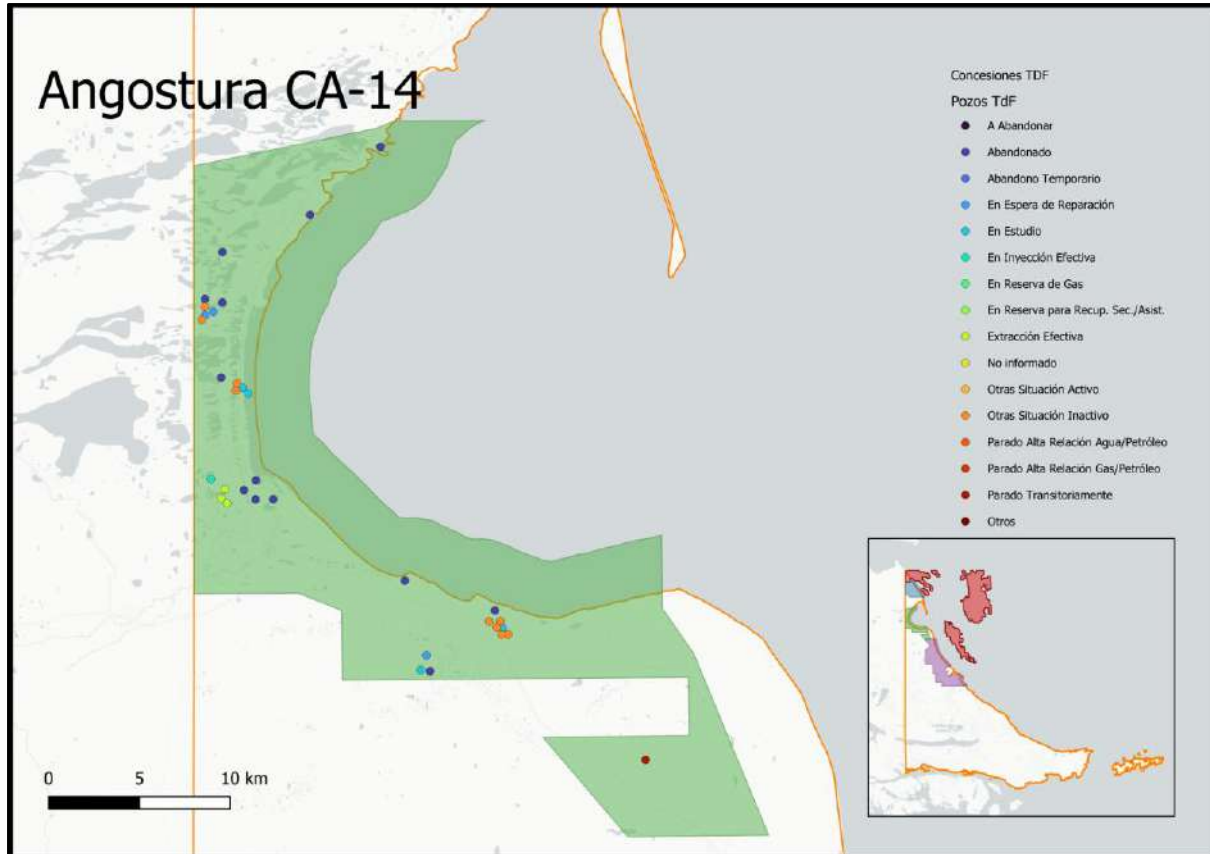


Imagen 6. Mapa del área Angostura CA-14.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Yacimientos, pozos y estado de cada uno dentro del área Angostura CA-14.

Yacimientos	Pozos	Estado
Angostura	13	9 Abandonados 2 En estudio 2 Inactivos
Angostura Sur	1	1 Parado transitoriamente
Cerro Cortado	7	1 Abandonado 1 En estudio 5 Inactivos
Gaviota	6	2 Abandonado 2 En espera de reparación 2 Inactivos
Las Lagunas	3	1 Abandonado 1 En espera de reparación

Yacimientos	Pozos	Estado
		1 En estudio
San Martín	4	1 En inyección efectiva 3 Extracción efectiva

Fuente: Elaboración propia.

Tipos de pasivos ambientales detectados

Suelos contaminados

En este trabajo se adoptó como criterio que “suelos contaminados” son aquellas pilas o acopios de material terroso con presencia de hidrocarburos como petróleo o nafta. Estos suelos provienen de derrames o fugas y han sido retirados de las áreas afectadas como primera medida de remediación para luego ser tratados en sitios destinados para tal fin; por lo tanto, los métodos evaluados en este apartado se circunscriben a esa problemática. Los suelos impactados que permanecen *in situ*, como aquellos asociados a infraestructura en superficie, se abordan puntualmente en el ítem “Contaminación de Suelos y Napas” más adelante.

La presencia de hidrocarburos altera la estructura física y la composición del suelo y puede afectar a la flora y fauna locales. Además, las fracciones que no se volatilizan tienden a infiltrarse a través de la porosidad del suelo. En la zona de estudio, la humedad de los suelos favorece una migración de los hidrocarburos a velocidades moderadas y con penetración en profundidad, mientras que las condiciones climáticas predominantes generan que la degradación natural de estos compuestos sea aún más lenta.

El grado de afectación de estos pasivos depende de las concentraciones involucradas en el derrame o fuga. En este sentido, esa concentración también condiciona la selección de la estrategia de remediación más adecuada.

Contaminación de suelos y napas

La presencia de hidrocarburos en el suelo y en las napas es uno de los desafíos ambientales más complejos de la industria petrolera, debido a la capacidad de generar impactos graves y, en ciertos casos, de difícil remediación, especialmente sobre las aguas subterráneas.

La afectación puede originarse por derrames, pérdidas en tanques y líneas, operaciones industriales o actividades de perforación. Este informe no indaga en las causas de los pasivos ambientales, sino que se orienta a identificarlos y evaluar las alternativas de remediación disponibles y sus costos asociados.

Los hidrocarburos, una vez que llegan al suelo, modifican su estructura y su composición, dificultando el establecimiento de flora nativa y colonizadora. A su vez, incorporan compuestos tóxicos y potencialmente cancerígenos que suponen riesgos para la salud y el ambiente. La pérdida

de cobertura vegetal, a su vez, favorece la erosión eólica, intensificada por los vientos característicos de la región.

Una vez en el subsuelo, los hidrocarburos pueden migrar y comprometer grandes volúmenes de agua dulce, deteriorando su calidad y generando que la misma no sea utilizable para consumo humano y usos agropecuarios. El transporte vertical ocurre por infiltración, impulsado por la gravedad y condicionado por la permeabilidad y la humedad del suelo, lo que permite que los contaminantes alcancen el nivel freático. Al llegar al acuífero, las fases disueltas o flotantes se dispersan horizontalmente siguiendo el gradiente hidráulico, amplificando el área impactada.

La contaminación del suelo y las napas de agua con hidrocarburos puede tener efectos combinados y se potencian mutuamente. Los contaminantes en el suelo pueden afectar la calidad del agua subterránea, y viceversa. La presencia de hidrocarburos en ambos medios puede dificultar la remediación y aumentar los riesgos para la salud y el ambiente.

Residuos sólidos (lodos)

Los fondos de tanque (también denominados barro o lodos de tanques) son residuos sólidos o semisólidos que se depositan en la base de los tanques que almacenan petróleo crudo y sus derivados. Suelen estar compuestos por una mezcla heterogénea de hidrocarburos, agua, sedimentos minerales y otras impurezas que se concentran por la decantación natural durante el almacenamiento.

Por su variabilidad y por el contenido de contaminantes, estos lodos son difíciles de manejar y tratar. En la práctica, se suelen acopiar en piletas para tratarlos posteriormente. De esta manera, se reúnen volúmenes mayores para realizar una remediación a mayor escala, siendo una manera eficiente de tratar lodos en zonas remotas como las áreas de Tierra del Fuego. Sin embargo, este método de acopio prolongado y mezcla de matrices dificulta su recuperación y tratamiento posterior, ya que incrementa la diversidad de componentes y, por ende, la complejidad tecnológica necesaria para su valorización o disposición final.

Piletas de locaciones con residuos sólidos

Las piletas de locación son estructuras a cielo abierto, usualmente impermeabilizadas, destinadas al almacenamiento temporal y/o tratamiento de fluidos generados por las actividades petroleras antes de su descarga, tratamiento, disposición o reutilización. Su difusión se debe a su bajo costo relativo y a su capacidad para manejar grandes volúmenes.

Sin embargo, el uso de piletas con residuos sólidos o semisólidos conlleva riesgos relevantes. Si la geomembrana o la obra civil presentan fisuras, fallas de sellado o roturas, pueden producirse fugas y filtraciones de crudo, aguas contaminadas o reactivos hacia el suelo y cuerpos de agua cercanos. Algunos fluidos contienen compuestos volátiles que pueden evaporarse, liberar gases tóxicos y, en ciertos casos, gases de efecto invernadero, como metano. Además, lluvias intensas o fallas operativas pueden provocar desbordes, extendiendo el área impactada y dificultando el control.

Estas instalaciones, dado que son a cielo abierto implican también un riesgo para la fauna cuando no están correctamente cercadas o mantenidas. La radiación solar reflejada y el aspecto superficial pueden atraer aves y mamíferos que, al intentar beber o explorar, quedan adheridos por la viscosidad del contenido, ocasionando asfixia, ahogamiento o intoxicaciones agudas y crónicas por el carácter tóxico de los fluidos en estos animales.

Con el tiempo y por el uso, las piletas tienden a acumular lodos y residuos sólidos. Si ese material no se gestiona de manera adecuada, puede desplazarse, rebalsar o liberarse al ambiente, incrementando la carga contaminante y la complejidad de su posterior tratamiento.

Instalaciones abandonadas

Aquí se desarrolla la problemática asociada a instalaciones que han quedado fuera de servicio y sin dismantelar, aún emplazadas en sus ubicaciones originales. Cuando estas instalaciones no se gestionan adecuadamente, pueden transformarse en fuentes crónicas de contaminación, ya sea por corrosión, fugas residuales o liberación de sustancias presentes en equipos, cañerías, tanques y materiales de construcción.

La degradación progresiva de componentes metálicos y plásticos favorece la lixiviación y emisión de contaminantes hacia el suelo, el aire, las aguas superficiales y las aguas subterráneas. Entre las sustancias potencialmente liberadas se encuentran hidrocarburos, plomo, asbesto y compuestos orgánicos volátiles, que pueden persistir durante décadas y generar riesgos para la salud y el ambiente. Adicionalmente, eventuales derrames o pérdidas de fluidos en equipos remanentes pueden afectar la flora y fauna locales, comprometiendo la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas circundantes.

La permanencia de estas estructuras también tiene un impacto físico dado que impide la recolonización de la flora y frena la sucesión ecológica, manteniendo superficies compactadas o contaminadas que dificultan la recuperación del hábitat. En este sentido, la adecuada desinstalación, limpieza y remediación de estos sitios constituye una medida prioritaria para reducir riesgos y habilitar procesos de restauración ambiental.

Pozos abandonados y pozos abandonados con manifestaciones de gas

Se denomina “pozo abandonado” a toda perforación petrolera inactiva sobre la cual no existen planes de explotación futura por razones técnicas y/o económicas, y que ha sido retirada de servicio mediante las tareas propias de abandono, tales como instalación de tapones y cementaciones en los intervalos críticos (fondo, productivo e intermedio/superior), corte y sellado de cañerías en superficie, retiro de equipos y restauración de la locación. A efectos del inventario de pasivos, se incluyen también como “pozos abandonados” a los pozos inactivos sin plan de reactivación que requieren ejecutar el abandono definitivo. Se distingue del abandono temporal (suspensión con tapones de seguridad que permite reentrada), el cual no se considera abandono definitivo. Sin embargo, cuando esa suspensión se prolonga sin plan de reactivación, el pozo se releva como pasivo. Los pozos abandonados con manifestaciones de gas constituyen un subgrupo de esta categoría en los que el sellado no es íntegro y requieren gestión prioritaria. Este tipo particular de pasivos ambientales se describe a continuación.

Análisis de emisiones a la atmósfera

Con el objetivo de identificar posibles emisiones fugitivas sistemáticas asociadas a pozos abandonados mal sellados o instalaciones con venteos excesivos, se ha incorporado el análisis de columnas atmosféricas de metano (CH_4) mediante datos satelitales de Sentinel-5P. El metano es el principal gas que se libera en este tipo de pasivos, con un potencial de calentamiento global significativamente superior al del dióxido de carbono. Su presencia en la atmósfera puede indicar filtraciones desde formaciones profundas, fallas en el sellado de pozos inactivos o prácticas operativas deficientes en plantas de tratamiento.

No obstante, esta técnica presenta limitaciones inherentes: la resolución espacial del sensor (~ 7 km) impide detectar fuentes puntuales pequeñas, y las condiciones atmosféricas (especialmente en invierno austral) pueden restringir la disponibilidad y calidad de los datos. Por ello, los resultados deben interpretarse como indicadores preliminares, sujetos a verificación en campo y complementación con información técnica de las operadoras.

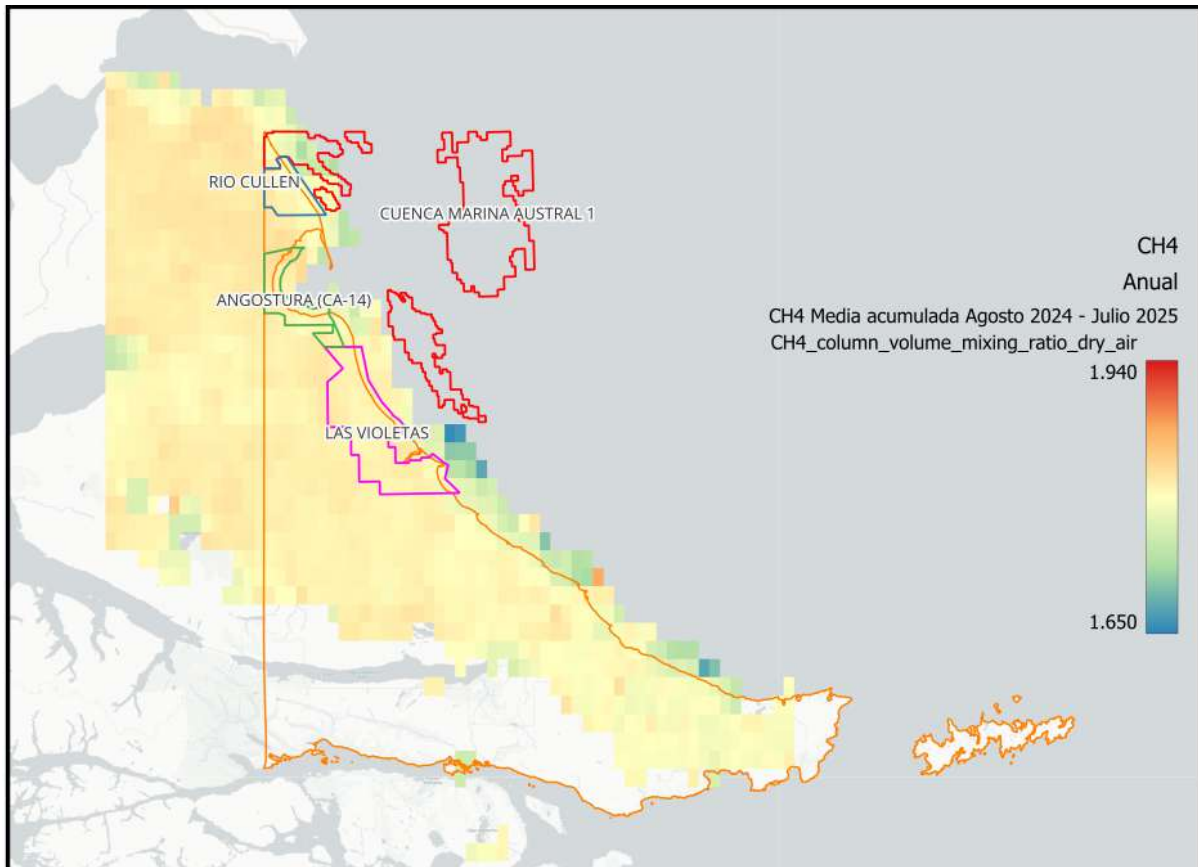


Imagen 7. Observación anual de metano con imágenes satelitales de Sentinel-5P.
Fuente: Elaboración propia.

Durante el período analizado, los valores atmosféricos de metano (CH_4) observados mediante imágenes satelitales de Sentinel-5P se mantuvieron por debajo de los 1.940 ppb en toda la región de Tierra del Fuego. Esta concentración se encuentra dentro del rango esperado para condiciones de fondo regional, por lo que no se infieren liberaciones puntuales significativas hacia la atmósfera.

Sin embargo, es importante considerar las limitaciones inherentes a la técnica utilizada: la resolución espacial del sensor (~7 km) impide detectar fuentes pequeñas o dispersas, y las mediciones representan concentraciones integradas en la columna atmosférica, no emisiones directas desde el suelo. Además, factores meteorológicos como nubosidad, viento y mezcla vertical pueden afectar la precisión y atribución espacial de los datos. Por ello, los resultados deben interpretarse como indicadores preliminares, sujetos a verificación en campo y complementación con información técnica de las operadoras.

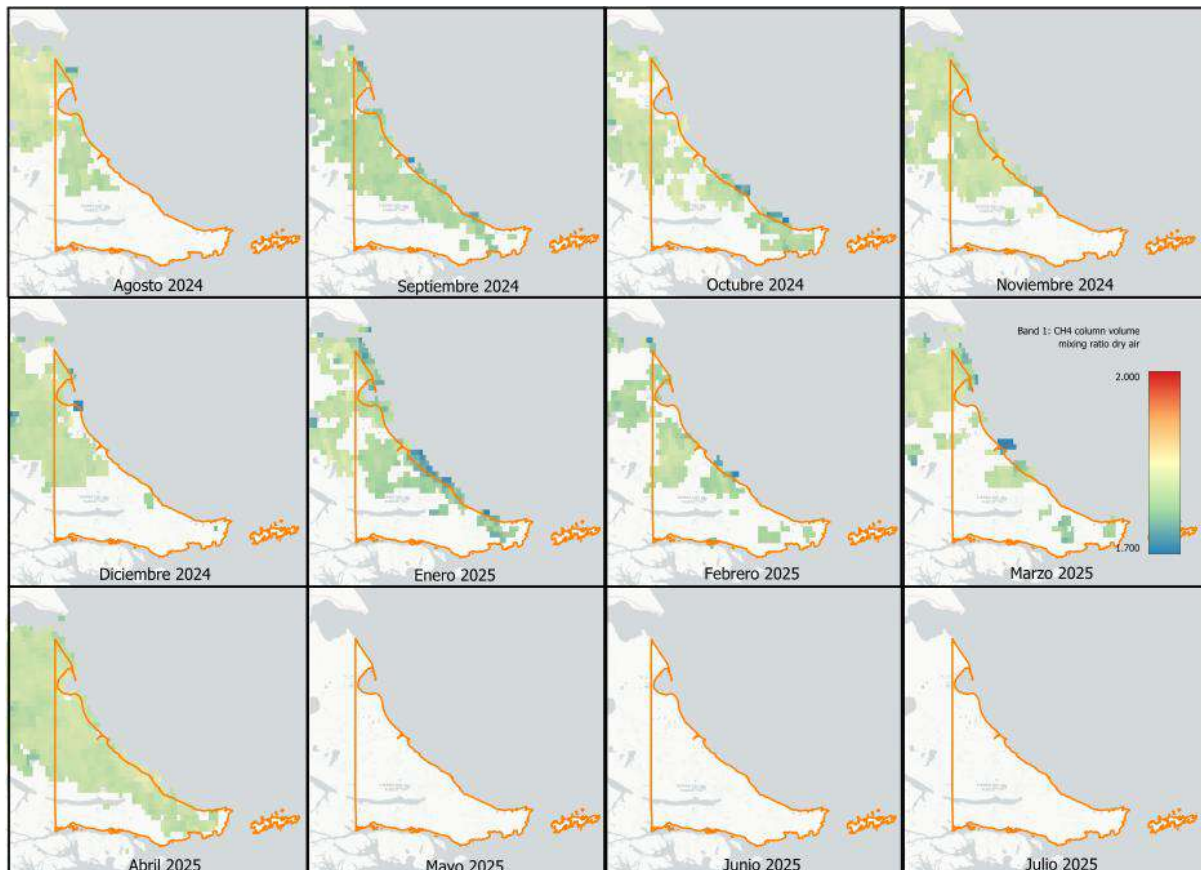


Imagen 8. Observación mensual de metano con imágenes satelitales de Sentinel-5P.

Fuente: Elaboración propia.

Para completar el análisis, se georreferenciaron las anomalías térmicas detectadas mediante sensores remotos, específicamente el sensor VIIRS del satélite Suomi NPP, en el marco del proyecto *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS) de la NASA, dentro de un sistema de información geográfica (GIS). acumulados de los últimos 10 años. Estas detecciones fueron representadas en formato de "heatmap" para facilitar su interpretación visual, y posteriormente comparadas con los puntos de venteo declarados, a fin de evaluar correspondencias y posibles discrepancias.

Cuenca Marina Austral 1

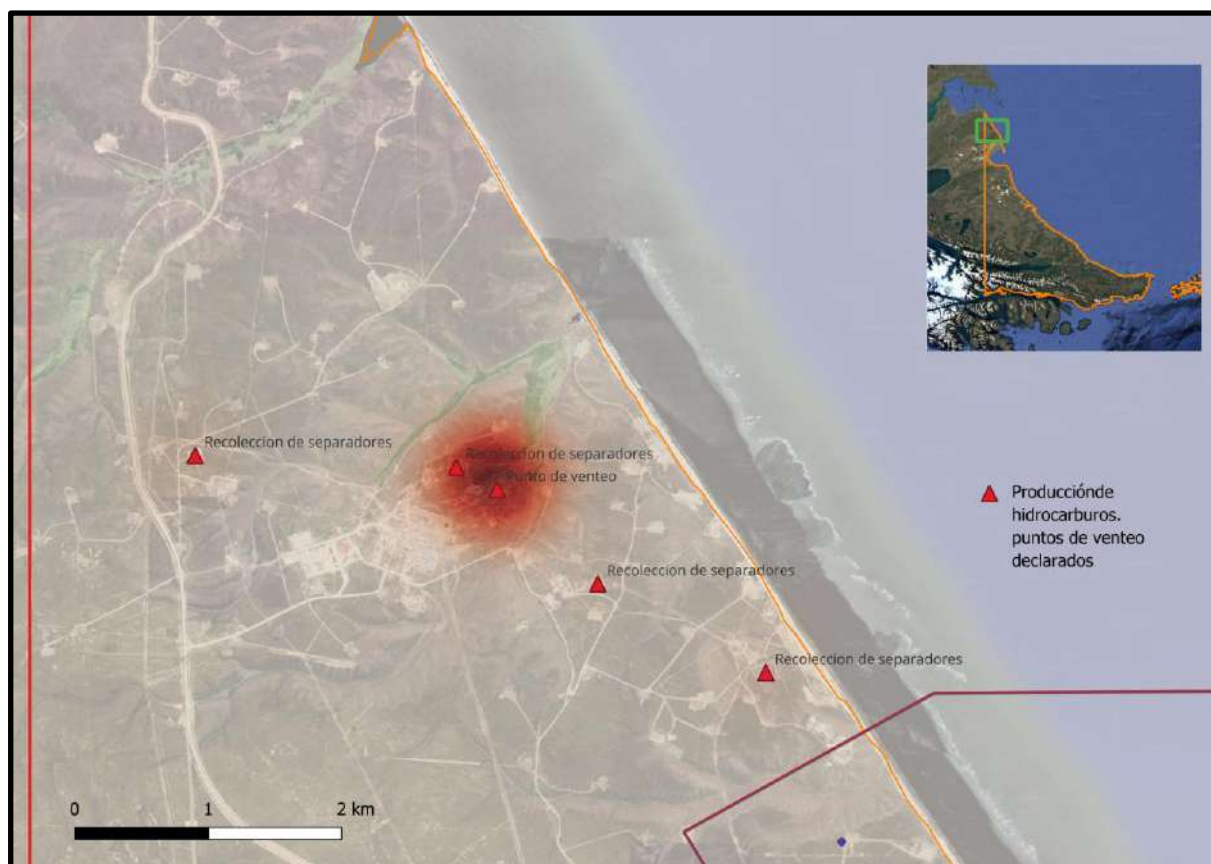


Imagen 9. Observación de puntos de venteo declarados y anomalías térmicas en superficie en el área Cuenca Marina Austral 1.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la Cuenca Marina Austral 1, se observa concordancia entre los venteos declarados y las anomalías térmicas.

Río Cullen

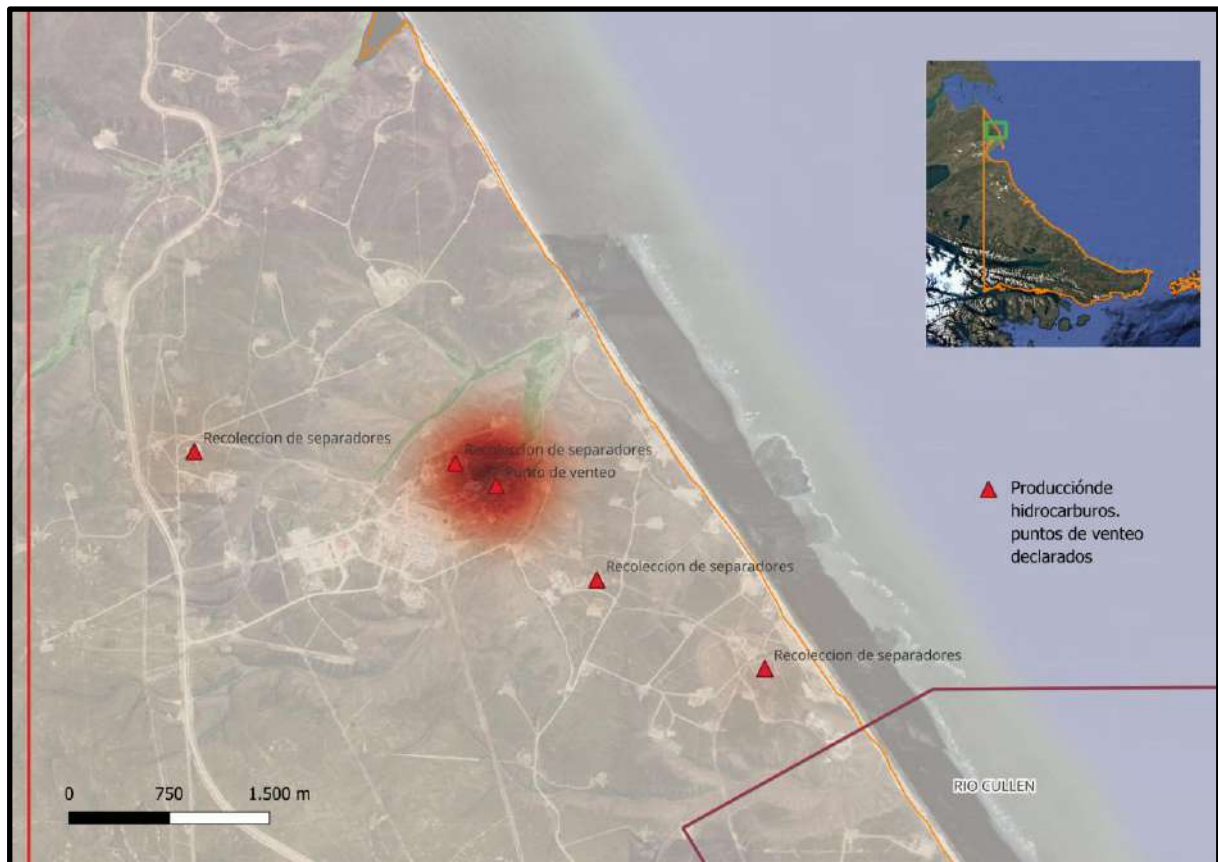
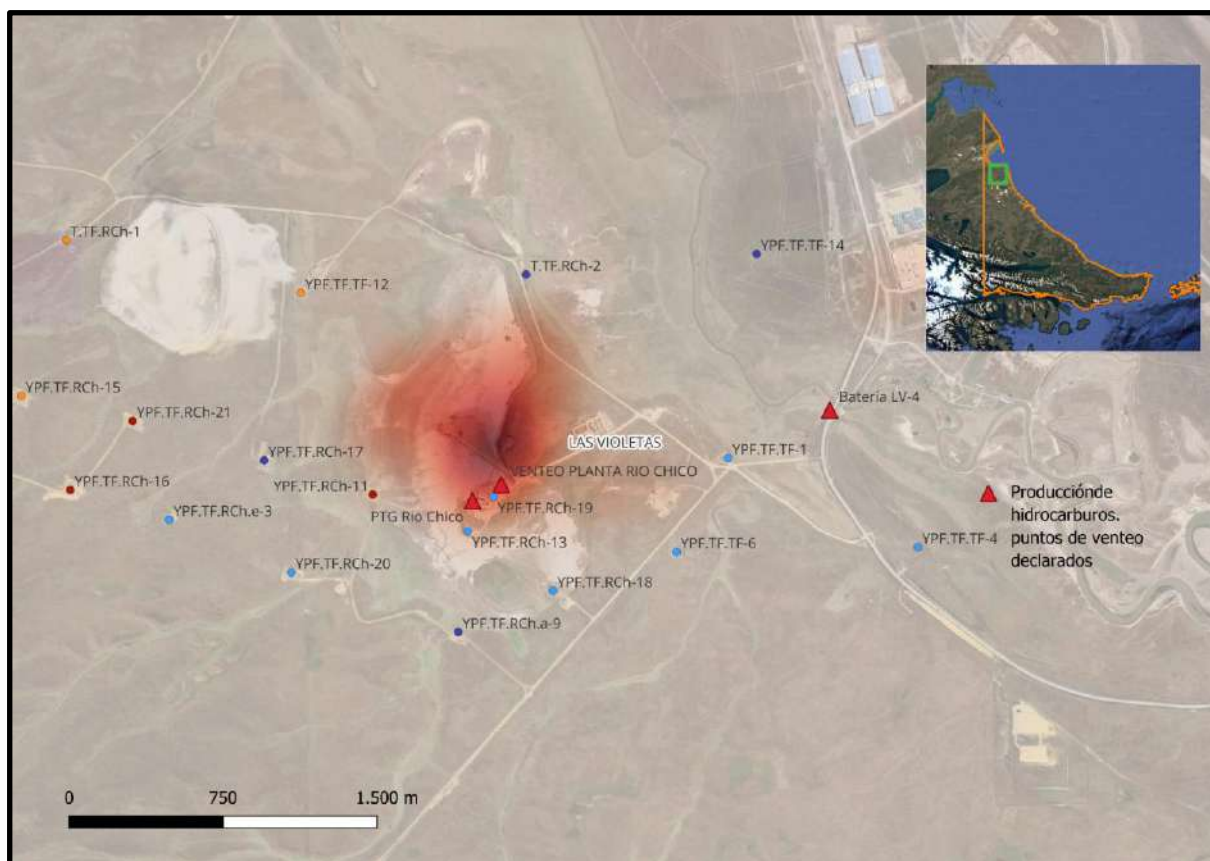


Imagen 10. Observación de puntos de venteo declarados y anomalías térmicas en superficie en el área Río Cullen.

Fuente: Elaboración propia.

En el área Río Cullen se observó concordancia entre las anomalías térmicas y los venteos declarados en las inmediaciones de la Planta Río Cullen.

En el área Las Violetas existen 10 venteos declarados, de los cuales se destaca por frecuencia de aparición de anomalías térmicas el de la Planta Río Chico y en menor medida, en la Planta San Luis y el Alivio La Marina.



Fuente: Elaboración propia.

Se encontraron focos de calor que no se pueden asociar a venteos declarados en las proximidades del pozo LFE-1004 (ROC.TF.LFE-1004). Es importante destacar que las mismas detecciones son todas de un mismo entorno de fechas entre octubre y noviembre de 2018, por lo que se puede inferir que se ha tratado de un accidente o venteo de emergencia.

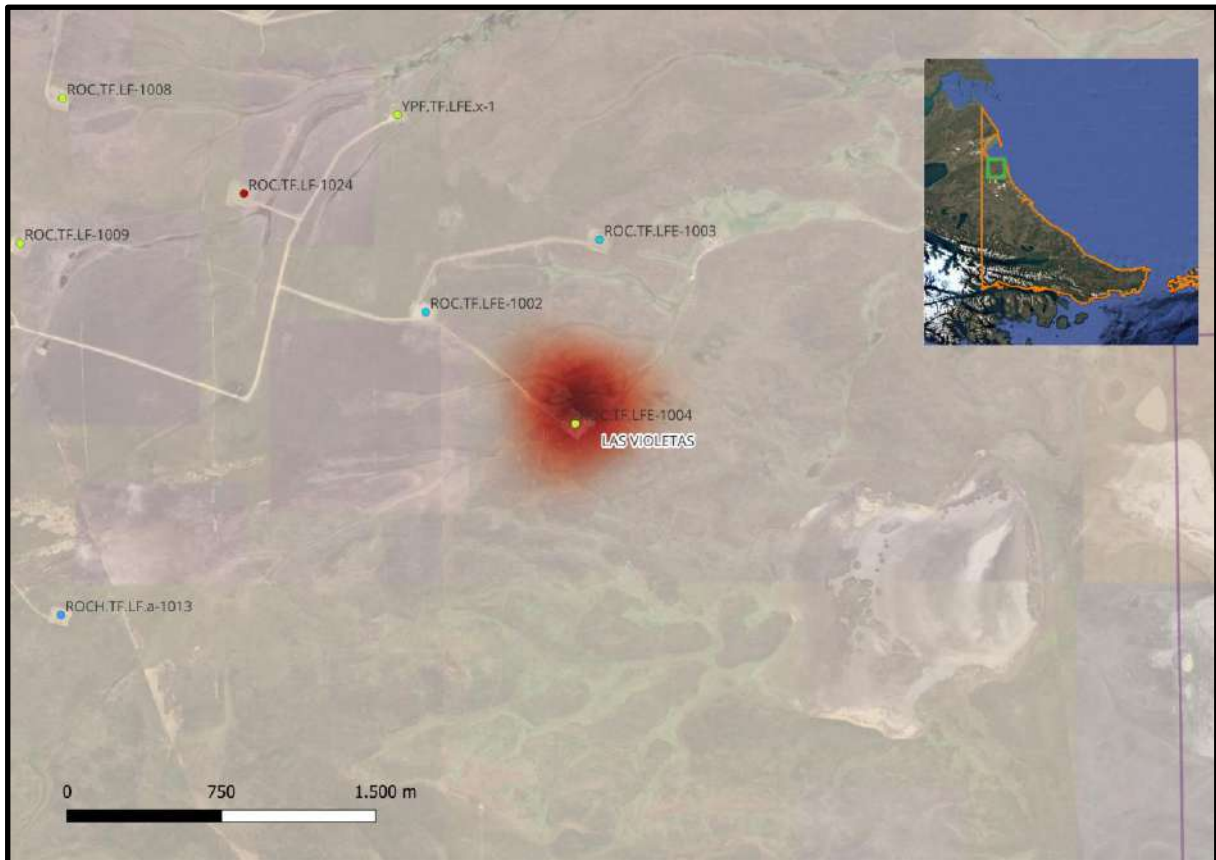


Imagen 13. Observación de puntos de venteo declarados y anomalías térmicas en superficie en el área Las Violetas.

Fuente: Elaboración propia.

Acumulación de residuos ferrosos y no-ferrosos (chatarra)

La chatarra generada en la operación (ferrosa: hierro/acero, y no ferrosa: cobre, aluminio, plomo, entre otras aleaciones) representa una problemática ambiental que suele subestimarse o incluso considerarse un “activo” por su eventual valor de reventa. En la práctica, estos materiales se acopian en sectores designados o, en escenarios no deseables, quedan dispersos en el entorno de las instalaciones.

Las condiciones logísticas propias de áreas remotas, como la distancia a plantas receptoras, costos de flete elevados y bajo precio relativo del material, no fomentan el reciclaje y prolongan los tiempos de retiro. A ello se suma que gran parte de la chatarra posee contaminación superficial (hidrocarburos, aceites, fluidos de proceso), que, si no se trata, puede liberar sustancias tóxicas y comprometer suelo, aguas superficiales y subterráneas, con efectos persistentes sobre la calidad ambiental y potenciales riesgos para la salud de las comunidades aledañas.

Cutting (acumulación de recortes de la perforación, mezclado en general con los lodos de la perforación)

En la actividad petrolera se denomina *cutting* a los residuos generados durante la perforación de pozos: una mezcla de recortes de roca con lodos (base agua o base aceite) y aceites de circulación, que suele contener una fracción relevante de hidrocarburos. Además de los propios aditivos usados en perforación y eventuales tratamientos (ácidos, reticulantes, emulsionantes), estos residuos pueden arrastrar componentes del subsuelo, incluyendo materiales radiactivos de origen natural (NORM), como uranio, radio o radón, y metales pesados (mercurio, cromo, plomo, arsénico, entre otros).

Por su composición, los *cutting* constituyen un residuo peligroso dado que pueden emitir compuestos volátiles (contribuyendo a gases de efecto invernadero), alterar la calidad fisicoquímica de los suelos y comprometer aguas superficiales y subterráneas por infiltración o escorrentía.

Afectación del paisaje por pérdida de cobertura vegetal y de suelo

La modificación del paisaje asociada a la apertura de caminos, senderos y locaciones con topadoras que cortan el perfil del suelo, tránsito de maquinaria pesada y montaje de instalaciones, es uno de los impactos más visibles de la actividad petrolera que suele quedar subponderado. Este proceso implica la remoción de la cobertura vegetal (parte aérea y raíces), la compactación por pisoteo y el desmonte de la capa superficial del suelo, con posterior redistribución de materiales en montículos o rellenos generalmente sin un criterio ambiental.

Las consecuencias no se limitan solo al aspecto escénico, sino que también alcanzan a la geomorfología, al suelo y a la biota. La vegetación sostiene la biodiversidad al proveer hábitats; su eliminación genera pérdidas locales de especies y fragmentación, dificultando el desplazamiento y el acceso a recursos. Al mismo tiempo, la cobertura vegetal actúa como anclaje físico del terreno: las raíces estabilizan y reducen la erosión. Cuando se la remueve, aumenta la susceptibilidad a la pérdida de suelo fértil y se complica la revegetación posterior.

La vegetación, además, regula la evapotranspiración y favorece la infiltración de agua de lluvia. Su pérdida altera el balance hídrico del sitio, disminuye la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo y puede derivar en mayor aridez o vulnerabilidad a sequías. En conjunto, la degradación de la cobertura y del suelo no solo transforma el paisaje, sino que compromete la funcionalidad ecológica del área intervenida.

Metodología de estimación de costos

La selección de las técnicas de remediación por tipo de pasivo ambiental se realizó mediante un análisis integral de cada pasivo, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Características del pasivo: tipo de contaminante, extensión del área afectada, profundidad.
- Cumplimiento normativo: estándares regulatorios vigentes y límites de concentración establecidos por las autoridades.

- Viabilidad técnica y operativa: condiciones del sitio, accesibilidad, disponibilidad de infraestructura y recursos.
- Eficiencia y tiempo de ejecución: priorizando soluciones que reduzcan riesgos para la salud y el ambiente en plazos razonables.
- Costos relativos: comparando alternativas en función de experiencias previas, costos bibliografía técnica y consultas con expertos.

Con respecto a la estimación del presupuesto, existen diversos métodos para evaluar económicamente los pasivos ambientales, cada uno adecuado a diferentes contextos y tipos de daño ambiental. A continuación, se presenta un listado de los principales métodos:

- **Valoración contingente:** Se basa en encuestas para estimar cuánto estarían dispuestos a pagar los individuos por mejorar o conservar un recurso ambiental, o qué compensación aceptarían por una disminución en su calidad.
- **Costos evitados o inducidos:** Calcula los gastos que se evitarían si no existiera la contaminación.
- **Costo de oportunidad:** Determina el valor de los recursos naturales perdidos por contaminación o destrucción ambiental. Un ejemplo es el costo operativo de sistemas de filtrado de aire o agua para eliminar contaminantes.
- **Precios hedónicos:** Considera que el precio de un bien refleja la suma de sus características. Por ejemplo, dos viviendas similares pueden tener precios distintos debido a la contaminación ambiental. Este análisis permite asignar un valor económico a la contaminación.
- **Costo de viaje:** Estima cuánto gastarían las personas para visitar un sitio natural, lo que ayuda a calcular el valor recreativo o paisajístico del recurso.
- **Costo de remediación:** Consiste en calcular los gastos necesarios para limpiar y restaurar el ambiente afectado, devolviéndolo a su condición original o a una referencia normativa

En el área de estudio, la baja densidad poblacional y la dispersión geográfica dificultan la aplicación de métodos como precios hedónicos o valoración contingente, ya que generarían distorsiones estadísticas. Asimismo, aunque la zona posee gran belleza natural, no se considera actualmente un destino turístico con información suficiente para aplicar el método de costo de viaje de manera representativa.

Por estas razones, en este trabajo se emplea el método de costo de remediación, siempre que técnicamente sea posible revertir el estado actual de contaminación y restituir el ambiente a sus condiciones originales. El criterio será reducir los niveles de contaminantes a los valores establecidos por la normativa provincial para el uso del suelo. Esto puede implicar soluciones de disposición final distintas a las prácticas habituales de la industria petrolera local, posiblemente más exhaustivas y costosas. Debido a este enfoque, no se incorporarán criterios de costo de oportunidad ni costos inducidos.

A partir de la selección del método de costo de remediación, la estimación de los costos de remediación de los pasivos se elaboró teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Corto plazo
 - Equipos y materiales: adquisición y movilización de maquinaria especializada, sistemas de bombeo, unidades de tratamiento, insumos para encapsulado, transporte, etc.
 - Mano de obra: personal técnico, operadores, supervisión, seguridad, etc.
- Largo plazo
 - Monitoreo y mantenimiento: reposición de equipos, calibración de sistemas, muestreos, análisis de laboratorio, etc.
- Costos adicionales
 - Gestión administrativa: permisos y licencias ante autoridades, seguros, auditorías, etc.
 - Gestión documental: informes técnicos, estudios complementarios, etc.

Para determinar estos costos unitarios, se consultó a empresas de reconocido prestigio nacional e internacional. Dada la naturaleza específica de las tareas a evaluar y el carácter altamente restringido del mercado, las empresas especializadas suelen evitar emitir cotizaciones formales, recurriendo en su lugar a estimaciones informales para este tipo de evaluaciones. Cuando fue posible, se incluyeron referencias provenientes de cámaras que agrupan las actividades del sector. En otros casos, se realizaron relevamientos de precios en empresas radicadas en la Patagonia con experiencia en operaciones vinculadas a la industria petrolera.

Metodologías de remediación por tipo de pasivo ambiental

Presencia de FLNA

Existen diversas alternativas de remediación que, en la práctica, suelen aplicarse de manera combinada en función del tipo de hidrocarburo, el comportamiento del contaminante y las condiciones del sitio. Entre las técnicas comúnmente utilizadas se incluyen:

- **Aireación forzada (*Air Sparging*):** inyección de aire en la zona saturada para volatilizar hidrocarburos livianos y aumentar el oxígeno disponible, favoreciendo la biodegradación. Suele complementarse con extracción de vapores para capturar los gases liberados.
- **Bombeo y tratamiento (*Pump and Treat*):** extracción de agua subterránea contaminada mediante pozos, tratamiento en superficie (separación de fase, filtración, carbón activado u otros) y posterior reinyección o disposición controlada. Es una técnica confiable, pero puede requerir tiempos prolongados si el suelo continúa aportando contaminantes al acuífero.
- **Barreras reactivas permeables (PRB):** instalación de una barrera en el subsuelo, transversal al flujo del acuífero, con materiales reactivos (p. ej., carbón activado, hierro cero valente u otros medios) que retienen o degradan contaminantes mientras el agua circula a través de ella.
- **Lavado de suelos (*Soil Flushing*):** inyección de agua o soluciones con tensoactivos para movilizar contaminantes del suelo hacia pozos de recuperación, con tratamiento posterior del efluente extraído. Requiere control operativo para evitar dispersión no deseada.

- **Extracción de vapores del suelo (Soil Vapor Extraction):** aplicación de vacío en la zona no saturada para remover contaminantes volátiles y semivolátiles en fase vapor, con tratamiento de los vapores en superficie. Es especialmente eficaz en suelos permeables y con fracciones livianas.
- **Biorremediación:** degradación biológica de hidrocarburos por microorganismos, ya sea estimulando la microbiota nativa (bioestimulación) o incorporando cepas específicas (bioaumentación), ajustando oxígeno, humedad y nutrientes. Es sostenible, aunque más lenta y dependiente de condiciones ambientales.
- **Tratamiento térmico *in situ*:** aplicación de calor en el subsuelo para volatilizar o destruir contaminantes orgánicos, con captura y tratamiento de vapores. Alta efectividad, pero mayor complejidad y costos.
- **Monitoreo natural atenuante:** seguimiento de la reducción natural de contaminantes (biodegradación, dispersión, volatilización) sin intervención activa, aplicable cuando el riesgo es controlable y existe evidencia de atenuación. Requiere un plan de monitoreo sostenido.
- **Extracción multifásica (MPE)/Bioslurping:** uso de vacío para extraer simultáneamente fase libre (FLNA), agua y vapores, mejorando la aireación del subsuelo y favoreciendo biodegradación residual. Es adecuada cuando hay hidrocarburos en fase libre y se busca remoción activa con control del producto recuperado y efluentes generados.

Para la presente estimación de costos y considerando la limitada información disponible, se adopta como metodología principal la extracción multifásica (MPE / *bioslurping*) en los sectores de mayor criticidad, definidos por un mayor espesor de fase libre (FLNA). Un sistema típico de MPE contempla pozos de extracción de líquidos y vapores, equipos de vacío, bombas, sopladores, separadores, unidades de tratamiento de líquidos, sistemas de tratamiento de vapores e instrumentación y control. En áreas de menor criticidad se prevé el uso de una unidad móvil de extracción, operando por cuadrículas, derivando la emulsión recuperada al sistema MPE para su tratamiento. A los fines del cómputo, y en base a antecedentes de proyectos similares, se considera que aproximadamente un 20% del área afectada corresponde a zona crítica

Tanques abandonados con restos de hidrocarburos

Para gestionar los residuos y lodos presentes en tanques abandonados, se consideran las siguientes alternativas:

- **Centrifugación:** Permite separar físicamente los componentes por diferencia de densidad, recuperando fracciones de petróleo, separando el agua y concentrando los sólidos, lo que reduce el volumen a transportar o disponer
- **Tratamiento químico:** Involucra la aplicación de agentes que rompen emulsiones y facilitan la separación de hidrocarburos, favoreciendo la recuperación de fracciones útiles.
- **Tratamiento térmico (desorción):** Consiste en aplicar calor para volatilizar contaminantes orgánicos, que posteriormente pueden condensarse y recuperarse.
- **Biorremediación:** Utiliza microorganismos para degradar compuestos orgánicos presentes en los lodos, mediante procesos *in situ* o *ex situ*, que requieren tiempos prolongados de tratamiento.

- **Solidificación / Estabilización:** Implica mezclar los lodos con agentes aglutinantes para inmovilizar contaminantes, reduciendo su lixiviabilidad y facilitando un manejo seguro.
- **Relleno de seguridad:** Consiste en confinar los residuos en instalaciones diseñadas para el almacenamiento seguro de materiales peligrosos, como alternativa cuando la recuperación no es viable.
- **Separación por flotación:** Se basa en la inyección de aire o microburbujas junto con surfactantes que modifican la tensión superficial, haciendo que los contaminantes oleosos se adhieran a las burbujas y asciendan, formando una capa que puede retirarse fácilmente.
- **Secado solar o térmico:** Reduce el contenido de agua de los lodos mediante evaporación natural o inducida, disminuyendo el volumen y facilitando su manipulación y transporte. Debe realizarse en áreas impermeabilizadas con drenaje de lixiviados y se recomienda como complemento de otros métodos.

Piletas con residuos sólidos

A continuación, se presentan las metodologías propuestas para la remediación de las piletas con residuos sólidos:

- **Drenaje y limpieza mecánica:** Primera etapa del proceso de remediación, que consiste en extraer líquidos y sedimentos acumulados mediante equipos de bombeo, excavadoras o unidades de vacío industrial. Esta acción disminuye la carga contaminante inmediata y previene desbordes o filtraciones hacia el suelo y las napas freáticas. Debe realizarse sobre superficies impermeabilizadas y con sistemas de drenaje controlado, asegurando la correcta gestión de los residuos generados.
- **Encapsulado de fondo:** Se aplica cuando los residuos no pueden retirarse o el riesgo de migración es bajo pero persistente. Consiste en aislar los contaminantes mediante barreras impermeables, como geomembranas, arcillas compactadas o mezclas estabilizadoras de suelo y cemento. Estas capas impiden la infiltración de agua y el transporte vertical de contaminantes. Puede complementarse con una capa superior sellada y cobertura vegetal para estabilizar la superficie. Aunque no elimina el contaminante, ofrece un control efectivo del riesgo a largo plazo y es una solución rápida en sitios donde la excavación total no es viable.
- **Cobertura con capas vegetales (biorrecubrimiento):** Técnica de restauración superficial que se implementa tras el sellado o clausura de piletas, biopilas o áreas de disposición. Consiste en colocar una capa de suelo fértil y promover el crecimiento de especies nativas o fitorremediadoras. La vegetación actúa como barrera contra la erosión e infiltración, mejora la estabilidad del terreno y, en algunos casos, contribuye a la degradación biológica de hidrocarburos residuales. Su éxito depende del control del sustrato, la humedad y la selección de especies adaptadas al clima local.
- **Desmantelamiento total:** Se utiliza cuando la contaminación es extensa o las estructuras no pueden rehabilitarse. Implica retirar completamente los materiales contaminados, incluyendo suelos impactados y elementos constructivos deteriorados (geomembranas, recubrimientos). El material extraído se transporta a plantas de tratamiento o rellenos de seguridad según su tipo y nivel de contaminación. Aunque es una opción costosa y compleja, garantiza la eliminación del pasivo ambiental y la recuperación funcional del sitio a largo plazo.

Pérdida de cobertura vegetal y suelo en paisajes físicamente alterados

En las últimas décadas, la revegetación de áreas y la recuperación de suelos se han incorporado como parte de las tareas de cierre de instalaciones y pozos petroleros. Estas acciones se conocen internacionalmente como "Recuperación de superficies" (*Surface reclamation*, en inglés) y se han vuelto indispensables en la industria del petróleo. Su objetivo principal es restaurar, rehabilitar o recuperar las superficies afectadas por las operaciones de extracción y producción, mitigando los impactos ambientales y favoreciendo que las áreas retornen a condiciones naturales o, al menos, reduzcan al mínimo los efectos negativos de la intervención.

Este procedimiento contribuye de manera significativa a la remediación ambiental, además de permitir el cumplimiento de normativas legales y mejorar la reputación corporativa. Para ello se aplican diversas técnicas, entre ellas:

- Limpieza de suelos contaminados.
- Restauración de la vegetación, mediante reforestación, siembra de especies nativas, hidrosiembra y control de especies invasoras.
- Estabilización de terrenos y control de erosión, utilizando barreras físicas, canales o zanjas para conservación del agua, e instalación de taludes.

Asimismo, se incorporan prácticas para recuperar el hábitat faunístico asociado a la vegetación, como la creación de corredores ecológicos para reducir la fragmentación y la instalación de refugios que favorezcan la recolonización de especies.

La implementación efectiva de estas medidas es clave para restaurar la funcionalidad de los ecosistemas, minimizar impactos negativos, asegurar la sostenibilidad a largo plazo y promover un desarrollo energético responsable. Este tipo de pasivo ambiental se incluye dentro de los costos de restauración del suelo y la vegetación de todos los pasivos ambientales identificados en este trabajo.

Equipamiento en desuso

La remediación de este tipo de pasivos implica el retiro planificado de la infraestructura obsoleta, la clasificación de materiales recuperables para su reciclaje y la disposición final segura de aquellos que representen riesgo ambiental. Paralelamente, se deben ejecutar acciones de revegetación y restauración del sitio, con el objetivo de restituir condiciones compatibles con el entorno natural y prevenir procesos posteriores de erosión o degradación.

Acopio de residuos

La gestión de chatarra contaminada proveniente de instalaciones petroleras requiere un abordaje integral que combine técnicas de descontaminación con estrategias de reciclaje seguro. Entre las principales metodologías se incluyen:

- **Limpieza y descontaminación previa:** Se realiza mediante lavados con agentes desengrasantes o biodegradables, vapor a presión o técnicas criogénicas, para remover contaminantes superficiales y reincorporar los metales al circuito de reciclaje.

- **Descontaminación térmica:** Consiste en aplicar calor controlado para volatilizar hidrocarburos adheridos a las superficies metálicas, con posterior captura y tratamiento de vapores. Es eficaz, aunque implica mayores costos energéticos.
- **Descontaminación por ultrasonido:** Utiliza ondas acústicas de alta frecuencia en medios líquidos para generar microcavitaciones que desprenden aceites y residuos adheridos. Es especialmente útil para piezas con geometrías complejas, logrando una limpieza homogénea sin dañar el material y reduciendo el uso de solventes químicos.
- **Electroflotación:** Técnica electroquímica que emplea corrientes eléctricas de baja intensidad para generar microburbujas que arrastran contaminantes hacia la superficie del líquido, separándolos del material tratado. Es eficaz para remover aceites y emulsiones en aguas de lavado.
- **Reciclaje directo:** Aplicable a la fracción no contaminada, que puede enviarse sin tratamiento previo a plantas habilitadas, generando beneficios económicos y reduciendo la ocupación de espacio en locaciones.
- **Solidificación o estabilización:** Se utiliza en casos de contaminación persistente, mezclando la chatarra con agentes aglutinantes (cemento o cal) para inmovilizar contaminantes y reducir su lixiviabilidad. Aunque minimiza riesgos, implica la pérdida del valor recuperable del metal.
- **Disposición en rellenos de seguridad:** Alternativa final para la fracción no recuperable o altamente contaminada, garantizando su confinamiento seguro y evitando impactos futuros.
- **Revestimiento temporal con polímeros o pinturas anticorrosivas:** Consiste en aplicar recubrimientos protectores biodegradables sobre la chatarra contaminada para evitar lixiviación y corrosión durante almacenamiento o transporte, reduciendo la dispersión de partículas y facilitando su manipulación segura.

Para el análisis de costos de remediación se establecieron una serie de supuestos que se detallan a continuación. Se considera que únicamente el 20% de la chatarra requiere tareas de limpieza y descontaminación, a fin de contemplar la posible presencia de elementos con restos de hidrocarburos, tales como fondos de tanques, válvulas y/o tramos de tuberías.

Para la estimación de costos de transporte se utilizaron los valores de referencia publicados por la Confederación Argentina de Transporte Automotor de Cargas de Larga Distancia (CATAC), tomando como base los datos disponibles de diciembre de 2024, con actualizaciones mensuales hasta noviembre de 2025. Dichos valores se informan sin impuestos y no contemplan peajes ni rentabilidad del transportista, por lo que, a efectos de este trabajo, se aplica un incremento del 35% para incorporar costos asociados y margen empresario.

Los costos de limpieza y descontaminación presentan una alta variabilidad en función del tipo y grado de contaminación, pudiendo incrementarse significativamente en casos particulares. Dado que en este estudio se identifican múltiples fuentes de chatarra y distintos niveles posibles de contaminación, se adopta como criterio un valor de limpieza equivalente al 80% de la diferencia de precio entre chatarra limpia y chatarra contaminada. A diciembre 2025, se toma como referencia un valor de USD 250/tn para chatarra limpia, mientras que la chatarra "sucia" se comercializa en el rango de USD 140 - 150/tn. En consecuencia, se considera una brecha aproximada de USD 100/tn,

adoptándose USD 80/tn como costo representativo de limpieza. Se reconoce que en casos puntuales este valor podría ser superior, pero se lo adopta como parámetro razonable ante la falta de información detallada sobre el estado real del material acumulado.

Dado que no se identificaron plantas receptoras de chatarra dentro de la provincia, se asume el transporte hasta el norte de la provincia de Buenos Aires para su valorización. Se tomó este valor como referencia debido a que en esa zona es donde se encuentran las mayores empresas receptoras de este material. En esta sección no se asigna valor de reventa a la chatarra, ya que dicho aspecto se analiza en el apartado de activos del presente trabajo.

Para los casos con mayor presencia de chatarra consolidada, se considera una capacidad de transporte de 32 toneladas por camión. En situaciones donde predominan materiales sueltos y heterogéneos se utiliza como referencia un volumen de 40 m³ por viaje, junto con distancias menores, considerando su similitud operativa con el transporte de residuos sólidos urbanos y la posibilidad de disposición dentro de la provincia.

Finalmente, se incorpora la nivelación y recomposición del suelo a condición natural. Se adoptan costos de remediación moderados, dado que en los sitios relevados no se observaron indicios evidentes de derrames o afectaciones significativas. En la siguiente tabla se presentan los valores de transporte ajustados utilizados en la estimación.

Tabla 5. Estimación de costos de transporte.

	dic-24	ene-25	feb-25	mar-25	abr-25	may-25	jun-25	jul-25	ago-25	sep-25	oct-25	nov-25
Variación mensual (%)	N/A	2,6	1,6	1,92	3,8	0,8	2,6	4	3,5	2,9	3,3	3,4
Acumulado (%)	N/A	102,62	104,28	106,28	110,29	111,18	114,03	118,63	122,83	126,41	130,55	135,04
Acumulado base dic - 24 (%)	100	102,6	104,3	106,3	110,3	111,2	114	118,6	122,8	126,4	130,5	135
Costo km transporte (AR\$)	1.565,5	1.606,5	1.632,5	1.663,9	1.726,61	1.740,6	1.785,16	1.857,10	1.922,8	1.978,9	2.043,7	2.114,01
Cotización USD BNA último día hábil (AR\$)	1.052,5	1.073,5	1.081,75	1.093,5	1.180	1.200	1.215	1.380	1.385	1.400	1.475	1.475
Costo km transporte (USD)	1,49	1,50	1,51	1,52	1,46	1,45	1,47	1,35	1,39	1,41	1,39	1,43

Fuente: Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas¹².

¹² <https://www.catac.org.ar/costos-y-tarifas>

Suelos contaminados

Con respecto a este tipo de pasivo ambiental, se proponen las siguientes alternativas de remediación de estos:

- **Biorremediación controlada (bioaumentación/bioestimulación)¹³:** Implica estimular o introducir microorganismos con capacidad para degradar hidrocarburos en el suelo, regulando parámetros como oxígeno, humedad y nutrientes. Se considera una alternativa ambientalmente sostenible, aunque requiere períodos prolongados de aplicación y un monitoreo continuo.
- **Landfarming en celdas acondicionadas¹⁴:** Método *ex situ* que consiste en disponer los suelos contaminados en capas delgadas dentro de celdas impermeabilizadas, aplicando aireación y volteo periódico para favorecer la degradación biológica. Esta técnica permite tratar grandes volúmenes de suelo con costos relativamente bajos, aunque requiere disponibilidad de espacio y condiciones climáticas adecuadas.
- **Oxidación química *in situ*¹⁵:** Consiste en inyectar agentes oxidantes directamente en el subsuelo (como peróxido de hidrógeno, permanganato o persulfatos) para acelerar la destrucción de contaminantes. Es una técnica eficaz en zonas con alta concentración de compuestos, aunque presenta costos elevados y requiere un control estricto para evitar la generación de subproductos indeseados.
- **Encapsulado o disposición final en casos de suelos altamente contaminados:** El suelo contaminado se confina en celdas de seguridad o se traslada a rellenos autorizados, que cuentan con sistemas de impermeabilización y control de lixiviados. Esta técnica ofrece una solución inmediata para suelos altamente contaminados o de difícil tratamiento; sin embargo, no elimina los contaminantes y genera dependencia de un sitio de disposición seguro.
- **Fitorremediación¹⁶:** Se emplean especies vegetales capaces de absorber, degradar o inmovilizar contaminantes presentes en el suelo. Algunas plantas resultan especialmente eficaces para la captura de metales pesados y la degradación de hidrocarburos livianos. La efectividad del proceso depende de la correcta selección de especies y de las condiciones climáticas y edáficas del sitio.
- **Compostaje asistido¹⁷:** Consiste en mezclar los suelos contaminados con materia orgánica, como compost, para estimular la actividad microbiana responsable de la degradación de hidrocarburos y otros compuestos orgánicos. Durante el proceso, la generación de calor y la aireación controlada favorecen la transformación de contaminantes en compuestos más simples y menos tóxicos. Esta técnica se aplica únicamente a volúmenes moderados de suelo y puede complementarse con otros métodos de tratamiento.

¹³ Díaz, V. I. (2022). *Bioaumentación vs bioestimulación en la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos*. Universidad Nacional del Comahue.

¹⁴ Resolución 664/2000 – Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires.

¹⁵ Brutti, L. et al. (2018). *Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos: estrategias combinadas*. En: *Biorremediación de los recursos naturales*. INTA.

¹⁶ Phy2Climate, *Clean biofuel production and phytoremediation solutions from contaminated lands worldwide*. ISBN: 978-88-89407-49-3.

¹⁷ Di Salvo, L. P. et al. (2018). *Ecología microbiana del proceso de compostaje de suelo contaminado con petróleo*. En: *Biorremediación de los recursos naturales*. INTA.

- **Electrocinética¹⁸:** Este método consiste en aplicar un campo eléctrico de baja intensidad entre electrodos instalados en el suelo, lo que induce el desplazamiento de los contaminantes hacia los polos, donde pueden ser extraídos o neutralizados. Es especialmente útil en suelos finos y arcillosos, permitiendo la remoción de metales pesados, sales y compuestos orgánicos persistentes. Su implementación requiere un control riguroso del pH y de la humedad del suelo.
- **Lavado de suelos (Soil Washing)¹⁹:** Consiste en separar física y químicamente las fracciones contaminadas del suelo mediante el uso de agua o soluciones tensoactivas. Este proceso disuelve o arrastra los contaminantes hacia una fase líquida que posteriormente se trata, dejando una fracción sólida limpia y reutilizable. Es una técnica eficiente para la recuperación de suelos; sin embargo, requiere infraestructura adecuada y un manejo seguro de los efluentes generados.
- **Relleno de seguridad²⁰:** Consiste en la disposición final de residuos peligrosos en instalaciones especialmente diseñadas para su confinamiento, utilizada cuando la recuperación del material no resulta viable.

Un tratamiento particular se le da a las fosas de quema en pozos petroleros, las cuales son excavaciones en tierra utilizadas para eliminar residuos de hidrocarburos y el gas asociado a la producción. Son áreas abiertas donde se acumulan líquidos contaminados y se realiza la combustión directa, generando impactos ambientales y sociales significativos. En estas fosas se vierten crudo, lodos de perforación y aguas aceitosas, mientras que la quema produce llamas intensas y emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de azufre y compuestos orgánicos volátiles. Como resultado, el suelo y el subsuelo quedan impregnados con hidrocarburos, metales pesados y cenizas, lo que provocaba contaminación y riesgos para la salud y la biodiversidad. Estas prácticas fueron muy comunes en las primeras etapas de explotación, cuando no existían regulaciones estrictas ni tecnologías para aprovechar el gas. Hoy se consideran pasivos ambientales que requieren remediación, ya que afectan la calidad del aire, las aguas subterráneas y la capacidad futura de uso del suelo. Actualmente, la tendencia es reemplazar estas fosas por sistemas de captura, reinyección o aprovechamiento energético del gas, en línea con los compromisos internacionales para reducir emisiones.

Pozos abandonados

En términos regulatorios, se considera pozo abandonado a aquel que se encuentra inactivo y sobre el cual no se prevén nuevas tareas de explotación, ya sea por motivos técnicos o financieros. El abandono puede ser temporal, en cuyo caso se aplican tapones de fondo y cementaciones intermedias que permiten una eventual reactivación, o definitivo, cuando la empresa responsable sella completamente la formación productora mediante cementación. Este último proceso busca prevenir la migración de fluidos hacia acuíferos subterráneos, evitar el movimiento de líquidos desde la superficie y proteger los recursos naturales.

¹⁸ Acuña et al. (2018). *Electrobiorremediación de hidrocarburos en suelos insaturados de la Patagonia argentina*. en: *Biorremediación de los recursos naturales*. INTA.

¹⁹ Elliott and Herzig, 1999, *Methodological aspects in the analysis of the content of mobile compounds of heavy metals in hydromorphic soils*.

²⁰ Resolución 447/1999 – Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires.

La remediación de pozos abandonados requiere la intervención de empresas especializadas y contempla: la evaluación de la integridad de la infraestructura, la cementación de fondo, secciones intermedias y superiores, la instalación de válvulas de control de presión, el cercado perimetral, la colocación de cartelería de seguridad y la revegetación del área circundante. Estas tareas deben ser ejecutadas con criterios de responsabilidad ambiental, a fin de minimizar el impacto sobre el entorno y reducir los riesgos asociados a largo plazo.

El primer pozo petrolero perforado en la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, identificado como TF-1, comenzó a ser explotado por YPF en 1949 y fue reconocido en ese momento como el “pozo más austral del mundo”. Este antecedente refleja que la actividad hidrocarburífera en la provincia supera los 75 años de desarrollo. En ese período se perforaron más de 700 pozos, de los cuales una proporción significativa se encuentra actualmente fuera de servicio.

Si bien los procedimientos de cementación y abandono evolucionaron sustancialmente a lo largo de estas décadas, la presencia de pozos mal sellados o nunca sellados continúa siendo una problemática extendida a nivel global en la industria petrolera. A esto se suma que, aun en pozos correctamente abandonados, la falta de inspección y mantenimiento puede derivar con el tiempo en fisuras, desgaste o corrosión de componentes, reintroduciendo riesgos ambientales y de seguridad.

De acuerdo con estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)²¹, aproximadamente dos tercios de los pozos abandonados en ese país, del orden de 2,1 millones, presentarían deficiencias de sellado, ya sea por cierres incompletos, ausencia de abandono formal o por el empleo de técnicas antiguas que no resultaron efectivas frente al paso del tiempo. En Argentina, sin embargo, no se dispone de estadísticas equivalentes que permitan cuantificar con precisión la proporción de pozos con fallas de sellado.

Más allá de las particularidades normativas de cada jurisdicción, en términos generales se entiende por pozo abandonado a aquel que permanece inactivo y para el cual no se prevén nuevas tareas de explotación por razones técnicas o económicas. El abandono puede ser temporal, aplicando tapones de fondo y cementaciones que aseguren el control del pozo, pero mantengan la posibilidad de una futura reactivación, o definitivo, cuando se ejecuta un sellado completo mediante cementación de la zona productora y tramos superiores. Este taponamiento tiene por finalidad evitar la migración de fluidos hacia acuíferos de agua potable, impedir el movimiento de contaminantes desde superficie hacia el subsuelo y proteger los recursos naturales asociados a las formaciones atravesadas.

En el marco del presente trabajo, se consideran pasivos ambientales tanto los pozos con abandono definitivo como los pozos inactivos, en tanto que, a la fecha, no existen condiciones técnico-económicas que permitan su reaprovechamiento. La intervención de remediación y cierre requiere empresas especializadas y comprende, de manera general, la evaluación de integridad del pozo, la ejecución de cementaciones en el tramo inferior, intermedio y superior, la instalación de dispositivos

²¹ U.S. EPA. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2018; Washington, DC, 2020. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>

de medición y control de presión, la implementación de medidas de seguridad (cercado y señalización) y la restauración del área intervenida mediante tareas de acondicionamiento y revegetación, procurando minimizar impactos y reducir riesgos en el largo plazo.

Existen numerosos antecedentes que estiman los costos asociados al abandono técnico, desmantelamiento y remediación de pozos abandonados, particularmente en Estados Unidos. Los valores reportados muestran una alta variabilidad entre autores, en gran medida porque se basan en el análisis de contratos ejecutados por agencias públicas y reflejan diferencias locales (condición del pozo, accesibilidad, profundidad, requerimientos regulatorios, logística, etc.). En la bibliografía relevada se identifican rangos amplios, del orden de USD 100.000 a USD 700.000 por pozo²². Para el presente trabajo se adopta un valor promedio a partir del estudio de Thompson²³, que estima un costo medio de USD 76.000 (julio 2014). Actualizando ese monto al último dato publicado (CPI-U noviembre 2025 = 324,122)²⁴, el costo equivalente es de USD 90.230,78.

Cutting (recortes de perforación)

El manejo de los *cutting* representa un desafío significativo debido a su compleja composición y elevada toxicidad. Entre las principales técnicas disponibles se incluyen:

- **Tratamiento térmico (pirólisis):** Incineración de los residuos a altas temperaturas para eliminar hidrocarburos y reducir el volumen de desechos. Su principal limitación son los altos costos operativos y la necesidad de infraestructura especializada.
- **Biorremediación:** Aplicación de microorganismos que degradan hidrocarburos y compuestos orgánicos presentes en los recortes. Es una alternativa ambientalmente más sostenible, aunque requiere tiempos prolongados y control estricto de las condiciones ambientales.
- **Tratamiento químico:** Uso de reactivos para neutralizar o degradar contaminantes específicos, como hidrocarburos pesados o metales. Puede ser eficaz en casos puntuales, aunque implica riesgos asociados al empleo de agentes químicos adicionales.
- **Separación físico-mecánica:** Primera etapa del tratamiento, que consiste en separar las fases sólida, líquida y oleosa mediante equipos vibratorios o centrífugas de alta velocidad.
- **Lavado de *cutting*:** Emplea soluciones acuosas o tensoactivas para remover la fracción oleosa adherida a los recortes. Mediante agitación controlada, los hidrocarburos se separan del material sólido y se recuperan parcialmente los fluidos de perforación. Requiere tratamiento posterior del efluente líquido, pero reduce significativamente la concentración de contaminantes en la fracción sólida.
- **Tratamiento por microondas:** Utiliza energía electromagnética de alta frecuencia para calentar los hidrocarburos presentes en los *cutting*, provocando su evaporación o desorción sin combustión directa. Los vapores se condensan y recuperan, dejando una fracción sólida limpia y seca. Es eficaz para residuos con alta humedad y contenido orgánico, con menor consumo energético que la incineración, aunque requiere equipamiento especializado.

²² Mitchell, A. L.; Casman, E. A. Economic Incentives and Regulatory Framework for Shale Gas Well Site Reclamation in Pennsylvania. *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45 (22), 9506-9514.

²³ Daniel Raimi, Alan J. Krupnick, Jhih-Shyang Shah, and Alexandra Thompson Decommissioning Orphaned and Abandoned Oil and Gas Wells: New Estimates and Cost Drivers, *Environmental Science & Technology* 2021 55 (15), 10224-10230 DOI: 10.1021/acs.est.1c02234.

²⁴ <https://www.bls.gov/news.release/cpi.t01.htm>

- **Oxidación térmica a baja temperatura:** Aplica calor controlado (200 - 600 °C) en un sistema cerrado para volatilizar contaminantes orgánicos sin combustión. Los gases liberados se condensan o se tratan mediante filtros y sistemas catalíticos, obteniendo un sólido descontaminado y estable.
- **Fitorremediación y compostaje biológico:** Una vez estabilizados o tratados térmicamente, los residuos pueden someterse a compostaje biológico y revegetación con especies nativas tolerantes. El compostaje degrada hidrocarburos residuales y mejora la calidad del sustrato, mientras que la fitorremediación contribuye a restaurar funciones ecológicas del suelo.

Considerando las características de los residuos y las condiciones locales de Tierra del Fuego, la remediación más adecuada debería integrar un esquema combinado que incluya separación inicial, estabilización de componentes peligrosos y, cuando sea posible, procesos biológicos o térmicos que reduzcan su peligrosidad antes de la disposición final en instalaciones ambientalmente controladas.

Con base en experiencias previas, se ha comprobado que los procesos de biorremediación utilizados hasta el momento no han logrado eliminar completamente contaminantes en los residuos, como metales pesados, y que la calidad de los suelos resultantes no alcanza los estándares requeridos por la Autoridad de aplicación para ser considerados aptos para uso agrícola. Ante esta situación, se propone como alternativa de disposición final de este tipo de residuos la implementación de un relleno sanitario de seguridad diseñado bajo técnicas de estabilización e inmovilización, complementadas con medidas de ingeniería que aseguran la contención a largo plazo, infraestructura que actualmente no existe en la Provincia de Tierra del Fuego. Cabe aclarar que la ausencia de un relleno adecuado, junto con la falta de trazabilidad y otros mecanismos de control, impide que los operadores gestionen correctamente estos residuos, generando impactos ambientales significativos.

El relleno de seguridad consiste en un sitio acondicionado con sistemas de impermeabilización, como geomembranas y capas de arcilla, para evitar filtraciones hacia el suelo y las aguas subterráneas. Además, se implementan sistemas de drenaje para la recolección y control de lixiviados. Este método prioriza la inmovilización física y química de los residuos y su confinamiento mediante barreras de ingeniería, reduciendo significativamente el riesgo de contaminación futura. Las celdas del relleno se construyen impermeabilizadas, cumpliendo con los estándares aplicables para residuos peligrosos. Una vez completada la disposición, se aplica una cobertura con suelo limpio y vegetación, lo que contribuye a minimizar la infiltración y la erosión.

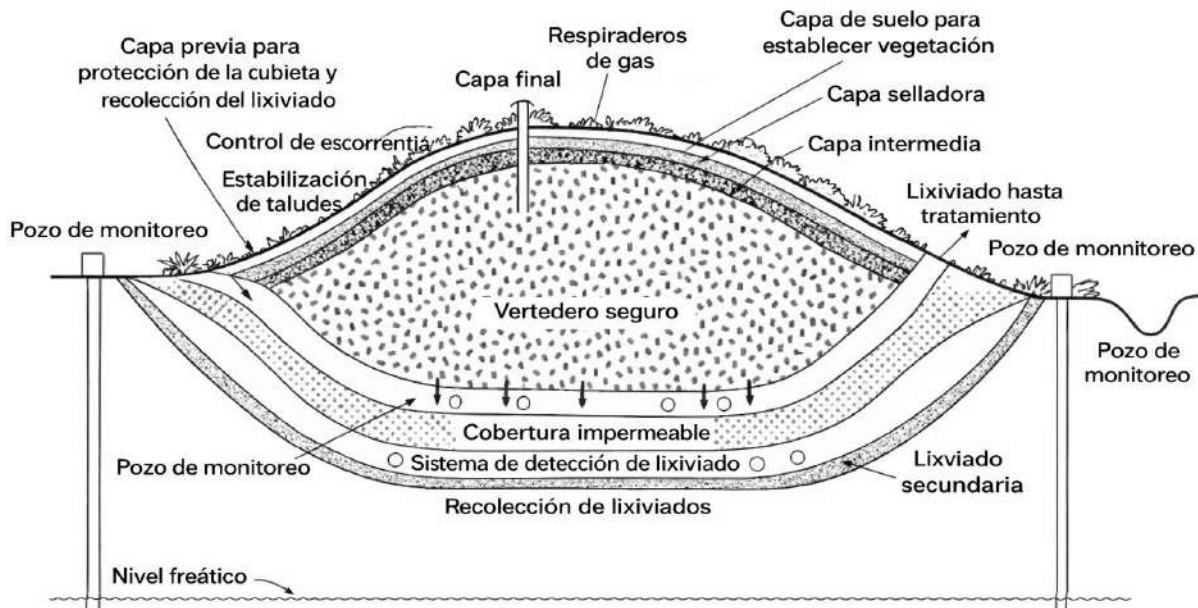


Imagen 14. Corte de un Relleno de Seguridad.

Fuente: Qrenawi (2006)²⁵.

Finalmente, los rellenos de seguridad requieren un programa de monitoreo y seguimiento que incluya el control de lixiviados, el muestreo periódico de aguas y la verificación de la integridad del sistema de impermeabilización, garantizando su funcionamiento seguro en el tiempo.

Como propuestas viables para la instalación de este tipo de relleno, se plantean dos canteras. Por un lado, se propone la cantera CP-8 ubicada en locación del pozo CP-8 en la concesión de Cañadón Piedras de YPF, con coordenadas -52.9956421, -68.5282247.

²⁵ [Qrenawi, L.I. \(2006\) Environmental and Health Risk Assessment of Al-Akaider Landfill. Faculty of Graduate Studies Jordan University of Science and Technology.](#)



Imagen 15. Cantera CP-8.
Fuente: Google Earth.

Por otro lado, se propone también la cantera Los Chorrillos ubicada en la concesión de Los Chorrillos de YPF, con coordenadas -53.3914044, -68.2883393.



Imagen 16. Cantera Los Chorrillos.
Fuente: Google Earth.

De esta manera, la instalación de una celda de seguridad dentro de la propia cantera no solo permitiría una correcta disposición de los suelos tratados, minimizando impactos, sino también disminuiría el transporte de sustancias peligrosas, minimizando riesgos operativos y ambientales, lo que redundaría en una reducción de los costos logísticos, al eliminar fletes y traslados a sitios remotos. Finalmente, esto permitiría optimizar la gestión del pasivo ambiental, mediante una solución in situ técnicamente controlada que podría ser ampliada en etapas futuras, permitiendo la disposición segura de suelos contaminados provenientes de otros sitios, en el marco de nuevas acciones de remediación.

Evaluación y valoración de pasivos ambientales

Los pasivos identificados han sido georreferenciados y agrupados conforme a su localización física dentro del área de estudio, permitiendo una visualización y ordenamiento de los mismos en relación con las concesiones vigentes y otras infraestructuras operativas. Esta clasificación espacial facilita el análisis integrado de impactos y responsabilidades, especialmente en contextos de alta densidad operativa.

Cabe destacar que algunos de estos pasivos podrían estar vinculados a instalaciones que no forman parte directa de la concesión principal, sino que operan como plantas de apoyo logístico, técnico o ambiental para otras operadoras, particularmente en el marco de actividades off-shore. Esta condición debe ser considerada en la evaluación de responsabilidades compartidas, planes de remediación y estrategias de coordinación interinstitucional.

Durante el desarrollo de la presente etapa se avanzó en la verificación y actualización del inventario de pasivos ambientales elaborado en la primera fase del estudio. Para ello se integraron las fuentes de información pública con los resultados de las visitas de campo y relevamientos visuales, lo que permitió corroborar o descartar la presencia de pasivos previamente registrados satelitalmente e incorporar nuevos hallazgos surgidos en la recorrida.

En todos los casos, la confirmación *in situ* permitió mejorar la caracterización preliminar realizada en la etapa inicial y precisar la localización, extensión y estado actual de cada pasivo. Asimismo, se incorporaron nuevos puntos de impacto no registrados previamente, producto de la dispersión de las instalaciones y de la variabilidad en las prácticas de manejo adoptadas en el pasado.

Cabe destacar que, pese a las limitaciones de acceso a documentación técnica por parte de las empresas operadoras, el cruce de información entre fuentes secundarias, imágenes satelitales y observación de campo permitió consolidar un diagnóstico preliminar. Este diagnóstico constituye la base sobre la cual se llevará adelante la evaluación de metodologías de remediación en los apartados siguientes.

El inventario de los pasivos ambientales identificados se estructuró en formato de fichas, ordenadas de acuerdo con los diversos pasivos en las distintas concesiones gestionadas por cada una de las operadoras.

FICHA N.º 1 - Presencia de FLNA en Planta Río Chico

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Presencia de FLNA
Pasivo ambiental	Incidente ambiental en Planta Río Chico
Ubicación	 -53.677467,-67.961599
Estado actual del pasivo	Según se informó por la Provincia -y se verificó con los operadores a campo-, en la planta de Río Chico se registró un derrame de FLNA de 1 m de espesor en el año 2012, en una instalación destinada al tratamiento de gases y líquidos. Se indicó que dicho derrame implicó la presencia de 6 plumas de contaminación. El sitio se encuentra actualmente en proceso de remediación, aunque permanecen suspendidos cualquier tipo de tratamiento. Además, se indicó que el origen de dicho derrame no fue identificado. Durante la visita, se verificó la presencia de una red de freáticos, inicialmente conformada por 5 freáticos iniciales y, actualmente, posee más de 20.
Aclaraciones	No se tuvo acceso a los informes de la pluma de contaminación, por lo que la solución propuesta, y los consiguientes costos estimados deben ser tomados a modo indicativo. Por las características del derrame informado, y las conversaciones en sitio con trabajadores y responsables, se ha estimado que la pluma de contaminación abarca aproximadamente 40.000 m ² . Debido a que se realizaron trabajos de remediación, se asume que existe un área cercana a la fuente, de mayor espesor de FLNA, y una área más alejada con menor espesor.
Opciones de remediación	Existen múltiples alternativas de remediación, que en general son utilizadas en combinación, ya que la mecánica de la contaminación, las características de los hidrocarburos y la especificidad de los métodos hacen necesario utilizar más de una técnica. Se listan los métodos más comunes para este tipo de contaminación: Aireación forzada (Air Sparging): Inyección in situ de aire en el agua subterránea para volatilizar y biodegradar (estimulando la actividad bacteriana) los hidrocarburos y así removerlos. Bombeo y tratamiento (Pump and Treat): Extracción del agua contaminada y su tratamiento en la superficie antes de devolverla al acuífero. Permeable Reactive Barriers (PRB): Instalación de barreras en el subsuelo que contienen materiales reactivos para tratar el agua contaminada mientras fluye a través de ellas. Flushing de suelos (Soil Flushing): Inyección de líquidos en el suelo para movilizar y extraer los contaminantes hacia la superficie para su tratamiento.

FICHA N.º 1 - Presencia de FLNA en Planta Río Chico

Técnica seleccionada

Extracción de vapores del suelo (Soil Vapor Extraction): Técnica para remover contaminantes volátiles mediante la extracción de vapores del suelo.

Biorremediación: Utilización de microorganismos para degradar los contaminantes en el agua subterránea.

Tratamiento térmico *in situ*: Aplicación de calor en el subsuelo para vaporizar o destruir los contaminantes.

Monitoreo natural atenuante: Supervisión de la degradación natural de los contaminantes en el tiempo sin intervención activa.

Extracción multifásica (MPE) o Bioslurping: utiliza vacío para extraer hidrocarburos en fase libre de suelos y aguas subterráneas, mientras favorece la biodegradación natural mediante la aireación del subsuelo.

Debido a la falta de información disponible, se plantea la aplicación de una metodología intensiva mediante *Bioslurping* (MPE) en las zonas de mayor criticidad, caracterizadas por un mayor espesor de FLNA.

Un sistema típico de MPE incluye pozos de extracción de vapores y líquidos del subsuelo, junto con equipos mecánicos y de tratamiento. Entre sus componentes se destacan las tuberías de transporte, sopladores, bombas de líquidos, separadores, unidades de tratamiento de líquidos, sistemas de tratamiento de vapor, así como la instrumentación y los controles asociados.

En los sectores de menor criticidad se recomienda la utilización de una Unidad de Extracción móvil, operando en cuadrículas de entre 7 y 10 metros, derivando la emulsión extraída hacia el sistema MPE para su tratamiento.

A los efectos de la estimación de costos, en función de proyectos similares anteriores, se considera un 20% de área crítica, sobre un área total estimada afectada de aproximadamente 25.000 m².

Estimación de presupuesto

Presencia de FLNA Planta de Río Chico	
FICHA N.º 1	
Tarea	Costo estimado
Caracterización del pasivo. Estudios previos	USD25.000,00
Remediación mediante MEU - Implementación	USD108.057,20
Operación de la Remediación (24 meses)	USD517.585,87
Tratamiento y disposición final de productos de extracción	USD721.920,57
Monitoreo (5 años)	USD190.779,92
Total	USD1.563.343,56

Costo total estimado

USD 1.563.343,56

FICHA N.º 1 - Presencia de FLNA en Planta Río Chico



FICHA N.º 2 - Acopio de residuos en TF-12

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Acopio de Residuos Ferrosos y No Ferrosos
Pasivo ambiental	TF-12 - Acumulación de chatarra
Ubicación	 -53.6678240,-67.9746467
Estado actual del pasivo	Se identificó un sector utilizado como depósito de chatarra y materiales en desuso, con agrupamientos de estructuras metálicas, cañerías, tanques y componentes de equipos distribuidos principalmente en áreas abiertas. Durante la visita, se verificó la presencia de residuos peligrosos con mercurio en bateas, caños con restos de petróleo crudo sobre fragmentos de membranas, acumulación de residuos sólidos urbanos y baterías de autos dispuestas directamente sobre el suelo.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Limpieza/descontaminación previa: lavado con desengrasantes/biodegradables, vapor a presión o técnicas criogénicas para remover contaminantes superficiales y habilitar el reciclaje. Descontaminación térmica: aplicación de calor para volatilizar hidrocarburos adheridos, con captura y tratamiento de vapores (más costosa en energía). Ultrasonido: ondas en medio líquido que desprenden aceites y grasas; muy útil en piezas complejas y reduce uso de solventes. Electroflotación: microburbujas generadas eléctricamente separan aceites/emulsiones, especialmente en aguas de lavado. Reciclaje directo: envío de la fracción no contaminada a plantas habilitadas sin tratamiento previo. Solidificación/estabilización: mezcla con cemento o cal para inmovilizar contaminantes y reducir lixiviación (se pierde valor recuperable). Relleno de seguridad: disposición final para fracción no recuperable o altamente contaminada. Revestimiento temporal: recubrimientos poliméricos/anticorrosivos para reducir lixiviación y dispersión durante acopio o transporte.
Técnica seleccionada	En función de las condiciones locales de la Provincia de Tierra del Fuego y la logística asociada al traslado al continente, se adopta un esquema mixto de gestión y remediación que combina valorización de materiales y control ambiental. La técnica contempla la clasificación inicial de la chatarra en campo según su grado de contaminación, separando la fracción apta para reciclaje directo de aquella con presencia de hidrocarburos/aceites. Posteriormente se realiza la compactación de la chatarra y carga de camiones para optimizar

FICHA N.º 2 - Acopio de residuos en TF-12

volúmenes y reducir costos de transporte. La fracción contaminada estimada ($\approx 20\%$) se somete a limpieza y descontaminación previa mediante métodos adecuados (por ejemplo, lavado con agentes biodegradables/desengrasantes y/o vapor a presión), de modo de remover contaminantes superficiales y permitir su gestión segura y eventual incorporación al circuito de reciclaje. A continuación, se ejecuta el transporte a planta receptoras, con trazabilidad y segregación según condición del material; la fracción que no resulte recuperable por contaminación persistente se deriva a disposición final en relleno de seguridad conforme a normativa aplicable. Finalmente, se realiza la nivelación y remediación del terreno natural en el área de acopio, incluyendo limpieza del sector y tratamiento puntual del suelo en caso de evidencias de afectación, a fin de restituir condiciones estables y compatibles con el entorno. Este enfoque permite minimizar riesgos ambientales, optimizar la recuperación de recursos metálicos y reducir los volúmenes destinados a disposición final.

Estimación de presupuesto

	Cantidad	Unidad	costo unitario	Costo total
Compactación de chatarra y carga de camiones	4824	toneladas	USD60	USD289.440
Limpieza de chatarra contaminada (20%)	964,8	toneladas	USD80	USD77.184
Transporte a Planta recicladora	4824	toneladas	USD139	USD670.862
Nivelación y Remediación de terreno natural	2010	m2	USD26	USD52.260
Costo gestión residuos				USD1.089.746
Logística y permisos	5	%		USD54.487
Evaluación final y limpieza	3	%		USD32.692
Costo total				USD1.176.926

Costo total estimado

USD 1.176.929



FICHA N.º 2 - Acopio de residuos en TF-12



FICHA N.º 3 - Equipamiento en desuso en Batería LP-105

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Equipamiento en desuso
Pasivo ambiental	Batería LP - 105
Ubicación	 -53.501313,-68.061469
Estado actual del pasivo	Se encuentra la Batería LP - 105 fuera de servicio, con instalaciones y equipos en desuso.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Las opciones de remediación para instalaciones y equipamiento en desuso se basan en el retiro y desmantelamiento controlado de la infraestructura fuera de servicio, con el objetivo de eliminar fuentes potenciales de contaminación y remover barreras físicas que impiden la recuperación del entorno. Esto incluye la limpieza y saneamiento previo de componentes que puedan contener remanentes contaminantes (por ejemplo, hidrocarburos residuales y/o metales pesados), la segregación de materiales según su condición (recuperables, no peligrosos y peligrosos) y su derivación a circuitos de reciclaje o disposición final segura mediante operadores habilitados. Complementariamente, se contempla la restauración del sitio intervenido mediante acondicionamiento del terreno, medidas para reducir erosión y acciones de recuperación ambiental (recomposición de suelo y revegetación cuando corresponda), a fin de restituir condiciones compatibles con el entorno y disminuir riesgos a mediano y largo plazo.
Técnica seleccionada	Se selecciona la técnica de remoción física y desmantelamiento con gestión diferenciada de residuos, dado que permite eliminar el pasivo en su origen y controlar de forma efectiva la liberación de contaminantes durante la intervención. La ejecución contempla la movilización y desmovilización de una grúa para realizar maniobras de izaje seguras, seguido del desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias mediante desmontaje controlado y acopio segregado. Previamente al retiro del tanque, se realiza la limpieza interna y la extracción de remanentes con presencia de metales pesados, los cuales se acondicionan y derivan a tratamiento y/o disposición final conforme a su carácter peligroso. Una vez saneado, se procede al desmantelamiento del tanque y al traslado de la chatarra para reciclaje cuando sea apta o disposición final segura cuando presente contaminación. Finalmente, se efectúa la nivelación y remediación del terreno natural, restableciendo la estabilidad del sitio y dejando condiciones adecuadas para su recuperación ambiental posterior.

FICHA N.º 3 - Equipamiento en desuso en Batería LP-105

Estimación de presupuesto

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grúa 30 tn	1	Movilización	USD10.000,00	USD10.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	40	horas	USD600,00	USD24.000,00
Limpieza y disposición final de remanentes de tanque con Metales pesados	24	horas	USD2.500,00	USD60.000,00
Desmantelamiento de tanque	96	horas	USD800,00	USD76.800,00
Traslado y disposición final de chatarra	40	toneladas	USD700,00	USD28.000,00
Nivelación y Remedación de terreno natural	5977	m2	USD26,00	USD155.402,00
Costo				USD354.202,00
Consideración de clima	15	%		USD53.130,30
Coordinación y apoyo	5	%		USD17.710,10
Evaluación final y limpieza	3	%		USD10.626,06
Costo total				USD435.668,46

Costo total estimado

USD 435.668,46



FICHA N.º 4 - Equipamiento en desuso en Batería SAC

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Equipamiento en desuso
Pasivo ambiental	Batería SAC
Ubicación	 -53.8812177,-67.6427208
Estado actual del pasivo	Se encuentra la Batería SAC fuera de servicio, con instalaciones y equipos en desuso.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Las opciones de remediación para instalaciones y equipamiento en desuso se basan en el retiro y desmantelamiento controlado de la infraestructura fuera de servicio, con el objetivo de eliminar fuentes potenciales de contaminación y remover barreras físicas que impiden la recuperación del entorno. Esto incluye la limpieza y saneamiento previo de componentes que puedan contener remanentes contaminantes (por ejemplo, hidrocarburos residuales y/o metales pesados), la segregación de materiales según su condición (recuperables, no peligrosos y peligrosos) y su derivación a circuitos de reciclaje o disposición final segura mediante operadores habilitados. Complementariamente, se contempla la restauración del sitio intervenido mediante acondicionamiento del terreno, medidas para reducir erosión y acciones de recuperación ambiental (recomposición de suelo y revegetación cuando corresponda), a fin de restituir condiciones compatibles con el entorno y disminuir riesgos a mediano y largo plazo.
Técnica seleccionada	Se selecciona la técnica de remoción física y desmantelamiento controlado con saneamiento previo y gestión diferenciada de residuos, por ser la más efectiva para suprimir el pasivo en origen y minimizar la liberación de contaminantes durante las maniobras. La intervención considera el uso de grúa para el retiro seguro de componentes pesados y voluminosos (tanques, tramos de cañería, estructuras metálicas), el desarme de tuberías, pasarelas y accesorios con acopio segregado, y la limpieza interna de tanques/líneas con extracción de remanentes potencialmente contaminantes (lodos y/o hidrocarburos, y eventualmente compuestos con metales), los cuales se acondicionan y derivan a tratamiento/disposición final mediante operadores habilitados. Luego, se realiza el traslado de chatarra a reciclaje o disposición según su aptitud y, finalmente, la nivelación y remediación del terreno, incluyendo la remoción o tratamiento puntual de suelos afectados si se detectan manchas o impactos, dejando el área en condiciones compatibles con la recuperación ambiental del entorno.

FICHA N.º 4 - Equipamiento en desuso en Batería SAC

Estimación de presupuesto

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grua 60 ton	2	Movllización	USD15.000,00	USD30.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	72	horas	USD600,00	USD43.200,00
Limpieza y disposición final de remanentes de fondos de tanques	56	horas	USD2.300,00	USD128.800,00
Desmantelamiento de tanques	92	horas	USD800,00	USD73.600,00
Traslado y disposición final de chatarra	70	toneladas	USD700,00	USD49.000,00
Remoción de construcción (losa, pileta de contención)	1050	m2	USD120,00	USD126.000,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	2759	m2	USD26,00	USD71.734,00
Costo desmantelamiento				USD522.334,00
Consideración de clima	15	%		USD78.350,10
Coordinación y apoyo	5	%		USD26.116,70
Evaluación final y limpieza	3	%		USD15.670,02
Costo total desmantelamiento				USD642.470,82

Costo total estimado

USD 642.470,82



FICHA N.º 4 - Equipamiento en desuso en Batería SAC



FICHA N.º 5 - Presencia de FLNA en zona de tanque

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Angostura CA-14
Tipo de pasivo ambiental	Presencia de FLNA
Pasivo ambiental	Incidente ambiental
Ubicación	 -53.32902809,-68.35327062
Estado actual del pasivo	En el tanque de referencia hubo incidentes con derrames de hidrocarburos considerables (no se pudo acceder a los registros). De acuerdo a los comentarios de los trabajadores del lugar, se ha producido afectación del suelo y las napas. Durante la inspección no se encontró ningún freático para monitoreo.
Aclaraciones	En las visitas a sitio se mencionó que se hizo una remoción superficial del estrato superior de suelo. No se instalaron freáticos para evaluar la contaminación de las napas.
Opciones de remediación	Dada la ausencia de información de base y la inexistencia de una red de freáticos, resulta imprescindible iniciar un trabajo de caracterización del pasivo ambiental. Como primera medida, se recomienda la instalación de freáticos tanto aguas arriba como aguas abajo del área impactada, con el fin de obtener datos representativos de la dinámica hidrogeológica. En cuanto a la remediación, existen diversas alternativas que, en la práctica, suelen aplicarse de manera combinada. Esto se debe a que la mecánica de la contaminación, las propiedades específicas de los hidrocarburos involucrados y las características técnicas de cada método hacen necesario implementar más de una técnica para lograr resultados efectivos. A continuación, se presentan los métodos más utilizados para este tipo de contaminación: Aireación forzada (Air Sparging): Inyección in situ de aire en el agua subterránea para volatilizar y biodegradar (estimulando la actividad bacteriana) los hidrocarburos y así removerlos. Bombeo y tratamiento (Pump and Treat): Extracción del agua contaminada y su tratamiento en la superficie antes de devolverla al acuífero. Permeable Reactive Barriers (PRB): Instalación de barreras en el subsuelo que contienen materiales reactivos para tratar el agua contaminada mientras fluye a través de ellas. Flushing de suelos (Soil Flushing): Inyección de líquidos en el suelo para movilizar y extraer los contaminantes hacia la superficie para su tratamiento. Extracción de vapores del suelo (Soil Vapor Extraction): Técnica para remover contaminantes volátiles mediante la extracción de vapores del suelo.

FICHA N.º 5 - Presencia de FLNA en zona de tanque

Técnica seleccionada

Biorremediación: Utilización de microorganismos para degradar los contaminantes en el agua subterránea.

Tratamiento térmico in situ: Aplicación de calor en el subsuelo para vaporizar o destruir los contaminantes.

Monitoreo natural atenuante: Supervisión de la degradación natural de los contaminantes en el tiempo sin intervención activa.

Extracción multifásica (MPE) o Bioslurping: utiliza vacío para extraer hidrocarburos en fase libre de suelos y aguas subterráneas, mientras favorece la biodegradación natural mediante la aireación del subsuelo.

De acuerdo con lo indicado por el personal en el sitio, y las características del incidente, se considera que la solución recomendable es la utilización de una Unidad de Extracción móvil, operando en cuadrículas de entre 7 y 10 metros. La emulsión extraída se puede almacenar en tanques portátiles y tratarse fuera del sitio.

Estimación de presupuesto

Presencia de FLNA	
FICHA N.º 5	
Tarea	Costo estimado
Caracterización del pasivo. Estudios previos	USD25.000,00
Remediación mediante MEU - Implementación	USD96.177,53
Operación de la Remediación (24 meses)	USD460.424,32
Tratamiento y disposición final de productos de extracción	USD637.431,90
Monitoreo (5 años)	USD187.239,22
Total	USD1.406.272,97

Costo total estimado

USD 1.406.272,97

FICHA N.º 5 - Presencia de FLNA en zona de tanque



FICHA N.º 6 - Presencia de FLNA en Planta Río Cullen

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Río Cullen
Tipo de pasivo ambiental	Presencia de FLNA
Pasivo ambiental	Incidente ambiental - Planta Río Cullen
Ubicación	 -52.90415231582372, -68.47803383707277
Estado actual del pasivo	En la Planta Río Cullen se reportó un incidente ambiental por el rebalse de un tanque soterrado, además de otros derrames menores ocurridos en la instalación. No se ha instalado una red de freáticos para poder determinar el alcance de la contaminación.
Aclaraciones	No se cuenta con información acerca del alcance de la contaminación. Se realizan supuestos basados en experiencias anteriores, pero es importante poder realizar un estudio particular del sitio.
Opciones de remediación	Dada la ausencia de información de base y la inexistencia de una red de freáticos, resulta imprescindible iniciar un trabajo de caracterización del pasivo ambiental. Como primera medida, se recomienda la instalación de freáticos tanto aguas arriba como aguas abajo del área impactada, con el fin de obtener datos representativos de la dinámica hidrogeológica. En cuanto a la remediación, existen diversas alternativas que, en la práctica, suelen aplicarse de manera combinada. Esto se debe a que la mecánica de la contaminación, las propiedades específicas de los hidrocarburos involucrados y las características técnicas de cada método hacen necesario implementar más de una técnica para lograr resultados efectivos. A continuación, se presentan los métodos más utilizados para este tipo de contaminación: Aireación forzada (Air Sparging): Inyección in situ de aire en el agua subterránea para volatilizar y biodegradar (estimulando la actividad bacteriana) los hidrocarburos y así removerlos. Bombeo y tratamiento (Pump and Treat): Extracción del agua contaminada y su tratamiento en la superficie antes de devolverla al acuífero. Permeable Reactive Barriers (PRB): Instalación de barreras en el subsuelo que contienen materiales reactivos para tratar el agua contaminada mientras fluye a través de ellas. Flushing de suelos (Soil Flushing): Inyección de líquidos en el suelo para movilizar y extraer los contaminantes hacia la superficie para su tratamiento.

FICHA N.º 6 - Presencia de FLNA en Planta Río Cullen

Técnica seleccionada

Extracción de vapores del suelo (Soil Vapor Extraction): Técnica para remover contaminantes volátiles mediante la extracción de vapores del suelo.

Biorremediación: Utilización de microorganismos para degradar los contaminantes en el agua subterránea.

Tratamiento térmico *in situ*: Aplicación de calor en el subsuelo para vaporizar o destruir los contaminantes.

Monitoreo natural atenuante: Supervisión de la degradación natural de los contaminantes en el tiempo sin intervención activa.

Extracción multifásica (MPE) o Bioslurping: utiliza vacío para extraer hidrocarburos en fase libre de suelos y aguas subterráneas, mientras favorece la biodegradación natural mediante la aireación del subsuelo

En base a las discusiones en sitio, y a las características de los incidentes involucrados, se considera que la solución recomendable es la utilización de una Unidad de Extracción móvil, operando en cuadrículas de entre 7 y 10 metros. La emulsión extraída se puede almacenar en tanques portátiles y tratarse fuera del sitio.

Estimación de presupuesto

Presencia de FLNA en Planta Río Cullen	
FICHA N.º1	
Tarea	Costo estimado
Caracterización del pasivo. Estudios previos	USD25.000,00
Remediación mediante MEU - Implementación	USD113.038,63
Operación de la Remediación (24 meses)	USD546.570,68
Tratamiento y disposición final de productos de extracción	USD784.727,66
Monitoreo (5 años)	USD150.000,00
Total	USD1.619.336,97

Costo total estimado

USD 1.619.339,97

FICHA N.º 6 - Presencia de FLNA en Planta Río Cullen



FICHA N.º 7 - Tanque fuera de servicio

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Angostura CA-14
Tipo de pasivo ambiental	Tanques abandonados con restos de hidrocarburos
Pasivo ambiental	Tanque fuera de uso
Ubicación	 -53.330196, -68.353560
Estado actual del pasivo	Se identificó la presencia de un tanque fuera de servicio, el cual podría contener fondos residuales de hidrocarburos o lodos en su interior. El tanque se encuentra en estado de abandono.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Las opciones de remediación para instalaciones y equipamiento en desuso se basan en el retiro y desmantelamiento controlado de la infraestructura fuera de servicio, con el objetivo de eliminar fuentes potenciales de contaminación y remover barreras físicas que impiden la recuperación del entorno. Esto incluye la limpieza y saneamiento previo de componentes que puedan contener remanentes contaminantes (por ejemplo, hidrocarburos residuales y/o metales pesados), la segregación de materiales según su condición (recuperables, no peligrosos y peligrosos) y su derivación a circuitos de reciclaje o disposición final segura mediante operadores habilitados. Complementariamente, se contempla la restauración del sitio intervenido mediante acondicionamiento del terreno, medidas para reducir erosión y acciones de recuperación ambiental (recomposición de suelo y revegetación cuando corresponda), a fin de restituir condiciones compatibles con el entorno y disminuir riesgos a mediano y largo plazo.
Técnica seleccionada	Se selecciona la técnica de remoción física y desmantelamiento con gestión diferenciada de residuos, dado que permite eliminar el pasivo en su origen y controlar de forma efectiva la liberación de contaminantes durante la intervención. La ejecución contempla la movilización y desmovilización de una grúa para realizar maniobras de izaje seguras, seguido del desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias mediante desmontaje controlado y acopio segregado. Previamente al retiro del tanque, se realiza la limpieza interna y la extracción de remanentes con presencia de metales pesados, los cuales se acondicionan y derivan a tratamiento y/o disposición final conforme a su carácter peligroso. Una vez saneado, se procede al desmantelamiento del tanque y al traslado de la chatarra para reciclaje cuando sea apta o disposición final segura cuando presente contaminación. Finalmente, se efectúa la nivelación y remediación del terreno natural, restableciendo la estabilidad del

FICHA N.º 7 - Tanque fuera de servicio

Estimación de presupuesto

sitio y dejando condiciones adecuadas para su recuperación ambiental posterior.

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grúa 30 ton	1	Movilización	USD10.000,00	USD10.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	56	horas	USD600,00	USD33.600,00
Limpieza y disposición final de remanentes de tanque con Metales pesados	32	horas	USD2.500,00	USD80.000,00
Desmantelamiento de tanque	96	horas	USD800,00	USD76.800,00
Traslado y disposición final de chatarra	25	toneladas	USD700,00	USD17.500,00
Remoción de construcción (losa, pileta de contención)	450	m2	USD120,00	USD54.000,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	525	m2	USD26,00	USD13.650,00
Costo				USD285.550,00
Consideración de clima	15	%		USD42.832,50
Coordinación y apoyo	5	%		USD14.277,50
Evaluación final y limpieza	3	%		USD8.566,50
Costo total				USD351.226,50

Costo total estimado

USD 351.226,50



FICHA N.º 7 - Tanque fuera de servicio



FICHA N.º 7 - Tanque fuera de servicio



FICHA N.º 8 - Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Angostura CA-14
Tipo de pasivo ambiental	Tanques abandonados con restos de hidrocarburos
Pasivo ambiental	Tanques fuera de servicio
Ubicación	 -53.3312855,-68.2645153
Estado actual del pasivo	Se observó durante la visita un conjunto de equipamiento fuera de uso, como tanques y estructuras asociadas a almacenamiento y tratamiento, actualmente en estado de abandono y sin evidencia de mantenimiento reciente.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Para el equipamiento en desuso identificado en la Planta, las opciones de remediación se enfocan en eliminar el pasivo en su origen mediante el retiro integral y controlado de los equipos fuera de servicio, considerando que se observan tanques, cañerías/ramales, estructuras asociadas a almacenamiento y tratamiento. La remediación puede abordarse mediante el aislamiento del sistema y la desconexión segura de líneas, el saneamiento previo de recipientes y conductos con potencial presencia de remanentes (hidrocarburos, lodos y/o barros), y la segregación de materiales y residuos según su peligrosidad para su recuperación o disposición final segura. Se contempla además la limpieza de superficies y áreas de contención donde puedan haberse acumulado remanentes, la evaluación de suelos con indicios de impacto (manchas, olores, escurrimientos), y la recomposición del terreno mediante nivelación y estabilización superficial, dejando el área en condiciones compatibles con la recuperación ambiental y reduciendo riesgos por corrosión, derrames y exposición prolongada de materiales.
Técnica seleccionada	Se selecciona la técnica de remoción física y desmantelamiento con gestión diferenciada de residuos, adecuada para instalaciones con múltiples equipos y componentes asociados a almacenamiento y tratamiento. La técnica consiste en realizar la movilización de equipos y, cuando corresponda, de grúa para maniobras de izaje seguras; ejecutar el desarme de tuberías e instalaciones accesorias con control de derrames y acopio segregado; efectuar la limpieza interna de tanques y conductos con extracción de fondos residuales y lodos, acondicionarlos como residuos especiales o peligrosos según su caracterización y derivarlos a tratamiento y disposición final con operadores habilitados. Posteriormente se procede al retiro de tanques y estructuras metálicas, trasladando la chatarra a reciclaje cuando sea apta o a disposición final segura si presenta contaminación. Como cierre, se realiza la limpieza de áreas intervenidas, junto con la nivelación y remediación del terreno natural,

FICHA N.º 8 - Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur

Estimación de presupuesto

incluyendo tratamiento puntual de suelos afectados en caso de evidencias de impacto, para restituir estabilidad del sitio y minimizar riesgos residuales a mediano y largo plazo.

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grúa 60 tn	2	Movilización	USD15.000,00	USD30.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	120	horas	USD600,00	USD72.000,00
Desmantelamiento de tanque	96	horas	USD800,00	USD76.800,00
Traslado y disposición final de chatarra	120	toneladas	USD700,00	USD84.000,00
Remoción de construcción (losa, pileta de contención)	1090	m2	USD120,00	USD130.800,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	3034	m2	USD26,00	USD78.884,00
Costo				USD472.484,00
Consideración de clima	15	%		USD70.872,60
Coordinación y apoyo	5	%		USD23.624,20
Evaluación final y limpieza	3	%		USD14.174,52
Costo total				USD581.155,32

Costo total estimado

USD 581.155,32



FICHA N.º 8 - Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur



FICHA N.º 8 - Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur



FICHA N.º 8 - Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur



FICHA N.º 9 - Equipamiento en desuso Batería LP-1002

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Equipamiento en desuso
Pasivo ambiental	Batería LP - 1002
Ubicación	 -53.690711, -68.059172
Estado actual del pasivo	Se encuentra la Batería Los Patos - 1002 fuera de servicio, con instalaciones y equipos en estado de abandono.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Para la Batería LP - 1002, actualmente fuera de servicio, las opciones de remediación se orientan en el retiro y desmantelamiento controlado de la infraestructura fuera de servicio, con el objetivo de eliminar fuentes potenciales de contaminación y remover barreras físicas que impiden la recuperación del entorno. Esto incluye la limpieza y saneamiento previo de componentes que puedan contener remanentes contaminantes (por ejemplo, hidrocarburos residuales y/o metales pesados), la segregación de materiales según su condición (recuperables, no peligrosos y peligrosos) y su derivación a circuitos de reciclaje o disposición final segura mediante operadores habilitados. Complementariamente, se contempla la restauración del sitio intervenido mediante acondicionamiento del terreno, medidas para reducir erosión y acciones de recuperación ambiental (recomposición de suelo y revegetación cuando corresponda), a fin de restituir condiciones compatibles con el entorno y disminuir riesgos a mediano y largo plazo.
Técnica seleccionada	Se selecciona la técnica de remoción física y desmantelamiento controlado con saneamiento previo y gestión diferenciada de residuos, por tratarse de una batería fuera de servicio en la que la medida más efectiva es eliminar el pasivo en origen y asegurar trazabilidad en la gestión de materiales. La técnica comprende la movilización de equipos y de grúa para maniobras de izaje; el aislamiento y desconexión segura de cañerías e instalaciones accesorias; el desarme progresivo de equipos y estructuras metálicas, con acopio segregado. En forma previa al retiro de componentes cerrados o con potencial contenido, se realiza la limpieza y extracción de remanentes (hidrocarburos y/o lodos), acondicionándolos para transporte y tratamiento/disposición final mediante operadores habilitados. Posteriormente se traslada la chatarra a reciclaje o disposición según su condición y, como etapa final, se ejecuta la limpieza del sitio, la nivelación y remediación del terreno natural, incluyendo acciones puntuales sobre suelos impactados si se identifican, dejando el área en condiciones compatibles con el entorno.

FICHA N.º 9 - Equipamiento en desuso Batería LP-1002

Estimación de presupuesto

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grúa 30 ton	1	Movilización	USD10.000,00	USD10.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	40	horas	USD600,00	USD24.000,00
Limpieza y disposición final de remanentes de fondos de tanques	16	horas	USD2.300,00	USD36.800,00
Traslado y disposición final de chatarra	8	toneladas	USD700,00	USD5.600,00
Remoción de construcción	335	m2	USD120,00	USD40.200,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	426	m2	USD26,00	USD11.076,00
Costo desmantelamiento				USD127.676,00
Consideración de clima	15	%		USD19.151,40
Coordinación y apoyo	5	%		USD6.383,80
Evaluación final y limpieza	3	%		USD3.830,28
Costo total desmantelamiento				USD157.041,48

Costo total estimado

USD 157.041,48



FICHA N.º 10 - Equipamiento en desuso Planta Río Cullen

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Río Cullen
Tipo de pasivo ambiental	Equipamiento en desuso
Pasivo ambiental	Planta Río Cullen
Ubicación	 -52.904666, -68.477731
Estado actual del pasivo	En la ubicación indicada se encuentra la Planta Río Cullen, operada por la empresa ROCH S.A. De acuerdo con la Agencia de Recaudación Faguina, y tal como se verificó durante la visita, la planta actualmente se encuentra fuera de servicio y presenta un estado general de abandono con infraestructura e instalaciones en desuso distribuidas por todo el predio. Por este motivo, la misma en su totalidad puede ser considerada como un pasivo ambiental en la actualidad.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Para el equipamiento en desuso identificado en la Planta Río Cullen (ROCH S.A.), actualmente fuera de servicio y en estado general de abandono, las opciones de remediación deben abordarse de una forma integral. Si bien, en términos teóricos, podría evaluarse la reutilización o transferencia de activos a un nuevo operador, la dinámica reciente del sector hidrocarburífero en Tierra del Fuego muestra una tendencia sostenida a la reducción de actividad, acentuada por la salida de actores relevantes y el consecuente descenso de operaciones asociadas. En este escenario, la continuidad operativa o reconversión de la planta no puede considerarse una opción robusta, ya que implicaría asumir inversiones significativas de rehabilitación, certificaciones, adecuación normativa y mantenimiento permanente, sin garantías razonables de demanda o sostenibilidad económica. La evidencia de abandono y deterioro general refuerza que la infraestructura ya no cumple su función y que prolongar su permanencia sólo incrementa la probabilidad de deterioro estructural. Asimismo, se descarta la alternativa de asignar valor residual a ciertos componentes o materiales, dado que el sitio presenta potencial presencia de remanentes contaminantes y residuos peligrosos, cuya gestión está condicionada por limitaciones logísticas y regulatorias.
Técnica seleccionada	Se selecciona la metodología de remoción física y desmantelamiento con gestión diferenciada de residuos para la planta debido a que, en el contexto

FICHA N.º 10 - Equipamiento en desuso Planta Río Cullen

Estimación de presupuesto

actual, constituye la alternativa más viable y preventiva para eliminar el pasivo en su origen y reducir riesgos ambientales a mediano y largo plazo.

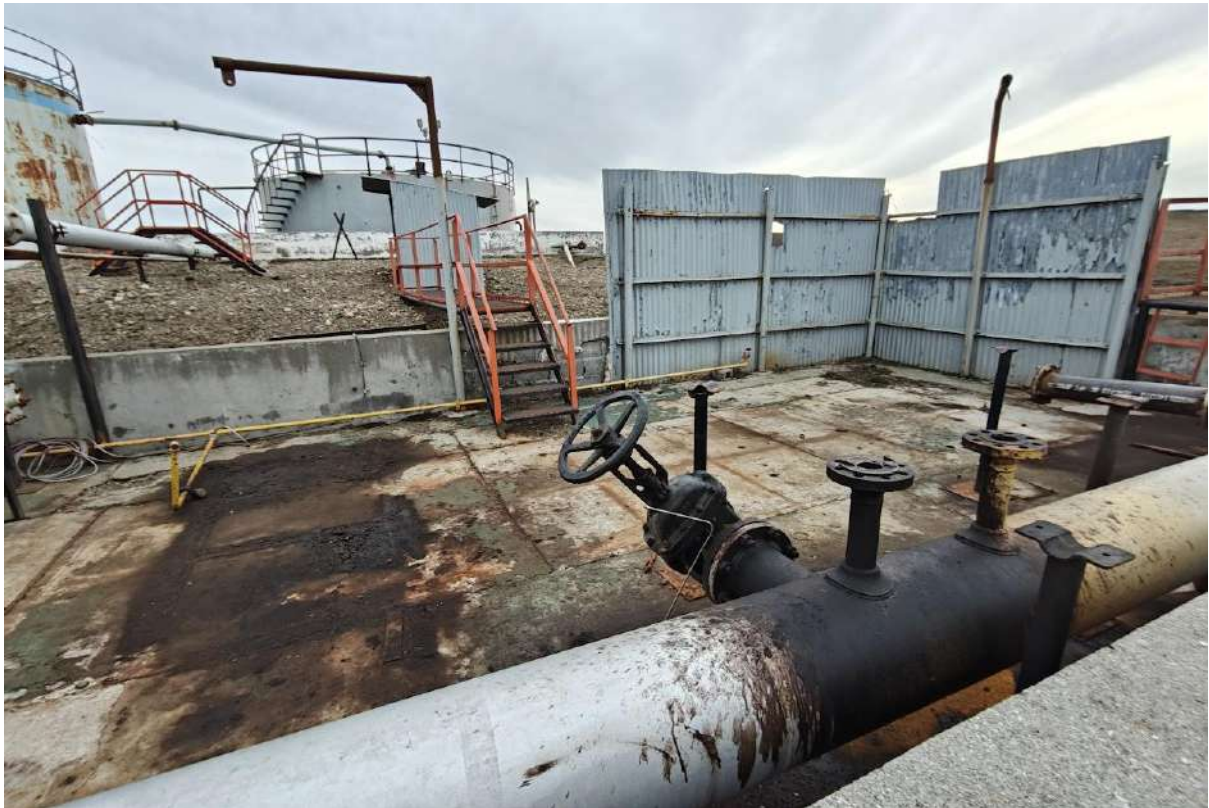
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grúa 60 ton	2	Movilización	USD15.000,00	USD30.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	400	horas	USD600,00	USD240.000,00
Limpieza y disposición final de remanentes de tanque con Metales pesados	200	horas	USD2.500,00	USD500.000,00
Desmantelamiento de tanques	150	horas	USD800,00	USD120.000,00
Traslado y disposición final de chatarra	240	toneladas	USD700,00	USD168.000,00
Demolición y Remoción de construcción	1990	m2	USD120,00	USD238.800,00
Nivelación y Remedación de terreno natural	13900	m2	USD36,00	USD500.400,00
Mano de obra	1	gl	USD1.244.400,00	USD1.244.400,00
Costo				USD1.797.200,00
Consideración de clima	15	%		USD269.580,00
Coordinación y apoyo	5	%		USD89.860,00
Evaluación final y limpieza	3	%		USD53.916,00
Costo total				USD2.210.556,00

Costo total estimado

USD 2.210.556,00



FICHA N.º 10 - Equipamiento en desuso Planta Río Cullen



FICHA N.º 10 - Equipamiento en desuso Planta Río Cullen



FICHA N.º 11 - Tanque fuera de servicio

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Tanques abandonados con restos de hidrocarburos
Pasivo ambiental	Tanque fuera de servicio
Ubicación	 -53.546809, -68.031970
Estado actual del pasivo	Se informó la existencia de un tanque de almacenamiento fuera de servicio, ubicado sobre una base elevada, que podría contener fondos residuales.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Las opciones de remediación para instalaciones y equipamiento en desuso se basan en el retiro y desmantelamiento controlado de la infraestructura fuera de servicio, con el objetivo de eliminar fuentes potenciales de contaminación y remover barreras físicas que impiden la recuperación del entorno. Esto incluye la limpieza y saneamiento previo de componentes que puedan contener remanentes contaminantes (por ejemplo, hidrocarburos residuales y/o metales pesados), la segregación de materiales según su condición (recuperables, no peligrosos y peligrosos) y su derivación a circuitos de reciclaje o disposición final segura mediante operadores habilitados. Complementariamente, se contempla la restauración del sitio intervenido mediante acondicionamiento del terreno, medidas para reducir erosión y acciones de recuperación ambiental (recomposición de suelo y revegetación cuando corresponda), a fin de restituir condiciones compatibles con el entorno y disminuir riesgos a mediano y largo plazo.
Técnica seleccionada	Se selecciona la técnica de saneamiento previo y remoción física del tanque con gestión diferenciada de residuos, por ser la medida más efectiva para eliminar la fuente del pasivo y controlar riesgos durante la intervención. La técnica comprende la movilización de equipos de trabajo y, de ser necesario, de grúa para maniobras seguras; el aislamiento y desconexión de líneas; la limpieza interna del tanque con extracción de remanentes y fondos residuales, los cuales se acopian en recipientes adecuados y se transportan a tratamiento/disposición final mediante operadores habilitados. Con el tanque saneado, se procede a su desmantelamiento y retiro (total o por secciones según factibilidad), trasladando la chatarra a reciclaje o disposición final según su condición. Finalmente, se realiza la limpieza del sector y la nivelación y remediación del terreno natural, aplicando acciones puntuales sobre suelos afectados si se verifican manchas o infiltración, dejando el sitio en condiciones estables y compatibles con el entorno.

FICHA N.º 11 - Tanque fuera de servicio

Estimación de presupuesto

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grua 30 tn	1	Movilización	USD10.000,00	USD10.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	40	horas	USD600,00	USD24.000,00
Desmantelamiento de tanque	96	horas	USD800,00	USD76.800,00
Traslado y disposición final de chatarra	25	toneladas	USD700,00	USD17.500,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	200	m2	USD26,00	USD5.200,00
Costo				USD133.500,00
Consideración de clima	15	%		USD20.025,00
Coordinación y apoyo	5	%		USD6.675,00
Evaluación final y limpieza	3	%		USD4.005,00
Costo total				USD164.205,00

Costo total estimado

USD 164.205,00



FICHA N.º 12 - Fosa de quema en Batería LP - 1002

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Suelos contaminados
Pasivo ambiental	Fosa de quema en Batería LP - 1002
Ubicación	 -53.690711, -68.059172
Estado actual del pasivo	En la Batería Los Patos - 1002 se identificó una fosa de quema fuera de operación, con signos de erosión, acumulación de agua en el fondo y sin impermeabilización visible.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Entre las técnicas de remediación más utilizadas se encuentran la excavación y disposición segura de suelos contaminados, la aplicación de tecnologías de biorremediación (bioestimulación y bioaumentación) que aprovechan microorganismos capaces de degradar hidrocarburos, y métodos fisicoquímicos como la solidificación/estabilización para inmovilizar contaminantes. En casos de alta concentración de compuestos volátiles, se emplean sistemas de extracción de vapores o tecnologías combinadas como el <i>multi-phase extraction</i> (MPE), que permiten recuperar tanto fase líquida como gaseosa.
Técnica seleccionada	Para este tipo de suelos contaminados se recomienda la aplicación de biopilas, con el objetivo de reducir las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y, en particular, de compuestos recalcitrantes como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), que pueden permanecer aún después de procesos de combustión incompleta. Dado que estos suelos han estado expuestos a altas temperaturas, es esperable que presenten niveles reducidos de HTP, aunque con presencia significativa de azufre y potencialmente de metales pesados. Por ello, tras el tratamiento biológico y la verificación analítica de su eficacia, se recomienda la disposición final de los suelos tratados en un relleno de seguridad, garantizando la inmovilización de los contaminantes inorgánicos y la trazabilidad del proceso. De esta manera se asegura una gestión integral que atienda tanto a los hidrocarburos persistentes como a los riesgos derivados de los elementos inorgánicos presentes.

FICHA N.º 12 - Fosa de quema en Batería LP - 1002

Estimación de presupuesto

Fosa de quema - Batería LP - 1002				
FICHA N.º 14				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Caracterización del suelo	90	m3	USD7,00	USD630,00
Traslado de retropala + carga de camión	126	m3	USD11,00	USD1.386,00
Costo transporte	176,4	m3	USD6,29	USD1.109,25
Biorremediación	176,4	m3	USD36,00	USD6.350,40
Transporte a Relleno de seguridad	126	m3	USD4,53	USD571,39
Disposición final	126	m3	USD35,00	USD4.410,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	150	m2	USD26	USD3.900
Costo				USD18.357,04
Consideración de clima	10	%		USD1.835,70
Coordinación y apoyo	5	%		USD917,85
Evaluación final y limpieza	3	%		USD550,71
Costo total				USD21.661,30
Se considera un coeficiente de esponjamiento de 0,4				
Se considera disposición final en relleno de seguridad a aprox. 104 km				

Costo total estimado

USD 21.661,30



FICHA N.º 13 - Fosa de quema del pozo SM - 1004

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Angostura CA-14
Tipo de pasivo ambiental	Suelos contaminados
Pasivo ambiental	Fosa de quema del pozo SM - 1004
Ubicación	 -53.2619343,-68.5842583
Estado actual del pasivo	En la ubicación se encuentra una fosa de quema sin remediar.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Entre las técnicas de remediación más utilizadas se encuentran la excavación y disposición segura de suelos contaminados, la aplicación de tecnologías de biorremediación (bioestimulación y bioaumentación) que aprovechan microorganismos capaces de degradar hidrocarburos, y métodos fisicoquímicos como la solidificación/estabilización para inmovilizar contaminantes. En casos de alta concentración de compuestos volátiles, se emplean sistemas de extracción de vapores o tecnologías combinadas como el <i>multi-phase extraction</i> (MPE), que permiten recuperar tanto fase líquida como gaseosa.
Técnica seleccionada	Para este tipo de suelos contaminados se recomienda la aplicación de biopilas, con el objetivo de reducir las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y, en particular, de compuestos recalcitrantes como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), que pueden permanecer aún después de procesos de combustión incompleta. Dado que estos suelos han estado expuestos a altas temperaturas, es esperable que presenten niveles reducidos de HTP, aunque con presencia significativa de azufre y potencialmente de metales pesados. Por ello, tras el tratamiento biológico y la verificación analítica de su eficacia, se recomienda la disposición final de los suelos tratados en un relleno de seguridad, garantizando la inmovilización de los contaminantes inorgánicos y la trazabilidad del proceso. De esta manera se asegura una gestión integral que atienda tanto a los hidrocarburos persistentes como a los riesgos derivados de los elementos inorgánicos presentes.

FICHA N.º 13 - Fosa de quema del pozo SM - 1004

Estimación de presupuesto

FICHA N.º 15				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Caracterización del suelo	127,5	m3	USD7,00	USD892,50
Traslado de retropala + carga de camión	178,5	m3	USD11,00	USD1.963,50
Costo transporte	0	m3	USD1,69	USD0,00
Biorremediación	0	m3	USD36,00	USD0,00
Transporte a Relleno de seguridad	178,5	m3	USD4,53	USD809,46
Disposición final	178,5	m3	USD35,00	USD6.247,50
Nivelación y Remediación de terreno natural	340	m2	USD26	USD8.840
Costo				USD18.752,96
Consideración de clima	10	%		USD1.875,30
Coordinación y apoyo	5	%		USD937,65
Evaluación final y limpieza	3	%		USD562,59
Costo total				USD22.128,50
Se considera un coeficiente de esponjamiento de 0,4				
Se considera disposición final en relleno de seguridad a aprox. 28 km				

Costo total estimado

USD 22.128,50



FICHA N.º 14 - Piletas con *cutting* en la locación del pozo SM - 1004

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Angostura CA-14
Tipo de pasivo ambiental	<i>Cutting</i> (recortes de perforación)
Pasivo ambiental	Piletas con <i>cutting</i> en la locación del pozo SM - 1004
Ubicación	 -53.2619343,-68.5842583
Estado actual del pasivo	Se identificó una pileta utilizada para el tratamiento de recortes de perforación que, según lo informado, no ha sido remediada. La pileta mide 25 x 25 m y está dividida en dos partes de 12,5 m cada una. De acuerdo con los comentarios de los trabajadores de la empresa, tiene una profundidad de 1,5 metros. Las mismas se encuentran completas en un 70% aproximadamente, con <i>cutting</i> de perforación.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Tratamiento térmico (pirólisis/incineración): altas temperaturas para eliminar hidrocarburos y reducir volumen; es costoso y requiere infraestructura. Biorremediación: microorganismos degradan compuestos orgánicos; opción más sostenible pero lenta y exige control de condiciones. Tratamiento químico: reactivos para degradar/neutralizar contaminantes (hidrocarburos pesados, metales); útil en casos puntuales, con riesgos por uso de químicos. Separación físico-mecánica: etapa inicial para separar fases sólida, líquida y oleosa con equipos vibratorios o centrífugas. Lavado de <i>cutting</i>: soluciones acuosas/tensioactivas remueven aceite adherido y permiten recuperar parte de fluidos; requiere tratar el efluente generado. Microondas: calienta y desorbe/evapora hidrocarburos sin combustión; eficiente en residuos húmedos, necesita equipamiento y control térmico. Oxidación térmica a baja temperatura: entre 200 - 600 °C en sistema cerrado para volatilizar orgánicos; genera sólido más estable y gases a tratar. Fitorremediación y compostaje: etapas posteriores sobre material estabilizado para terminar de degradar residuos y recuperar funciones del suelo.
Técnica seleccionada	En función de las condiciones locales de la Provincia de Tierra del Fuego y de la necesidad de minimizar riesgos durante el manejo, se adopta una técnica combinada basada en caracterización, tratamiento biológico y disposición final segura. El proceso inicia con la caracterización del material/suelo para

FICHA N.º 14 - Piletas con *cutting* en la locación del pozo SM - 1004

definir su peligrosidad y la ruta de gestión correspondiente. Luego, se realiza la movilización del equipamiento, la carga en camiones y el traslado del material al área de tratamiento, considerando los costos asociados al transporte. La etapa principal consiste en la biorremediación, orientada a reducir la concentración de hidrocarburos y la toxicidad del residuo mediante actividad microbiana controlada. Una vez alcanzados los criterios definidos o estabilizada la fracción tratable, se ejecuta el transporte a relleno de seguridad y la disposición final del material que no resulte apto para recuperación o que mantenga peligrosidad residual. Finalmente, se realiza la remediación del terreno del área afectada o intervenida (limpieza, acondicionamiento, nivelación y tratamiento puntual si corresponde), restituyendo condiciones de estabilidad y reduciendo riesgos residuales.

Estimación de presupuesto

Piletas con cutting en la locación del pozo SM - 1004					
FICHA 16					
	Cantidad	unidad		Precio unitario	costo total
Caracterización del suelo	656,25	m3		USD7,00	USD4.593,75
Traslado de retropala + carga de camión	918,75	m3		USD11,00	USD10.106,25
Costo transporte	918,75	m3		USD6,65	USD6.110,66
Biorremediación	918,75	m3		USD76,00	USD69.825,00
Transporte a Relleno de seguridad	918,75	m3		USD5,14	USD4.721,87
Remediación terreno	625	m2		USD26,00	USD16.250,00
Disposición final	918,75	m3		USD35,00	USD32.156,25
Costo					USD143.763,78
Consideración de clima	10	%		USD14.376,38	USD14.376,38
Coordinación y apoyo	5	%		USD7.188,19	USD7.188,19
Evaluación final y limpieza	3	%		USD4.312,91	USD4.312,91
Costo total					USD169.641,27
Se considera traslado a relleno de seguridad a aprox. 50km de distancia.					
Se considera un coeficiente de esponjamiento de 1,4					

Costo total estimado

USD 168.641,27



FICHA N.º 14 - Piletas con *cutting* en la locación del pozo SM - 1004



FICHA N.º 15 - Piletas con *cutting* en la locación del pozo LRX - 1001

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	<i>Cutting</i> (recortes de perforación)
Pasivo ambiental	Piletas con <i>cutting</i> en la locación del pozo LRX - 1001
Ubicación	 -53.706711,-67.888797
Estado actual del pasivo	Se identificó una piletas con recortes de perforación del pozo LRX-1001 (desde el año 2017/2018), con geomembrana visible en buen estado, sin roturas aparentes. Presenta acumulación de agua de lluvia, vegetación incipiente y depósitos de tierra en su interior. Las dimensiones de la piletas son aproximadamente 20 x 25 metros, dividida en dos sectores de aproximadamente 10 metros cada uno. La profundidad estimada máxima es de 1,5 m. La misma se encuentra en un 50% de su capacidad
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Tratamiento térmico (pirólisis/incineración): altas temperaturas para eliminar hidrocarburos y reducir volumen; es costoso y requiere infraestructura. Biorremediación: microorganismos degradan compuestos orgánicos; opción más sostenible pero lenta y exige control de condiciones. Tratamiento químico: reactivos para degradar/neutralizar contaminantes (hidrocarburos pesados, metales); útil en casos puntuales, con riesgos por uso de químicos. Separación físico-mecánica: etapa inicial para separar fases sólida, líquida y oleosa con equipos vibratorios o centrífugas. Lavado de <i>cutting</i>: soluciones acuosas/tensioactivas remueven aceite adherido y permiten recuperar parte de fluidos; requiere tratar el efluente generado. Microondas: calienta y desorbe/evapora hidrocarburos sin combustión; eficiente en residuos húmedos, necesita equipamiento y control térmico. Oxidación térmica a baja temperatura: entre 200 - 600 °C en sistema cerrado para volatilizar orgánicos; genera sólido más estable y gases a tratar. Fitorremediación y compostaje: etapas posteriores sobre material estabilizado para terminar de degradar residuos y recuperar funciones del suelo.
Técnica seleccionada	En función de las condiciones locales de la Provincia de Tierra del Fuego y de la necesidad de minimizar riesgos durante el manejo, se adopta una técnica

FICHA N.º 15 - Piletas con *cutting* en la locación del pozo LRX - 1001

combinada basada en caracterización, tratamiento biológico y disposición final segura. El proceso inicia con la caracterización del material/suelo para definir su peligrosidad y la ruta de gestión correspondiente. Luego, se realiza la movilización del equipamiento, la carga en camiones y el traslado del material al área de tratamiento, considerando los costos asociados al transporte. La etapa principal consiste en la biorremediación, orientada a reducir la concentración de hidrocarburos y la toxicidad del residuo mediante actividad microbiana controlada. Una vez alcanzados los criterios definidos o estabilizada la fracción tratable, se ejecuta el transporte a relleno de seguridad y la disposición final del material que no resulte apto para recuperación o que mantenga peligrosidad residual. Finalmente, se realiza la remediación del terreno del área afectada o intervenida (limpieza, acondicionamiento, nivelación y tratamiento puntual si corresponde), restituyendo condiciones de estabilidad y reduciendo riesgos residuales.

Estimación de presupuesto

Piletas con cutting en la locación del pozo LRX - 1001					
FICHA 17					
	Cantidad	unidad		Precio unitario	costo total
Caracterización del suelo	250	m3		USD7,00	USD1.750,00
Traslado de retropala + cargo de camión	350	m3		USD11,00	USD3.850,00
Costo transporte	350	m3		USD6,65	USD2.327,87
Biorremediación	350	m3		USD76,00	USD26.600,00
Transporte a Relleno de seguridad	350	m3		USD6,77	USD2.370,20
Remediación terreno	550	m2		USD26,00	USD14.300,00
Disposición final	350	m3		USD35,00	USD12.250,00
Costo					USD63.448,07
Consideración de clima	10	%		USD6.344,81	USD6.344,81
Coordinación y apoyo	5	%		USD3.172,40	USD3.172,40
Evaluación final y limpieza	3	%		USD1.903,44	USD1.903,44
Costo total					USD74.868,72
Se considera traslado a relleno de seguridad a aprox. 110km de distancia.					
Se considera un coeficiente de esponjamiento de 1,4					

Costo total estimado

USD 74.868,72

FICHA N.º 15 - Piletas con *cutting* en la locación del pozo LRX - 1001



FICHA N.º 15 - Piletas con *cutting* en la locación del pozo LRX - 1001



FICHA N.º 16 - Repositorio y biopilas

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Suelos contaminados
Pasivo ambiental	Repositorio
Ubicación	 -53.677096, -67.949331
Estado actual del pasivo	Se inspeccionó un repositorio reciente, cercado y destinado al tratamiento de suelos contaminados, con acumulación de suelos en una pila de, en total 60 m lineales y 10 metros de ancho con una altura máxima de 2 m. Se informó que todo el predio está afectado. Se verificó la presencia de freáticos, aunque los últimos controles se realizaron hace dos años.
Aclaraciones	Las pilas de suelos se encuentran en un predio de aproximadamente 5.000 m ² que se encuentra cercado.
Opciones de remediación	De acuerdo con lo informado, estas pilas llevan varios años en el lugar, por lo que se pueden resumir los métodos más comunes a los siguientes: Biopilas / Biorremediación: degradación de hidrocarburos mediante microorganismos, con control de oxígeno, humedad y nutrientes. Fitorremediación: uso de plantas para absorber, transformar o estabilizar contaminantes en el suelo. Lavado de suelos: separación de contaminantes mediante soluciones acuosas o surfactantes, con tratamiento posterior de efluentes. Solidificación / Estabilización: inmovilización de contaminantes agregando agentes como cemento o polímeros. Extracción de vapores del suelo (SVE): remoción de compuestos volátiles mediante sistemas de vacío y ventilación. (se considera que por la antigüedad de las pilas, no sería un método adecuado). Excavación y disposición en rellenos de seguridad: retiro físico del suelo contaminado y confinamiento seguro en instalaciones controladas,
Técnica seleccionada	Se recomienda un primer tratamiento con biopilas para poder degradar los hidrocarburos que pudieran quedar en las pilas, y luego verificar el contenido de metales pesados en los suelos. En el caso de que hubiera concentraciones no alineadas con los requerimientos de la Autoridad de Aplicación, se deberá disponer de los mismos en un relleno de seguridad. Debido a que en las experiencias anteriores se han presentado concentraciones de metales pesados superiores a lo requerido, se considera oportuno la disposición en un relleno de seguridad.

FICHA N.º 16 - Repositorio y biopilas

Estimación de presupuesto

Repositorio y biopilas				
FICHA N.º 19				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Caracterización del suelo	750	m3	USD7,00	USD5.250,00
Traslado de retropala + carga de camión	1050	m3	USD11,00	USD11.550,00
Costo transporte	0	m3	USD4,53	USD0,00
Biorremediación	0	m3	USD36,00	USD0,00
Transporte a Relleno de seguridad	1050	m3	USD6,05	USD6.348,74
Disposición final	1050	m3	USD35,00	USD36.750,00
Nivelación y Remedación de terreno natural	4800	m2	USD26	USD124.800
Costo				USD184.698,74
Consideración de clima	10	%		USD18.469,87
Coordinación y apoyo	5	%		USD9.234,94
Evaluación final y limpieza	3	%		USD5.540,96
Costo total				USD217.944,51
Se considera un coeficiente de esponjamiento de 0,4				
Se considera disposición final en relleno de seguridad a aprox. 100 km				

Costo total estimado

USD 217.944,51



FICHA N.º 16 - Repositorio y biopilas



FICHA N.º 17 - Repositorio en pileta de Suelos contaminados

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Suelos contaminados
Pasivo ambiental	Repositorio en pileta
Ubicación	 -53.677838, -67.948520
Estado actual del pasivo	Se constató la existencia de una pileta con geomembrana destinada al tratamiento de suelos contaminados provenientes de Los Patos. Sus dimensiones aproximadas son de 30 x 35 metros, con una profundidad de 1,5 metros, lo que representa una capacidad cercana a los 1.500 m³. La estructura se encuentra delimitada por un talud con membrana que no presenta rupturas visibles. Actualmente, la pileta no cuenta con un sistema de monitoreo activo y se observó acumulación de agua de lluvia en su interior, lo que evidencia una falta de mantenimiento y control operativo.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Biopilas / Biorremediación: degradación de hidrocarburos mediante microorganismos, con control de oxígeno, humedad y nutrientes. Fitorremediación: uso de plantas para absorber, transformar o estabilizar contaminantes en el suelo. Lavado de suelos: separación de contaminantes mediante soluciones acuosas o surfactantes, con tratamiento posterior de efluentes. Solidificación / Estabilización: inmovilización de contaminantes agregando agentes como cemento o polímeros. Extracción de vapores del suelo (SVE): remoción de compuestos volátiles mediante sistemas de vacío y ventilación. (se considera que por la antigüedad de las pilas, no sería un método adecuado) Excavación y disposición en rellenos de seguridad: retiro físico del suelo contaminado y confinamiento seguro en instalaciones controladas.
Técnica seleccionada	Se recomienda un primer tratamiento con biopilas para poder degradar los hidrocarburos que pudieran quedar en las pilas, y luego verificar el contenido de metales pesados en los suelos. En el caso de que hubiera concentraciones no alineadas con los requerimientos de la Autoridad de Aplicación, se deberá disponer de los mismos en un relleno de seguridad. Debido a que en las experiencias anteriores se han presentado concentraciones de metales pesados superiores a lo requerido, se considera oportuno la disposición en un relleno de seguridad.

FICHA N.º 17 - Repositorio en pileta de Suelos contaminados

Estimación de presupuesto

Repositorio en Pileta				
FICHA N.º 20				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Caracterización del suelo	600	m3	USD7,00	USD4.200,00
Traslado de retropala + carga de camión	840	m3	USD11,00	USD9.240,00
Costo transporte	840	m3	USD4,53	USD3.809,24
Biorremediación	840	m3	USD36,00	USD30.240,00
Transporte a Relleño de seguridad	840	m3	USD6,05	USD5.078,99
Disposición final	840	m3	USD35,00	USD29.400,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	1050	m2	USD26	USD27.300
Costo				USD109.268,23
Consideración de clima	10	%		USD10.926,82
Coordinación y apoyo	5	%		USD5.463,41
Evaluación final y limpieza	3	%		USD3.278,05
Costo total				USD128.936,52
Se considera un coeficiente de esponjamiento de 0,4				
Se considera disposición final en relleno de seguridad a aprox. 100 km				

Costo total estimado

USD 128.936,52



FICHA N.º 17 - Repositorio en pileta de Suelos contaminados



FICHA N.º 18 - Pileta de emergencia

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Piletas con residuos sólidos
Pasivo ambiental	Pileta de emergencia
Ubicación	 -53.7261968,-68.0161117
Estado actual del pasivo	Se observa un módulo con tres celdas rectangulares contiguas parcialmente llenas, donde se observa una geomembrana en mal estado. Las dimensiones de esta son entre 33 y 35 metros en el lado mayor y 20 metros en el lado menor, totalizando una superficie de aproximadamente 670 m ² .
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Biopilas <i>in situ</i> y disposición en el mismo predio: La alternativa más común en la zona consiste en la conformación de biopilas <i>in situ</i> y la posterior disposición de los suelos tratados en el mismo predio. Si bien esta opción presenta ventajas económicas, experiencias previas han demostrado que la disposición final puede verse bloqueada cuando los suelos no alcanzan los niveles requeridos para ser considerados aptos como suelos agrícolas, según lo establecido por la autoridad competente. Soil Washing: Este método emplea surfactantes para remover los hidrocarburos presentes en el suelo. Entre sus ventajas se destaca la alta eficiencia en la recuperación de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y la posibilidad de reutilización del suelo tratado. Como desventaja, requiere el tratamiento posterior de las aguas utilizadas, lo que puede implicar costos elevados. Oxidación química <i>in situ</i>: Consiste en la aplicación de agentes oxidantes para degradar los HTP. No se considera viable en este caso debido a sus altos costos y al riesgo de generar subproductos más tóxicos o móviles que los contaminantes originales, especialmente cuando existe un monitoreo insuficiente o una dosificación inadecuada. Separación de fase líquida y biorremediación: Se plantea la separación inicial de la fase líquida, seguida de la biorremediación de los suelos contaminados. Posteriormente, se prevé la disposición final en un relleno de seguridad a construir. Para el cálculo de distancias, se considera como ubicación plausible la cantera CP-8 o la cantera Los Chorrillos, dado que cumple con los requisitos mínimos para la instalación de un relleno de seguridad. Incineración de suelos: Este método consiste en la combustión controlada del material contaminado a altas temperaturas para eliminar los hidrocarburos presentes. No se recomienda su aplicación, ya que además de generar

FICHA N.º 18 - Pileta de emergencia

Técnica seleccionada

emisiones atmosféricas con impacto ambiental, no garantiza el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos por la autoridad competente.

Se propone la implementación de un proceso de biorremediación del suelo contaminado, seguido de su disposición final en un relleno de seguridad debidamente autorizado. Esta alternativa garantiza una gestión controlada y conforme a la normativa aplicable, asegurando la correcta disposición del material tratado. Asimismo, con base en experiencias previas, permite evitar demoras asociadas a la disposición in situ cuando los parámetros de calidad del suelo no cumplen con los requerimientos establecidos por la autoridad competente.

Estimación de presupuesto

Pileta de emergencia				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Estudios preliminares	1	unidad	USD15.000,00	USD15.000,00
Separación de feses y tratamiento fase líquida	600	m3	USD42,00	USD25.200,00
Costo transporte a Repositorio*	480	m3	USD6,35	USD3.047,39
Biorremediación fracción sólida	480	m3	USD76,00	USD36.480,00
Transporte a Relleno de seguridad**	840	m3	USD145,11	USD121.895,78
Disposición final	840	m3	USD35,00	USD29.400,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	670	m2	USD26	USD17.420
Costo				USD248.443,17
Consideración de clima	10	%		USD24.844,32
Coordinación y apoyo	5	%		USD12.422,16
Evaluación final y limpieza	3	%		USD7.453,30
Costo total				USD293.162,94
**Se considera un coeficiente de esponjamiento de 1,4				
*Se considera disposición final en relleno de seguridad a aprox. 105km del lugar				

Costo total estimado

USD 293.162,94



FICHA N.º 19 - Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Pileta con residuos sólidos
Pasivo ambiental	Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118
Ubicación	 -53.514538, -68.053563
Estado actual del pasivo	En el pozo LV-118, inactivo desde 2023, se identificaron dos piletas de emergencia llenas de agua de lluvia y con suelos contaminados. Ambas presentan geomembranas deterioradas con roturas visibles y dimensiones aproximadas de 25 m x 25 m, totalizando una superficie de aproximadamente 625 m².
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Biopilas <i>in situ</i> y disposición en el mismo predio: La alternativa más común en la zona consiste en la conformación de biopilas <i>in situ</i> y la posterior disposición de los suelos tratados en el mismo predio. Si bien esta opción presenta ventajas económicas, experiencias previas han demostrado que la disposición final puede verse bloqueada cuando los suelos no alcanzan los niveles requeridos para ser considerados aptos como suelos agrícolas, según lo establecido por la autoridad competente. Soil Washing: Este método emplea surfactantes para remover los hidrocarburos presentes en el suelo. Entre sus ventajas se destaca la alta eficiencia en la recuperación de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y la posibilidad de reutilización del suelo tratado. Como desventaja, requiere el tratamiento posterior de las aguas utilizadas, lo que puede implicar costos elevados. Oxidación química <i>in situ</i>: Consiste en la aplicación de agentes oxidantes para degradar los HTP. No se considera viable en este caso debido a sus altos costos y al riesgo de generar subproductos más tóxicos o móviles que los contaminantes originales, especialmente cuando existe un monitoreo insuficiente o una dosificación inadecuada. Separación de fase líquida y biorremediación: Se plantea la separación inicial de la fase líquida, seguida de la biorremediación de los suelos contaminados. Posteriormente, se prevé la disposición final en un relleno de seguridad a construir. Para el cálculo de distancias, se considera como ubicación plausible la cantera CP-8 o la cantera Los Chorrillos, dado que cumple con los requisitos mínimos para la instalación de un relleno de seguridad. Incineración de suelos: Este método consiste en la combustión controlada del material contaminado a altas temperaturas para eliminar los hidrocarburos

FICHA N.º 19 - Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118

Técnica seleccionada

presentes. No se recomienda su aplicación, ya que además de generar emisiones atmosféricas con impacto ambiental, no garantiza el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos por la autoridad competente.

Se propone la implementación de un proceso de biorremediación del suelo contaminado, seguido de su disposición final en un relleno de seguridad debidamente autorizado. Esta alternativa garantiza una gestión controlada y conforme a la normativa aplicable, asegurando la correcta disposición del material tratado. Asimismo, con base en experiencias previas, permite evitar demoras asociadas a la disposición in situ cuando los parámetros de calidad del suelo no cumplen con los requerimientos establecidos por la autoridad competente.

Estimación de presupuesto

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Estudios preliminares	1	unidad	USD5.000,00	USD5.000,00
Trabajos de remoción de sólidos en pileta SS	937,5	m3	USD42,00	USD39.375,00
Costo transporte a Repositorio*	1312,5	m3	USD4,84	USD6.348,74
Biorremediación fracción sólida	1312,5	m3	USD76,00	USD99.750,00
Transporte a Relleno de seguridad**	1312,5	m3	USD0,60	USD793,59
Disposición final	1312,5	m3	USD35,00	USD45.937,50
Nivelación y Remedación de terreno natural	700	m2	USD26,00	USD18.200,00
Costo				USD215.404,83
Consideración de clima	10	%		USD21.540,48
Coordinación y apoyo	5	%		USD10.770,24
Evaluación final y limpieza	3	%		USD6.462,14
Costo total				USD254.177,70

**Se considera un coeficiente de esponjamiento de 1,4

*Se considera tratamiento en el Relleno de seguridad situado aproximadamente a 80km del sitio

Costo total estimado

USD 254.177,70



FICHA N.º 19 - Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118



FICHA N.º 19 - Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118



FICHA N.º 20 - Pileta API en la Planta Río Cullen

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Río Cullen
Tipo de pasivo ambiental	Equipamiento en desuso
Pasivo ambiental	Pileta API en la Planta Río Cullen
Ubicación	 -52.904120, -68.477814
Estado actual del pasivo	En la ubicación se localiza una pileta de emergencia API, actualmente fuera de servicio, la misma se encuentra descubierta colmatada de agua de lluvia. Durante la visita se observaron marcas de petróleo adheridas a las paredes

FICHA N.º 20 - Pileta API en la Planta Río Cullen

Aclaraciones

Opciones de remediación

internas, lo que indicaría que fue utilizada en algún momento, durante las operaciones de tratamiento.

Una pileta API es una estructura de contención diseñada conforme a las normas del *American Petroleum Institute* (API), utilizada para manejar efluentes y prevenir desbordes de tanques de almacenamiento. Su función principal es actuar como sistema de seguridad ambiental, captando derrames, separando hidrocarburos y evitando la contaminación.

En este caso, se trata de una pileta de contención frente a derrames accidentales. Ante la posibilidad de fallas de estanqueidad y considerando antecedentes de incidentes, resulta necesario verificar la presencia de FLNA en el suelo mediante la instalación de freáticos aguas arriba y aguas abajo del sector. La observación de marcas de hidrocarburos refuerza la pertinencia de este monitoreo.

Dado que la función principal de la pileta es la contención, y no se han registrado comentarios in situ sobre problemas de filtraciones, no se contempla en el cálculo la remediación de una potencial contaminación con FLNA.

En ausencia de indicios de FLNA, el procedimiento recomendado es la demolición de la pileta y la disposición de los escombros en rellenos de seguridad, considerando la posible presencia de hidrocarburos en los materiales.

Técnica seleccionada

Monitoreo mediante freáticos, demolición y disposición final en relleno de seguridad.

Estimación de presupuesto

Pileta API				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Estudios preliminares	3	unidad	USD5.000,00	USD15.000,00
Demolición de estructura	113,1	m3	USD42,00	USD4.750,20
Costo transporte a Relleno de Seguridad	271,44	ton	USD0,64	USD175,07
Disposición final	271,44	ton	USD25,00	USD6.786,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	300	m2	USD26,00	USD7.800,00
Costo				USD34.511,27
Consideración de clima	10	%		USD3.451,13
Coordinación y apoyo	5	%		USD1.725,56
Evaluación final y limpieza	3	%		USD1.035,34
Costo total				USD40.723,29
*Se considera tratamiento en el Repositorio a 10km				

Costo total estimado

USD 40.723,29

FICHA N.º 20 - Pileta API en la Planta Río Cullen



FICHA N.º 21 - Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Río Cullen
Tipo de pasivo ambiental	Pileta con residuos sólidos
Pasivo ambiental	Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen
Ubicación	 -52.905001, -68.476406
Estado actual del pasivo	Se identificó una pileta de emergencia revestida con geomembrana deteriorada en varios sectores del perímetro, colmatada con líquido y sobrenadante. Cuenta con malla antifauna y cerramiento perimetral mediante alambrado. Las dimensiones de la pileta son 35 x 20, y se estima una profundidad de 1,5 m.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Biopilas <i>in situ</i> y disposición en el mismo predio: La alternativa más común en la zona consiste en la conformación de biopilas <i>in situ</i> y la posterior disposición de los suelos tratados en el mismo predio. Si bien esta opción presenta ventajas económicas, experiencias previas han demostrado que la disposición final puede verse bloqueada cuando los suelos no alcanzan los niveles requeridos para ser considerados aptos como suelos agrícolas, según lo establecido por la autoridad competente. Soil Washing: Este método emplea surfactantes para remover los hidrocarburos presentes en el suelo. Entre sus ventajas se destaca la alta eficiencia en la recuperación de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y la posibilidad de reutilización del suelo tratado. Como desventaja, requiere el tratamiento posterior de las aguas utilizadas, lo que puede implicar costos elevados. Oxidación química <i>in situ</i>: Consiste en la aplicación de agentes oxidantes para degradar los HTP. No se considera viable en este caso debido a sus altos costos y al riesgo de generar subproductos más tóxicos o móviles que los contaminantes originales, especialmente cuando existe un monitoreo insuficiente o una dosificación inadecuada. Separación de fase líquida y biorremediación: Se plantea la separación inicial de la fase líquida, seguida de la biorremediación de los suelos contaminados. Posteriormente, se prevé la disposición final en un relleno de seguridad a construir. Para el cálculo de distancias, se considera como ubicación plausible la cantera CP-8 o la cantera Los Chorrillos, dado que cumple con los requisitos mínimos para la instalación de un relleno de seguridad. Incineración de suelos: Este método consiste en la combustión controlada del material contaminado a altas temperaturas para eliminar los hidrocarburos

FICHA N.º 21 - Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen

Técnica seleccionada

presentes. No se recomienda su aplicación, ya que además de generar emisiones atmosféricas con impacto ambiental, no garantiza el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos por la autoridad competente.

Se propone la implementación de un proceso de biorremediación del suelo contaminado, seguido de su disposición final en un relleno de seguridad debidamente autorizado. Esta alternativa garantiza una gestión controlada y conforme a la normativa aplicable, asegurando la correcta disposición del material tratado. Asimismo, con base en experiencias previas, permite evitar demoras asociadas a la disposición in situ cuando los parámetros de calidad del suelo no cumplen con los requerimientos establecidos por la autoridad competente.

Estimación de presupuesto

Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Estudios preliminares	3	unidad	USD5.000,00	USD15.000,00
Trebojes de remoción de sólidos en pileta SS	1050	m3	USD42,00	USD44.100,00
Costo transporte a Repositorio*	1470	m3	USD0,60	USD888,82
Biorremediación fracción sólida	1470	m3	USD76,00	USD111.720,00
Transporte a Relleno de seguridad**	1470	m3	USD145,11	USD213.317,61
Disposición final	1323	m3	USD35,00	USD46.305,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	805	m2	USD26,00	USD20.930,00
Costo				USD452.261,43
Consideración de clima	10	%		USD45.226,14
Coordinación y apoyo	5	%		USD22.613,07
Evaluación final y limpieza	3	%		USD13.567,84
Costo total				USD533.668,49
**Se considera un coeficiente de esponjamiento de 1,4				
*Se considera disposición final en relleno de seguridad a aprox. 10km				

Costo total estimado

USD 533.668,49



FICHA N.º 21 - Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen



FICHA N.º 22 - 23 - 24 - Pozos abandonados en Angostura CA-14, Río Cullen, Las Violetas

Operadora	ROCH S.A.
Área de concesión	Angostura CA-14, Río Cullen, Las Violetas
Tipo de pasivo ambiental	Pozos abandonados
Pasivo ambiental	Pozos abandonados
Ubicación	📍 Varias
Estado actual del pasivo	143 pozos abandonados, por abandonar o en abandono temporario.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	El abandono de pozos comprende un conjunto de tareas que deben ser ejecutadas por empresas especializadas y acompañadas por acciones de mantenimiento y verificación en el tiempo. El alcance específico de estas actividades varía según la complejidad del emplazamiento y las condiciones del pozo, y debe desarrollarse bajo criterios de responsabilidad ambiental, procurando minimizar impactos sobre el entorno. En términos generales, el proceso incluye la evaluación del estado e integridad de la infraestructura a abandonar, la colocación de cementaciones en el tramo inferior, intermedio y superior del pozo para asegurar el aislamiento de las formaciones, la instalación de válvulas o dispositivos de medición y control de presión, el cercado perimetral, la colocación de cartelera de seguridad y la revegetación del área intervenida como parte del cierre y restauración del sitio.
Técnica seleccionada	En relación con la estimación de costos, existe abundante bibliografía (principalmente para Estados Unidos) que analiza valores de desmantelamiento y remediación de pozos abandonados a partir de contratos ejecutados por agencias gubernamentales. Los rangos reportados presentan una alta dispersión, atribuible a diferencias metodológicas, variabilidad de condiciones locales, accesibilidad, profundidad, estado del pozo y exigencias regulatorias; en ese marco, se identifican referencias que ubican los costos entre 100.000 y 700.000 USD por pozo. Para este trabajo se adopta un criterio de valor representativo basado en promedios, tomando como referencia el estudio de Thompson, que reporta un costo promedio de desmantelamiento y remediación de USD 76.000 (julio de 2014). Dicho valor se actualizó a septiembre de 2025 mediante el índice del <i>U.S. Bureau of Labor Statistics</i> , obteniéndose un monto equivalente de USD 90.230,78. Se selecciona este indicador por reflejar un promedio de costos de sellado en distintos estados, reduciendo la influencia de particularidades locales sobre el valor adoptado.

FICHA N.º 22 - 23 - 24 - Pozos abandonados en Angostura CA-14, Río Cullen, Las Violetas

Estimación de presupuesto

Concesión: Las Violetas

Cantidad de pozos inactivos:	24
Cantidad de pozos con abandono definitivo:	58
Costo de sellado por pozo:	USD 90.230,78
Costo total:	USD 7.398.923,96

Concesión: Río Cullen

Cantidad de pozos inactivos:	5
Cantidad de pozos con abandono definitivo:	34
Costo de sellado por pozo:	USD 90.230,78
Costo total:	USD 3.519.000,42

Concesión: Angostura CA - 14

Cantidad de pozos inactivos:	9
Cantidad de pozos con abandono definitivo:	13
Costo de sellado por pozo:	USD 90.230,78
Costo total:	USD 1.985.077,16

Costo total estimado

Las Violetas = USD 7.398.923,96
 Río Cullen = USD 3.519.000,42
 Angostura CA - 14 = USD 1.985.077,16

FICHA N.º 25 - Repositorio en Planta Río Cullen

Operadora	TOTAL AUSTRAL
Área de concesión	Cuenca Marina Austral 1
Tipo de pasivo ambiental	Suelos contaminados
Pasivo ambiental	Repositorio en Planta Río Cullen
Ubicación	 -52.903271,-68.349152
Estado actual del pasivo	En la Planta Río Cullen se identificaron biopilas longitudinales paralelas: 3 en tratamiento y 1 activa que recibe suelos contaminados, totalizando unas 4.600 toneladas. Las biopilas miden aproximadamente 10 x 4 x 100 m (ancho x alto x largo); la activa tiene 65 m de largo y 3 m de profundidad.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	De acuerdo a lo informado, estas pilas llevan varios años en el lugar, por lo que se pueden resumir los métodos más comunes a los siguientes: Biopilas / Biorremediación: degradación de hidrocarburos mediante microorganismos, con control de oxígeno, humedad y nutrientes. Fitorremediación: uso de plantas para absorber, transformar o estabilizar contaminantes en el suelo. Lavado de suelos: separación de contaminantes mediante soluciones acuosas o surfactantes, con tratamiento posterior de efluentes. Solidificación / Estabilización: inmovilización de contaminantes agregando agentes como cemento o polímeros. Extracción de vapores del suelo (SVE): remoción de compuestos volátiles mediante sistemas de vacío y ventilación (se considera que por la antigüedad de las pilas, no sería un método adecuado). Excavación y disposición en rellenos de seguridad: retiro físico del suelo contaminado y confinamiento seguro en instalaciones controladas,
Técnica seleccionada	Se recomienda un primer tratamiento con biopilas para poder degradar los hidrocarburos que pudieran quedar en las pilas, y luego verificar el contenido de metales pesados en los suelos. En el caso de que hubiera concentraciones no alineadas con los requerimientos de la Autoridad de Aplicación, se deberá disponer de los mismos en un relleno de seguridad. Debido a que en las experiencias anteriores se han presentado concentraciones de metales pesados superiores a lo requerido, se considera oportuno la disposición en un relleno de seguridad.

FICHA N.º 25 - Repositorio en Planta Río Cullen

Estimación de presupuesto

Repositorio en Planta Río Cullen Total				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Caracterización del suelo	4600	m3	USD7,00	USD32.200,00
Traslado de retropala + carga de camión	6440	m3	USD11,00	USD70.840,00
Costo transporte	6440	m3	USD4,53	USD29.204,20
Disposición final	6440	m3	USD35,00	USD225.400,00
Costo				USD357.644,20
Consideración de clima	10	%		USD35.764,42
Coordinación y apoyo	5	%		USD17.882,21
Evaluación final y limpieza	3	%		USD10.729,33
Costo total				USD422.020,15
Se considera un coeficiente de esponjamiento de 0,4				
Se considera traslado a un relleno de seguridad a 15km de distancia				

Costo total estimado

USD 422.020,15



FICHA N.º 26 - Cantera CA-8

Operadora	TOTAL AUSTRAL
Área de concesión	Cuenca Marina Austral 1
Tipo de pasivo ambiental	Pérdida de cobertura vegetal y suelo
Pasivo ambiental	Cantera CA-8
Ubicación	 -52.7237384,-68.5660748
Estado actual del pasivo	Se identificó la Cantera CA-8, ubicada en la zona de Cañadón Alfa, la misma corresponde a un sitio de terreno impactado que presenta signos de alteración morfológica. Se detectó la presencia de un rezago metálico enterrado en las inmediaciones, cuya antigüedad supera los 10 años. La superficie aproximada de terreno impactado es de 14 ha.
Aclaraciones	
Opciones de remediación	El terreno ha sido explotado como cantera durante muchos años, lo que ha generado una superficie actualmente desprovista de cobertura vegetal y con evidentes signos de alteración morfológica. Frente a esta situación, la literatura técnica y la práctica internacional reconocen una amplia variedad de métodos de remediación de canteras, orientados a restituir la funcionalidad ambiental y social de los predios. Entre las alternativas más frecuentes se destacan la refuncionalización para usos de disposición final de residuos en condiciones controladas, la reconversión en áreas recreativas y de esparcimiento, así como la creación de espejos de agua que permitan integrar el sitio al paisaje circundante y favorecer procesos de restauración ecológica.
Técnica seleccionada	Dado que el sector no corresponde a un área con alta densidad poblacional ni presenta una demanda importante de espacios de esparcimiento, la estrategia más adecuada de remediación consiste en la recomposición de la cobertura vegetal. Este enfoque permite restablecer las condiciones originales del medio y favorecer la recuperación de los procesos ecológicos, asegurando la estabilidad del suelo y la integración del área al paisaje natural. La revegetación cumple un rol esencial en la restitución de la función protectora del suelo, ya que reduce la erosión, mejora la infiltración de agua y contribuye a la regulación hídrica. Al mismo tiempo, la incorporación de especies nativas adaptadas al ecosistema local favorece la biodiversidad y garantiza la resiliencia frente a condiciones climáticas variables. La restauración vegetal también puede desempeñar un papel relevante en la mitigación de impactos residuales de hidrocarburos u otros contaminantes, ya que ciertas especies actúan como bioindicadores y, en algunos casos, facilitan procesos de fitorremediación. De este modo, la recomposición no sólo

FICHA N.º 26 - Cantera CA-8

Estimación de presupuesto

responde a criterios de restauración ambiental, sino que también constituye una medida preventiva frente a futuros riesgos de degradación. En conjunto, estas acciones aseguran la sostenibilidad del sitio a largo plazo y refuerzan el compromiso institucional con la gestión responsable del territorio.

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Remoción y disposición final de residuos metálicos	50	ton	USD250	USD12.500
Nivelación y Remediación de terreno natural	140000	m2	USD26	USD3.640.000
Costo				USD3.640.000,00
Consideración de clima	10	%		USD364.000,00
Coordinación y apoyo	5	%		USD182.000,00
Evaluación final y limpieza	3	%		USD109.200,00
Costo total				USD4.295.200,00
No se cuenta con información de la cantidad exacta de chatarra enterrada, se estima una cantidad de referencia de 50 toneladas.				

Costo total estimado

USD 4.295.200



FICHA N.º 26 - Cantera CA-8



FICHA N.º 27 - Cenizas de residuos

Operadora	TOTAL AUSTRAL																														
Área de concesión	Río Cullen																														
Tipo de pasivo ambiental	Suelos contaminados																														
Pasivo ambiental	Cenizas de residuos																														
Ubicación	 -52.900208, -68.360641																														
Estado actual del pasivo	Dentro de la planta de Total Austral, se encuentra en funcionamiento un horno pirolítico para la incineración de residuos. Según se informó, se incineran todo residuos domiciliarios y peligrosos, generando un estimado de 160 tambores de 200 L en un periodo de 18 meses. Estos tambores actualmente se encuentran enterrados de forma contigua al predio donde se emplaza el horno. Estas fosas son reforestadas con vegetación, pero no se realizan monitoreos para evaluar su progresión en el tiempo.																														
Aclaraciones	Al momento de la visita, la operadora no permitió tomar fotografías.																														
Opciones de remediación	Dado que se trata de cenizas provenientes de un proceso pirolítico, se entiende que el material ya ha atravesado un tratamiento térmico que reduce su carga orgánica y potencial de reactividad. En consecuencia, la alternativa más adecuada es su disposición final controlada, bajo condiciones de seguridad ambiental y normativa vigente, evitando prácticas de enterramiento sin control que podrían generar riesgos de lixiviación o dispersión de contaminantes. La disposición controlada permite asegurar la trazabilidad del residuo, minimizar impactos sobre el suelo y las aguas subterráneas, y garantizar que el material sea confinado en sitios habilitados para este tipo de residuos. De este modo, se cumple con los principios de gestión responsable y se previenen pasivos ambientales futuros, integrando la operación dentro de un marco de sustentabilidad y cumplimiento regulatorio.																														
Técnica seleccionada	Disposición final controlada en relleno de seguridad.																														
Estimación de presupuesto	<table><tr><th colspan="5">Cenizas de Residuos Planta Total Austral</th></tr><tr><th></th><th>Cantidad</th><th>unidad</th><th>Precio unitario</th><th>costo total</th></tr><tr><td>Transporte a Relleno de seguridad</td><td>32</td><td>m3</td><td>USD14,51</td><td>USD464,36</td></tr><tr><td>Disposición final</td><td>455</td><td>m3</td><td>USD25,00</td><td>USD11.375,00</td></tr><tr><td>Costo total</td><td></td><td></td><td></td><td>USD11.839,36</td></tr><tr><td colspan="5">Se considera disposición final en Relleno de Seguridad a 15km del sitio</td></tr></table>	Cenizas de Residuos Planta Total Austral						Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total	Transporte a Relleno de seguridad	32	m3	USD14,51	USD464,36	Disposición final	455	m3	USD25,00	USD11.375,00	Costo total				USD11.839,36	Se considera disposición final en Relleno de Seguridad a 15km del sitio				
Cenizas de Residuos Planta Total Austral																															
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total																											
Transporte a Relleno de seguridad	32	m3	USD14,51	USD464,36																											
Disposición final	455	m3	USD25,00	USD11.375,00																											
Costo total				USD11.839,36																											
Se considera disposición final en Relleno de Seguridad a 15km del sitio																															
Costo total estimado	USD 11.839,36																														

FICHA N.º 27 - Cenizas de residuos



FICHA N.º 28 - Entierro de residuos con metodología "MERSOB"

Operadora	TOTAL AUSTRAL
Área de concesión	Cuenca Marina Austral 1
Tipo de pasivo ambiental	Suelos contaminados
Pasivo ambiental	Entierro de residuos con metodología "MERSOB"
Ubicación	 -52.740784,-68.586024
Estado actual del pasivo	Se indicó que se utilizó la metodología "MERSOB", que consiste en la inclusión de filtros con metales pesados dentro de sarcófago de hormigón, diseñado para aislar los materiales del entorno y minimizar el riesgo de migración de los contaminantes hacia el suelo. Según lo informado, el mismo se encuentra enterrado en el "Centro Ecológico Cañadón Alfa" con una profundidad aproximada de 1.5 metros.
Aclaraciones	Al momento de la visita, la operadora no permitió la toma de fotografías dentro del predio.
Opciones de remediación	Se considera que se le ha dado disposición final, por lo que se incluye en este listado a los efectos de inventario. Se recomienda el seguimiento del estado de este con mediciones de contaminantes periódicas, pero no se requieren acciones adicionales.
Técnica seleccionada	-
Estimación de presupuesto	-
Costo total estimado	-

FICHA N.º 28 - Entierro de residuos con metodología “MERSOB”



FICHA N.º 29 - Monoboya Terminal Marítima

Operadora	TOTAL AUSTRAL
Área de concesión	Fuera de concesión
Tipo de pasivo ambiental	Equipamiento en desuso
Pasivo ambiental	Monoboya - Terminal Marítima
Ubicación	 -53.25027,-68.33288
Estado actual del pasivo	Se localizó la monoboya del tipo “<i>Single Point Mooring</i>” (o SPM) en la Bahía de San Sebastián, actualmente fuera de operación y vacía. Este sistema flotante, antes utilizado para carga de hidrocarburos a buques tanque, presenta las siguientes características principales: peso 137 t, diámetro giratorio 10,20 m, pollera 13,87 m, altura 8 m, calado máximo 3,10 m y sin lastre 1,87 m. El fondeo incluye dos cadenas de 100 m (76 mm de diámetro) con anclas Stevpris (6 t) y Bruce (6,5 t), dispuestas según la corriente de marea. Cuenta con pantalla reflectora de radar. Es importante destacar que la misma se encuentra simplemente fondeada en el sitio, sin conexiones a ninguna planta.
Aclaraciones	La remoción de la monoboya constituye un pasivo ambiental de alta complejidad técnica, por lo que se recomienda realizar un estudio previo específico para planificar el desmantelamiento de forma segura para el personal y el ambiente. No se ha tenido contacto con la infraestructura, por lo que se requiere una inspección específica para poder determinar el estado de esta en materia de estado de válvulas, sellos y contaminación con HTP.
Opciones de remediación	Entre los principales métodos de remediación aplicables a este tipo de infraestructura, y considerando que la monoboya se encuentra únicamente fondeada en el sitio sin conexión operativa, pueden contemplarse diversas alternativas de gestión. Una primera opción consiste en el traslado, reparación y eventual puesta en funcionamiento en otra locación, lo que permitiría aprovechar la estructura existente, prolongar su vida útil y reducir la generación de residuos, siempre que las condiciones técnicas y regulatorias lo permitan. Otra alternativa es el hundimiento controlado de la monoboya para su utilización como basamento artificial, favoreciendo la implantación de corales y el desarrollo de fauna marina. Esta práctica, conocida como creación de arrecifes artificiales, ha sido aplicada en distintos contextos internacionales como estrategia de restauración ecológica y diversificación de hábitats,

FICHA N.º 29 - Monoboya Terminal Marítima

Técnica seleccionada

aunque requiere estudios previos de impacto ambiental y autorización específica de las autoridades marítimas.

Finalmente, se contempla el remolque de la estructura hacia un astillero o planta de tratamiento para su desguace y recuperación de metales como chatarra (*scrap*). Este procedimiento asegura la disposición final controlada de los materiales, permite su reinserción en cadenas de reciclaje y minimiza la posibilidad de contaminación en el área de fondeo.

Debido al desconocimiento del estado de esta, se la considera como fuera de servicio, y a los efectos del cómputo se considera la disposición final de la misma.

Estimación de presupuesto

Remoción de la monoboya				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Movilización de buque de apoyo	1	movilización	USD35.000,00	USD35.000,00
Movilización de buque manejo de ancla (AHV)	1	movilización	USD97.992,00	USD97.992,00
Desconexión de cadenas del sistema de anclaje	6	horas	USD16.000,00	USD96.000,00
Trabajos de desconexión de anclajes y carga en el AHV	6	horas	USD18.000,00	USD108.000,00
Aseguramiento de la monoboya al buque remolcador	2	horas	USD14.000,00	USD28.000,00
Remolque de la monoboya a la costa	2	horas	USD6.000,00	USD12.000,00
Desmovilización de AHV a lugar de descarga	1	movilización	USD97.992,00	USD97.992,00
Desmantelamiento onshore para traslado	18	horas	USD1.200,00	USD21.600,00
Traslado y disposición final de la monoboya	137	toneladas	USD700,00	USD95.900,00
Traslado y disposición final de las cadenas de anclaje	13	toneladas	USD600,00	USD7.800,00
Desmovilización de buques remolque	1	movilización	USD35.000,00	USD35.000,00
Costo				USD600.284,00
Consideración de clima	15	%		USD90.042,60
Coordinación y apoyo	5	%		USD30.014,20
Evaluación final y limpieza	3	%		USD18.008,52
Costo total				USD738.349,32

Costo total estimado

USD 738.349,32

FICHA N.º 29 - Monoboya Terminal Marítima



FICHA N.º 30 - Acopio de chatarra Planta Río Cullen

Operadora	TOTAL AUSTRAL
Área de concesión	Río Cullen
Tipo de pasivo ambiental	Acopio de Residuos
Pasivo ambiental	Acopio de chatarra - Planta Río Cullen
Ubicación	 -52.903731, -68.360459
Estado actual del pasivo	En la ubicación se encuentra el depósito de residuos ferrosos y no-ferrosos "Centro Ecológico Río Cullen", con una afectación de suelo de aproximadamente 13.500 m². Durante la visita, se verificó la presencia de maquinarias y equipamientos antiguos y en desuso, pallets de madera, cubetas sucias y rotas con restos de aceites, cables, baterías, luminarias, tachos con restos de pintura, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, tubos y caños de plástico, entre otros. En sectores adyacentes se informó el enterramiento de pallets de madera enterrados detrás del horno pirolítico.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Limpieza/descontaminación previa: lavado con desengrasantes/biodegradables, vapor a presión o técnicas criogénicas para remover contaminantes superficiales y habilitar el reciclaje. Descontaminación térmica: aplicación de calor para volatilizar hidrocarburos adheridos, con captura y tratamiento de vapores (más costosa en energía). Ultrasonido: ondas en medio líquido que desprenden aceites y grasas; muy útil en piezas complejas y reduce uso de solventes. Electroflotación: microburbujas generadas eléctricamente separan aceites/emulsiones, especialmente en aguas de lavado. Reciclaje directo: envío de la fracción no contaminada a plantas habilitadas sin tratamiento previo. Solidificación/estabilización: mezcla con cemento o cal para inmovilizar contaminantes y reducir lixiviación (se pierde valor recuperable). Relleno de seguridad: disposición final para fracción no recuperable o altamente contaminada. Revestimiento temporal: recubrimientos poliméricos/anticorrosivos para reducir lixiviación y dispersión durante acopio o transporte.
Técnica seleccionada	En función de las condiciones locales de la Provincia de Tierra del Fuego y la logística asociada al traslado al continente, se adopta un esquema mixto de gestión y remediación que combina valorización de materiales y control ambiental. La técnica contempla la clasificación inicial de la chatarra en campo

FICHA N.º 30 - Acopio de chatarra Planta Río Cullen

según su grado de contaminación, separando la fracción apta para reciclaje directo de aquella con presencia de hidrocarburos/aceites. Posteriormente se realiza la compactación de la chatarra y carga de camiones para optimizar volúmenes y reducir costos de transporte. La fracción contaminada estimada ($\approx 20\%$) se somete a limpieza y descontaminación previa mediante métodos adecuados (por ejemplo, lavado con agentes biodegradables/desengrasantes y/o vapor a presión), de modo de remover contaminantes superficiales y permitir su gestión segura y eventual incorporación al circuito de reciclaje. A continuación, se ejecuta el transporte a planta receptoras, con trazabilidad y segregación según condición del material; la fracción que no resulte recuperable por contaminación persistente se deriva a disposición final en relleno de seguridad conforme a normativa aplicable. Finalmente, se realiza la nivelación y remediación del terreno natural en el área de acopio, incluyendo limpieza del sector y tratamiento puntual del suelo en caso de evidencias de afectación, a fin de restituir condiciones estables y compatibles con el entorno. Este enfoque permite minimizar riesgos ambientales, optimizar la recuperación de recursos metálicos y reducir los volúmenes destinados a disposición final.

Estimación de presupuesto

	Cantidad	Unidad	costo unitario	Costo total
Compactación de chatarra y carga de camiones	3329,83	toneladas	USD60	USD199.790
Limpieza de chatarra contaminada (20%)	665,97	toneladas	USD80	USD53.277
Transporte a Planta recicladora	3329,83	toneladas	USD139	USD463.071
Nivelación y Remediación de terreno natural	2681,80	m2	USD26	USD69.727
Costo gestión residuos				USD785.865
Logística y permisos	5	%		USD39.293
Evaluación final y limpieza	3	%		USD23.576
Costo total				USD848.734

Costo total estimado

USD 848.734,00



FICHA N.º 30 - Acopio de chatarra Planta Río Cullen



FICHA N.º 30 - Acopio de chatarra Planta Río Cullen



FICHA N.º 31 - Acopio de chatarra Cañadón Alfa

Operadora	TOTAL AUSTRAL
Área de concesión	Cuenca Marina Austral 1
Tipo de pasivo ambiental	Acopio de Residuos Ferrosos y No Ferrosos
Pasivo ambiental	Acopio de chatarra Cañadón Alfa
Ubicación	 -52.7412522,-68.5850851
Estado actual del pasivo	En el Centro Ecológico Cañadón Alfa se identificó un depósito de residuos ferrosos y no ferrosos con afectación de suelo de aproximadamente 3.500 m ² , donde se constató la presencia de maquinarias, materiales y equipamientos en desuso, además de bateas con residuos.
Aclaraciones	Al momento de la visita, la operadora no permitió la toma de fotografías dentro del predio.
Opciones de remediación	Limpieza/descontaminación previa: lavado con desengrasantes/biodegradables, vapor a presión o técnicas criogénicas para remover contaminantes superficiales y habilitar el reciclaje. Descontaminación térmica: aplicación de calor para volatilizar hidrocarburos adheridos, con captura y tratamiento de vapores (más costosa en energía). Ultrasonido: ondas en medio líquido que desprenden aceites y grasas; muy útil en piezas complejas y reduce uso de solventes. Electroflotación: microburbujas generadas eléctricamente separan aceites/emulsiones, especialmente en aguas de lavado. Reciclaje directo: envío de la fracción no contaminada a plantas habilitadas sin tratamiento previo. Solidificación/estabilización: mezcla con cemento o cal para inmovilizar contaminantes y reducir lixiviación (se pierde valor recuperable). Relleno de seguridad: disposición final para fracción no recuperable o altamente contaminada. Revestimiento temporal: recubrimientos poliméricos/anticorrosivos para reducir lixiviación y dispersión durante acopio o transporte.
Técnica seleccionada	En función de las condiciones locales de la Provincia de Tierra del Fuego y la logística asociada al traslado al continente, se adopta un esquema mixto de gestión y remediación que combina valorización de materiales y control ambiental. La técnica contempla la clasificación inicial de la chatarra en campo según su grado de contaminación, separando la fracción apta para reciclaje directo de aquella con presencia de hidrocarburos/aceites. Posteriormente se realiza la compactación de la chatarra y carga de camiones para optimizar volúmenes y reducir costos de transporte. La fracción contaminada estimada (≈20%) se somete a limpieza y descontaminación previa mediante métodos

FICHA N.º 31 - Acopio de chatarra Cañadón Alfa

adecuados (por ejemplo, lavado con agentes biodegradables/desengrasantes y/o vapor a presión), de modo de remover contaminantes superficiales y permitir su gestión segura y eventual incorporación al circuito de reciclaje. A continuación, se ejecuta el transporte a planta receptoras, con trazabilidad y segregación según condición del material; la fracción que no resulte recuperable por contaminación persistente se deriva a disposición final en relleno de seguridad conforme a normativa aplicable. Finalmente, se realiza la nivelación y remediación del terreno natural en el área de acopio, incluyendo limpieza del sector y tratamiento puntual del suelo en caso de evidencias de afectación, a fin de restituir condiciones estables y compatibles con el entorno. Este enfoque permite minimizar riesgos ambientales, optimizar la recuperación de recursos metálicos y reducir los volúmenes destinados a disposición final.

Estimación de presupuesto

	Cantidad	Unidad	costo unitario	Costo total
Compactación de chatarra y carga de camiones	3380,03	toneladas	USD60	USD202.802
Limpieza de chatarra contaminada (20%)	676,01	toneladas	USD80	USD54.080
Transporte a Planta recicladora	3380,03	toneladas	USD139	USD470.053
Nivelación y Remediación de terreno natural	3297,72	m2	USD26	USD85.741
Costo gestión residuos				USD812.675
Logística y permisos	5	%		USD40.634
Evaluación final y limpieza	3	%		USD24.380
Costo total				USD877.690

Costo total estimado

USD 877.690



FICHA N.º 31 - Acopio de chatarra Cañadón Alfa



FICHA N.º 32 - Pozos abandonados Cuenca Marina Austral 1

Operadora	TOTAL AUSTRAL
Área de concesión	Cuenca Marina Austral 1
Tipo de pasivo ambiental	Pozos abandonados
Pasivo ambiental	Pozos abandonados
Ubicación	varias
Estado actual del pasivo	142 pozos abandonados, o con abandono transitorio
Aclaraciones	Incluye pozos <i>off-shore</i> y <i>on-shore</i>
Opciones de remediación	El abandono de pozos comprende un conjunto de tareas que deben ser ejecutadas por empresas especializadas y acompañadas por acciones de mantenimiento y verificación en el tiempo. El alcance específico de estas actividades varía según la complejidad del emplazamiento y las condiciones del pozo, y debe desarrollarse bajo criterios de responsabilidad ambiental, procurando minimizar impactos sobre el entorno. En términos generales, el proceso incluye la evaluación del estado e integridad de la infraestructura a abandonar, la colocación de cementaciones en el tramo inferior, intermedio y superior del pozo para asegurar el aislamiento de las formaciones, la instalación de válvulas o dispositivos de medición y control de presión, el cercado perimetral, la colocación de cartelera de seguridad y la revegetación del área intervenida como parte del cierre y restauración del sitio.
Técnica seleccionada	En relación con la estimación de costos, existe abundante bibliografía (principalmente para Estados Unidos) que analiza valores de desmantelamiento y remediación de pozos abandonados a partir de contratos ejecutados por agencias gubernamentales. Los rangos reportados presentan una alta dispersión, atribuible a diferencias metodológicas, variabilidad de condiciones locales, accesibilidad, profundidad, estado del pozo y exigencias regulatorias; en ese marco, se identifican referencias que ubican los costos entre 100.000 y 700.000 USD por pozo. Para este trabajo se adopta un criterio de valor representativo basado en promedios, tomando como referencia el estudio de Thompson, que reporta un costo promedio de desmantelamiento y remediación de USD 76.000 (julio de 2014). Dicho valor se actualizó a septiembre de 2025 mediante el índice del <i>U.S. Bureau of Labor Statistics</i> , obteniéndose un monto equivalente de USD 90.230,78. Se selecciona este indicador por reflejar un promedio de costos de sellado en distintos estados, reduciendo la influencia de particularidades locales sobre el valor adoptado.

FICHA N.º 32 - Pozos abandonados Cuenca Marina Austral 1

Estimación de presupuesto

Concesión: Cuenca Marina Austral

Cantidad de pozos inactivos:	46
Cantidad de pozos con abandono definitivo:	96
Costo de sellado por pozo:	USD 90.230,78
Costo total:	USD 12.812.770,76

Costo total estimado

USD 12.812.770,76

FICHA N.º 33 - Planta ENAP Batería de recepción Tierra del Fuego (BRTF)

Operadora	ENAP (Santa María)
Área de concesión	Cuenca Marina Austral 1
Tipo de pasivo ambiental	Equipamiento en desuso
Pasivo ambiental	Planta ENAP - Batería de recepción Tierra del Fuego (BRTF)
Ubicación	 -52.6995229,-68.6046587
Estado actual del pasivo	En la ubicación indicada se encuentra la Batería de recepción Tierra del Fuego, operada antes por la empresa ENAP-SIPETROL y ahora Santa María. De acuerdo con la Agencia de Recaudación Fuegoquina, y tal como se verificó durante la visita, la planta actualmente se encuentra fuera de servicio desde el año 2010, por lo que la misma en su totalidad puede ser considerada como un pasivo ambiental en la actualidad.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Si bien, en términos teóricos, podría evaluarse la reutilización o transferencia de activos a un nuevo operador, la dinámica reciente del sector hidrocarburífero en Tierra del Fuego muestra una tendencia sostenida a la reducción de actividad, acentuada por la salida de actores relevantes y el consecuente descenso de operaciones asociadas. En este escenario, la continuidad operativa o reconversión de la planta no puede considerarse una opción robusta, ya que implicaría asumir inversiones significativas de rehabilitación, certificaciones, adecuación normativa y mantenimiento permanente, sin garantías razonables de demanda o sostenibilidad económica. La evidencia de abandono y deterioro general refuerza que la infraestructura ya no cumple su función y que prolongar su permanencia sólo incrementa la probabilidad de deterioro estructural. Asimismo, se descarta la alternativa de asignar valor residual a ciertos componentes o materiales, dado que el sitio presenta potencial presencia de remanentes contaminantes y residuos peligrosos, cuya gestión está condicionada por limitaciones logísticas y regulatorias.
Técnica seleccionada	Se selecciona la metodología de remoción física y desmantelamiento con gestión diferenciada de residuos para la planta debido a que, en el contexto actual, constituye la alternativa más viable y preventiva para eliminar el pasivo en su origen y reducir riesgos ambientales a mediano y largo plazo.

FICHA N.º 33 - Planta ENAP Batería de recepción Tierra del Fuego (BRTF)

Estimación de presupuesto

	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Movilización y desmovilización de grua 60 ton	2	Movilización	USD15.000,00	USD30.000,00
Desmantelamiento de tuberías e instalaciones accesorias	420	horas	USD600,00	USD252.000,00
Limpieza y disposición final de remanentes de tanque con Metales pesados	150	horas	USD2.500,00	USD375.000,00
Desmantelamiento de tanque	420	horas	USD800,00	USD336.000,00
Traslado y disposición final de chatarra	1100	toneladas	USD700,00	USD770.000,00
Nivelación y Remedación de terreno natural	140000	m2	USD26,00	USD3.640.000,00
Costo				USD5.403.000,00
Consideración de clima	15	%		USD810.450,00
Coordinación y apoyo	5	%		USD270.150,00
Evaluación final y limpieza	3	%		USD162.090,00
Costo total				USD6.645.690,00

Costo total estimado

USD 6.645.690,00



FICHA N.º 34 - Pileta de emergencia Planta ENAP

Operadora	ENAP (Santa María)
Área de concesión	Cuenca Marina Austral 1
Tipo de pasivo ambiental	Pileta con residuos sólidos
Pasivo ambiental	Pileta de emergencia en la Planta ENAP
Ubicación	 -52.700244, -68.602755
Estado actual del pasivo	Se identificó una pileta de emergencia de aproximadamente 3 m de profundidad, con geomembrana en buen estado y llena de agua de lluvia. Según lo informado, no ha sido utilizada.
Aclaraciones	-
Opciones de remediación	Biopilas <i>in situ</i> y disposición en el mismo predio: La alternativa más común en la zona consiste en la conformación de biopilas <i>in situ</i> y la posterior disposición de los suelos tratados en el mismo predio. Si bien esta opción presenta ventajas económicas, experiencias previas han demostrado que la disposición final puede verse bloqueada cuando los suelos no alcanzan los niveles requeridos para ser considerados aptos como suelos agrícolas, según lo establecido por la autoridad competente. Soil Washing: Este método emplea surfactantes para remover los hidrocarburos presentes en el suelo. Entre sus ventajas se destaca la alta eficiencia en la recuperación de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y la posibilidad de reutilización del suelo tratado. Como desventaja, requiere el tratamiento posterior de las aguas utilizadas, lo que puede implicar costos elevados. Oxidación química <i>in situ</i>: Consiste en la aplicación de agentes oxidantes para degradar los HTP. No se considera viable en este caso debido a sus altos costos y al riesgo de generar subproductos más tóxicos o móviles que los contaminantes originales, especialmente cuando existe un monitoreo insuficiente o una dosificación inadecuada. Separación de fase líquida y biorremediación: Se plantea la separación inicial de la fase líquida, seguida de la biorremediación de los suelos contaminados. Posteriormente, se prevé la disposición final en un relleno de seguridad a construir. Para el cálculo de distancias, se considera como ubicación plausible la cantera CP-8 o la cantera Los Chorrillos, dado que cumple con los requisitos mínimos para la instalación de un relleno de seguridad. Incineración de suelos: Este método consiste en la combustión controlada del material contaminado a altas temperaturas para eliminar los hidrocarburos presentes. No se recomienda su aplicación, ya que además de generar

FICHA N.º 34 - Pileta de emergencia Planta ENAP

Técnica seleccionada

emisiones atmosféricas con impacto ambiental, no garantiza el cumplimiento de los parámetros de calidad exigidos por la autoridad competente.

Se propone la implementación de un proceso de biorremediación del suelo contaminado, seguido de su disposición final en un relleno de seguridad debidamente autorizado. Esta alternativa garantiza una gestión controlada y conforme a la normativa aplicable, asegurando la correcta disposición del material tratado. Asimismo, con base en experiencias previas, permite evitar demoras asociadas a la disposición in situ cuando los parámetros de calidad del suelo no cumplen con los requerimientos establecidos por la autoridad competente.

Estimación de presupuesto

Pileta de emergencia en la Planta ENAP				
	Cantidad	unidad	Precio unitario	costo total
Estudios preliminares	1	unidad	USD5.000,00	USD5.000,00
Trabajos de remoción de sólidos en pileta SS	700	m3	USD42,00	USD29.400,00
Costo transporte a Repositorio*	980	m3	USD2,42	USD2.370,20
Biorremediación fracción sólida	980	m3	USD76,00	USD74.480,00
Transporte a Relleno de seguridad**	980	m3	USD0,00	USD0,00
Disposición final	980	m3	USD35,00	USD34.300,00
Nivelación y Remediación de terreno natural	1100	m2	USD26,00	USD28.600,00
Costo				USD174.150,20
Consideración de clima	10	%		USD17.415,02
Coordinación y apoyo	5	%		USD8.707,51
Evaluación final y limpieza	3	%		USD5.224,51
Costo total				USD205.497,23
**Se considera un coeficiente de esponjamiento de 1,4				
*Se considera disposición final en Relleno de Seguridad a aprox. 40km				

Costo total estimado

USD 205.497,23

FICHA N.º 34 - Pileta de emergencia Planta ENAP



FICHA N.º 34 - Pileta de emergencia Planta ENAP



Síntesis de costos estimados

Tabla 6. Resumen de la valorización de los pasivos ambientales - ROCH S.A.

Operadora	Concesión	Tipo de Pasivo	Pasivos identificados	Costo Total
ROCH S.A.	Las Violetas	Pozos abandonados	82 Pozos abandonados	USD 7.398.923,96
		Piletas con residuos sólidos	Pileta de emergencia	USD 293.162,94
			Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118	USD 254.177,70
		Presencia de FLNA	Presencia de FLNA Planta de Río Chico	USD 1.563.343,56
		Acopio de Residuos	TF -12 - Acumulación de chatarra	USD 1.176.925,80
		Equipamiento en desuso	BATERÍA SAC	USD 642.470,82
			BATERÍA LP - 1002	USD 157.041,48
			Batería LP - 105	USD 435.668,46
		Tanques abandonados	Tanque fuera de servicio	USD 164.205,00
		Cutting	Piletas con <i>cutting</i> en la locación del pozo LRX - 1001	USD 74.868,72
		Suelos contaminados	Repositorio y biopilas	USD 217.944,51
			Fosa de quema - Batería LP - 1002	USD 21.661,30
			Repositorio en Pileta	USD 128.936,52
Subtotal				USD 12.529.330,76
ROCH S.A.	Angostura CA - 14	Pozos abandonados	22 Pozos abandonados	USD 1.985.077,16
		Presencia de FLNA	Presencia de FLNA	USD 1.406.272,97
		Tanques abandonados	Tanque fuera de Servicio	USD 351.226,50
			Tanques fuera de uso	USD 581.155,32
		Cutting	Piletas con <i>cutting</i> en la locación del pozo SM - 1004	USD 169.641,27
		Suelos contaminados	Fosa de quema del pozo SM - 1004	USD 22.128,50

Operadora	Concesión	Tipo de Pasivo	Pasivos identificados	Costo Total
			Repositorio y biopilas	USD 217.944,51
Subtotal				USD 4.733.446,22
ROCH S.A.	Río Cullen	Pozos abandonados	39 Pozos abandonados	USD 3.519.000,42
		Pileta con residuos sólidos	Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen	USD 533.668,49
		Presencia de FLNA	Presencia de FLNA en Planta Río Cullen	USD 1.619.336,97
		Equipamiento en desuso	Pileta API	USD 40.723,29
			Equipamiento en desuso Planta Río Cullen	USD 2.210.556,00
Subtotal				USD 7.923.285,17
Subtotal remediación				USD 25.186.062,16
Costo de evaluación e Ingeniería (5% de los costos de remediación)				USD 1.259.303,11
Costo de Gerenciamiento de los proyectos (10% de los costos de remediación)				USD 2.518.606,22
Subtotal incluyendo costos de Ingeniería y Gestión de proyecto				USD 28.963.971,48
Costo financiero (3%)				USD 868.919,14
Costo total estimado				USD 29.832.890,63
Impuestos 25%				USD 7.458.222,66
Total ROCH S.A.				USD 37.291.113,29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Resumen de la valorización de los pasivos ambientales - TOTAL AUSTRAL S.A.

Operadora	Concesión	Tipo de Pasivo	Pasivos identificados	Costo Total
TOTAL AUSTRAL S.A.	Cuenca Marina Austral 1	Pozos abandonados	143 Pozos abandonados	USD 12.812.770,76
		Acopio de Residuos	Acopio de chatarra Cañadón Alfa	USD 877.689,53
		Pérdida de cobertura vegetal y suelo	Cantera CA-8	USD 4.295.200,00
		Suelos contaminados	Entierro de residuos con metodología "MERSOB"	USD 0,00
			Repositorio en Planta Río Cullen Total	USD 422.020,15
Subtotal				USD 18.407.680,44
TOTAL AUSTRAL S.A.	Río Cullen	Acopio de residuos	Acopio de chatarra Río Cullen	USD 848.733,86
		Suelos contaminados	Cenizas de Residuos Planta Total Austral	USD 11.839,36
Subtotal				USD 860.573,22
TOTAL AUSTRAL S.A.	Fuera de concesión	Equipamiento en desuso	Monoboya - Terminal Marina	USD 738.349,32
Subtotal				USD 738.349,32
Subtotal remediación				USD 20.006.602,98
Costo de evaluación e Ingeniería (5% de los costos de remediación)				USD 1.000.330,15
Costo de Gerenciamiento de los proyectos (10% de los costos de remediación)				USD 2.000.660,30
Subtotal incluyendo costos de Ingeniería y Gestión de proyecto				USD 23.007.593,43
Costo financiero (3%)				USD 690.227,80
Costo total estimado				USD 23.697.821,24
Impuestos 25%				USD 5.924.455,31
TOTAL TOTAL AUSTRAL				USD 29.622.276,54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Resumen de la valorización de los pasivos ambientales - ENAP.

Operadora	Concesión	Tipo de Pasivo	Pasivos identificados	Costo Total
ENAP (Santa María)	Cuenca Marina Austral 1	Pileta con residuos sólidos	Pileta de emergencia en la Planta ENAP	USD 205.497,23
		Equipamiento en desuso	Planta ENAP - Batería de recepción Tierra del Fuego (BRTF)	USD 6.645.690,00
Subtotal				USD 6.851.187,23
Subtotal remediación				USD 6.851.187,23
Costo de evaluación e Ingeniería (5% de los costos de remediación)				USD 342.559,36
Costo de Gerenciamiento de los proyectos (10% de los costos de remediación)				USD 685.118,72
Subtotal incluyendo costos de Ingeniería y Gestión de proyecto				USD 7.878.865,32
Costo financiero (3%)				USD 236.365,96
Costo total estimado				USD 8.115.231,27
Impuestos 25%				USD 2.028.807,82
TOTAL ENAP				USD 10.144.039,09

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Resumen de la valorización total de los pasivos ambientales.

Operadora	Concesión	Costo Total
ROCH S.A.	Las Violetas	USD 12.372.289,28
	Angostura CA-14	USD 4.733.446,22
	Río Cullen	USD 7.923.285,17
	Subtotal de remediación	USD 25.029.020,68
	Ingeniería y Gestión de proyecto	USD 3.754.353,10
	Costo financiero (3%)	USD 863.501,21
	Impuestos 25%	USD 7.411.718,75
Total ROCH S.A.		USD 37.058.593,75
TOTAL AUSTRAL S.A.	Angostura CA-14	USD 18.407.680,44
	Río Cullen	USD 860.573,22
	Fuera de concesión	USD 738.349,32
	Subtotal de remediación	USD 20.006.602,98
	Ingeniería y Gestión de proyecto	USD 3.000.990,45
	Costo financiero (3%)	USD 690.227,80
	Impuestos 25%	USD 5.924.455,31
Total TOTAL AUSTRAL S.A.		USD 29.622.276,54
ENAP (Santa María)	Cuenca Marina Austral 1	USD 6.851.187,23
	Subtotal de remediación	USD 6.851.187,23
	Ingeniería y Gestión de proyecto	USD 1.027.678,08
	Costo financiero (3%)	USD 236.365,96
	Impuestos 25%	USD 2.028.807,82
Total ENAP (Santa María)		USD 10.144.039,09
TOTAL REMEDIACIÓN DE PASIVOS		USD 76.824.909,38

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de priorización

Introducción

La gestión de pasivos ambientales asociados a la industria petrolera involucra decisiones complejas, caracterizadas por la coexistencia de múltiples factores ambientales, sociales, económicos, técnicos y territoriales, que no pueden ser adecuadamente evaluados mediante indicadores únicos o enfoques unidimensionales. En este contexto, la priorización de sitios contaminados para su remediación requiere de una metodología que permita integrar información diversa, tanto cuantitativa como cualitativa, y hacer explícitos los criterios que guían la toma de decisiones. El Análisis Multicriterio de Decisión (AMC o MCDA, por sus siglas en inglés) es una herramienta ampliamente utilizada en la gestión ambiental y, en particular, en la evaluación de sitios contaminados, ya que permite estructurar problemas complejos y heterogéneos, además de establecer jerarquía de intervención de manera sistemática y reproducible^{26;27;28;29}.

El AMC empleado en este estudio busca priorizar los pasivos ambientales, con un enfoque de gestión basada en riesgo. Dicho enfoque prioriza el control de riesgos hacia el ambiente y la salud social como paso prioritario a cualquier análisis. A fin de que la priorización sea implementable, se incorporan además variables de gestión (viabilidad y accesibilidad), económicas (magnitud de la inversión) y complejidad técnica o limitaciones operativas, que permiten traducir el diagnóstico a una secuencia realista de intervención y a un cronograma por fases.

En este sentido, los criterios cuantitativos y cualitativos seleccionados incorporan variables asociadas a receptores potenciales, sensibilidad ecosistémica del territorio y factibilidad de remediación, a fin de definir un orden de intervención.

Selección de criterios y escalas de valoración

Los criterios estudiados se dividen en cinco (5) categorías: ambiental, territorial, social, económico y técnico. Los criterios seleccionados buscan capturar de manera integral los principales factores que inciden en la urgencia y prioridad de remediación de un pasivo ambiental, considerando tanto los impactos potenciales como la factibilidad de intervención.

²⁶ <https://minsus.net/mineria-sustentable/wp-content/uploads/2024/10/Guia-para-priorizar-y-evaluar-proyectos-de-remediacion-ambiental-gestion-de-pasivos-mineros.pdf>

²⁷ <https://www.mdpi.com/2073-445X/13/6/887>

²⁸ https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/134847026/JSSS_D_17_00125_Post_print_version.pdf

²⁹ Lamelas Gracia, M. T. (2014). Aplicación de técnicas de análisis multicriterio a la localización óptima de extracciones de arenas y gravas en el entorno de Zaragoza. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza. España. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, N.º 66, pp. 25-48.

Tabla 10. Selección de criterios.

Categorías		Criterios	Descripción
1	Ambiental	Distancia a cursos/cuerpos superficiales (km)	Evalúa la proximidad del pasivo ambiental a ríos, arroyos, lagunas u otros cuerpos de agua. A menor distancia, mayor es el riesgo de que contaminantes alcancen el agua superficial mediante escorrentía, infiltración o derrames agudos, aumentando la urgencia de intervención.
		Distancia a áreas naturales (km)	Mide qué tan cerca se encuentra el pasivo de ecosistemas con valor ecológico especial, como reservas y parques nacionales. La cercanía incrementa la probabilidad de impactos sobre flora, fauna y servicios ecosistémicos.
2	Territorial	Distancia a carreteras (km)	Representa la accesibilidad del sitio. Pasivos ubicados lejos de caminos requieren mayor esfuerzo logístico para su intervención (ingreso de maquinaria, transporte de materiales, monitoreo). En este caso, se toman las distancias a las rutas nacionales y provinciales inventariadas por IGN, y no se consideran caminos petroleros/huellas para el análisis.
		Superficie afectada (m ²)	Es el área total donde se manifiesta el impacto ambiental (contaminación del suelo, alteración del terreno, residuos, infraestructura abandonada). En este caso, se asume que una mayor superficie implica una mayor magnitud del pasivo, con un posible impacto ambiental más amplio. En el caso de los incidentes ambientales en los que se presume presencia de FNLA (sin comprobación posible a campo ni información disponible por ausencia de freáticos), se estima una superficie afectada mediante imágenes satelitales como huellas operativas presuntamente asociadas al derrame de FNLA. Estas superficies deben ser verificadas a campo y ajustadas mediante análisis más exhaustivos.
3	Social	Distancia a núcleos de población (km)	Mide la cercanía a comunidades. Pasivos más próximos representan mayores riesgos socioambientales: exposición potencial a hidrocarburos, afectación del aire o agua, degradación visual y riesgo para actividades recreativas o productivas locales. En este caso, se toma como referencia la ciudad de Río Grande, Tierra del Fuego.
4	Económico	Criticidad económica (USD)	Estima el gasto necesario para remediar el sitio. Incluye estudios, excavación, tratamiento de suelos, transporte de residuos, monitoreo y cierre, etc.
5	Técnico	Complejidad técnica	Refleja la factibilidad real de ejecutar acciones de remediación en el sitio. Determina si la remediación es sencilla, compleja o limitada por restricciones tecnológicas u operativas. Tiene en cuenta dos dimensiones: - Complejidad del contaminante: tipo de hidrocarburo, profundidad, movilidad, presencia en napas. - Disponibilidad y adecuación de tecnologías: acceso a tecnologías, complejidad del tratamiento, infraestructura disponible. - Disponibilidad de información relacionada con el pasivo ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

En relación con los criterios definidos, se hace la salvedad que, para los pozos abandonados, inicialmente se toma la distribución de los pozos y se ubica el centroide de los puntos. Ese punto central o centroide se utiliza como referencia para la estimación de las distancias a los cursos y cuerpos de agua más cercanos, distancias a núcleos de población y distancias a carreteras. Todo ello

con el fin de realizar una ponderación de todos los sitios de interés. Además, específicamente para el caso de la Cuenca Marina Austral I, solo se incluyen dentro del análisis los pozos continentales.

A partir de estas definiciones, y con el fin de integrar en una escala común los distintos criterios considerados -que se expresan originalmente en unidades y rangos heterogéneos-, se optó por no aplicar un procedimiento de normalización matemática. En su lugar, cada criterio fue transformado directamente a una escala discreta y homogénea de tres niveles (0 - 0,5 - 1), definida mediante umbrales y condiciones técnicas específicas para cada variable (por ejemplo, cercanía a cursos de agua, distancia a poblaciones, superficie afectada, costo y viabilidad). Esta estrategia cumple la misma función integradora que la normalización, ya que convierte todos los criterios a valores comparables y evita sesgos por diferencias de unidades o magnitudes. Además, resulta transparente y reproducible para un proceso de priorización (no de modelado continuo del riesgo), ya que los puntajes reflejan explícitamente el sentido de preferencia de cada criterio (mayor puntaje = mayor impacto, riesgo o dificultad, según corresponda). Con los puntajes ya unificados en la misma escala, se aplicaron los pesos definidos para cada criterio y se calculó el índice de prioridad como la suma de los puntajes ponderados por sitio. En este trabajo, dicho índice se interpreta como un Índice de Priorización o de criticidad integral: a mayor valor, mayor es la necesidad de iniciar acciones, ya sea por mayor sensibilidad socioambiental o por mayor magnitud y complejidad de inversión.

Cabe señalar que los criterios de criticidad económica y complejidad técnica son variables de gestión del proyecto: un mayor costo relativo expresa una mayor magnitud de obligación financiera y necesidad de programación presupuestaria, mientras que una menor viabilidad técnica (remediación compleja) señala mayores requerimientos de definición tecnológica y restricciones operativas que pueden demandar anticipación en la planificación.

Criterio 1: Distancia a cursos/cuerpos superficiales (km)

Valoración	Puntaje	Definición
$X \geq 1$	0	Distancia suficientemente grande. Baja probabilidad de interacción entre el pasivo y el curso/cuerpo de agua.
$0,5 < X < 1$	0,5	Distancia intermedia. Potencial interacción entre el pasivo y el curso/cuerpo de agua, aunque no crítica.
$X \leq 0,5$	1	Distancia próxima. Alta probabilidad de interacción entre el pasivo y el curso/cuerpo de agua.

Criterio 2: Distancia áreas naturales (km)

Valoración	Puntaje	Definición
$X \geq 10$	0	Distancia suficientemente grande. No representa una amenaza para áreas naturales.
$3,5 < X < 10$	0,5	Distancia intermedia. Potencial impacto indirecto sobre la biodiversidad o funciones ecosistémicas.
$X \leq 3,5$	1	Distancia próxima. Alto riesgo de alteración a ecosistemas vulnerables o protegidos.

Criterio 3: Distancia a carreteras (km)

Valoración	Puntaje	Definición
$X \geq 5$	0	Baja accesibilidad. Difícil acceso operativo, mayores costos e intervenciones limitadas.
$1,5 < X < 5$	0,5	Accesibilidad intermedia. Requiere cierta logística adicional.
$X \leq 1,5$	1	Alta accesibilidad. Fácil ingreso, sin restricciones relevantes.

Criterio 4: Superficie afectada (m²)

Valoración	Puntaje	Definición
$X \leq 500$	0	Baja magnitud del área impactada. Impacto ambiental limitado.
$500 < X < 3.000$	0,5	Magnitud intermedia del área impactada. Impacto ambiental significativo, pero no crítico.
$X \geq 3.000$	1	Alta magnitud del área impactada. Impacto ambiental complejo.

Criterio 5: Distancia a núcleos de población (km)

Valoración	Puntaje	Definición
$X \geq 15$	0	Sin riesgo socioambiental por lejanía.
$5 < X < 15$	0,5	Riesgo socioambiental moderado.
$X \leq 5$	1	Alto riesgo socioambiental por cercanía.

Criterio 6: Criticidad económica (USD)

Valoración	Puntaje	Definición
$X \leq 250.000$	0	Bajo costo relativo.
$250.000 < X < 800.000$	0,5	Costo relativo intermedio.
$X \geq 800.000$	1	Alto costo relativo.

Criterio 7: Complejidad Técnica

Valoración	Puntaje	Definición
A - Remediación sencilla	0	Alta complejidad técnica. Fácilmente remediable con tecnologías disponibles.
B - Remediación intermedia	0,5	Complejidad técnica moderada. La remediación presenta desafíos técnicos, pero es factible.
C - Remediación compleja	1	Baja complejidad técnica. Requiere de tecnologías complejas o condiciones operativas restrictivas.

Fuente: Elaboración propia.

Ponderación de criterios

Con el fin de determinar la importancia relativa de cada criterio en el proceso de priorización de pasivos ambientales, se aplica un esquema de ponderación que permite reflejar de manera explícita el peso que cada variable tiene en la toma de decisiones. La ponderación es un paso fundamental del análisis multicriterio, ya que reconoce que ciertos aspectos -por su relación con el riesgo ambiental, social, económico o técnico- deben influir en mayor medida en el resultado final que otros.

En este sentido, se asignó a cada criterio un peso relativo expresado en una escala de 0 a 1, cuya suma total es igual a 1. Los pesos más altos indican criterios que tienen mayor influencia en la priorización final. En este estudio se optó por una ponderación directa, adecuada al alcance y disponibilidad de información. El proceso de asignación de pesos se realizó mediante un enfoque comparativo y razonado, evaluando la importancia de cada criterio respecto de los demás, así como también mediante la consulta a expertos. La ponderación establecida garantiza un equilibrio entre factores ambientales, sociales, económicos y técnicos, de modo que la priorización resultante refleje adecuadamente tanto la severidad del impacto potencial como la factibilidad real de intervención de cada pasivo ambiental.

Tabla 11. Asignación de peso relativo a criterios.

Criterios	Peso
Distancia a cursos/cuerpos superficiales (km)	0,20
Distancia a áreas naturales (km)	0,20
Distancia a carreteras (km)	0,10
Superficie afectada (m ²)	0,10
Distancia a núcleos de población (km)	0,15
Criticidad económica (USD)	0,15
Complejidad Técnica	0,10
Total	1

Fuente: Elaboración propia.

Construcción de la matriz multicriterio

Para integrar los distintos criterios definidos en la priorización de pasivos ambientales, se elaboró una matriz multicriterio que reúne, en un solo instrumento de análisis, la información ponderada de cada variable. La matriz multicriterio integra los pasivos ambientales evaluados en filas y los criterios definidos en columnas, asignando a cada combinación un valor de desempeño según la escala establecida. A continuación, se presenta un modelo de la matriz y en el Anexo 1 se presenta la matriz elaborada.

Tabla 12. Modelo de matriz multicriterio.

Pasivo ambiental	Criterio 1	Criterio 2	Criterio n	Puntaje asignado	Puntaje ponderado	Ponderación	Índice de prioridad (Criterio ponderado x Peso)	Prioridad (alta/media/baja)
1								
2								
3								
n								

Fuente: Elaboración propia.

El puntaje ponderado total de cada pasivo ambiental se obtuvo mediante la suma ponderada de los valores estandarizados de cada criterio. El resultado final corresponde a un índice sintético de prioridad, donde valores más altos indican mayor urgencia de remediación.

A partir del índice de prioridad obtenido, los pasivos ambientales fueron clasificados en tres (3) niveles de prioridad, definidos mediante umbrales relativos al rango de valores observados: prioridad alta, media y baja.

Resultados del análisis

El análisis multicriterio permitió establecer un orden de prioridad relativo entre los pasivos ambientales evaluados, identificando aquellos que requieren intervención inmediata.

Tabla 13. Priorización de pasivos ambientales.

FICHA N°	Pasivos ambientales	Índice de prioridad	Categoría de prioridad
1	Presencia de FLNA en Planta Río Chico	0,50	MEDIA
2	Acopio de residuos en TF-12	0,60	ALTA
3	Equipamiento en desuso en Batería LP-105	0,68	ALTA
4	Equipamiento en desuso en Batería SAC	0,70	ALTA
5	Presencia de FLNA en zona de tanque	0,55	MEDIA
6	Presencia de FLNA en Planta Río Cullen	0,50	MEDIA
7	Tanque fuera de servicio	0,48	MEDIA
8	Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur	0,43	MEDIA
9	Equipamiento en desuso Batería LP-1002	0,25	BAJA

FICHA N°	Pasivos ambientales	Índice de prioridad	Categoría de prioridad
10	Equipamiento en desuso Planta Río Cullen	0,60	ALTA
11	Tanque fuera de servicio	0,45	MEDIA
12	Fosa de quema en Batería LP - 1002	0,20	BAJA
13	Fosa de quema del pozo SM - 1004	0,50	MEDIA
14	Piletas con <i>cutting</i> en la locación del pozo SM - 1004	0,55	MEDIA
15	Piletas con <i>cutting</i> en la locación del pozo LRX - 1001	0,55	MEDIA
16	Repositorio y biopilas	0,35	MEDIA
17	Repositorio en pileta de Suelos contaminados	0,30	BAJA
18	Pileta de emergencia	0,28	BAJA
19	Pileta de emergencia en la locación del pozo LV - 118	0,58	MEDIA
20	Pileta API en la Planta Río Cullen	0,30	BAJA
21	Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen	0,43	MEDIA
22	Pozos abandonados - Angostura CA14	0,70	ALTA
23	Pozos abandonados - Río Cullen	0,25	BAJA
24	Pozos abandonados - Las Violetas	0,40	MEDIA
25	Repositorio en Planta Río Cullen	0,58	MEDIA
26	Cantera CA-8	0,25	BAJA
27	Cenizas de residuos	0,40	MEDIA
28	Entierro de residuos con metodología "MERSOB"	0,05	BAJA
29	Monoboya Terminal Marítima	0,43	MEDIA
30	Acopio de chatarra Planta Río Cullen	0,50	MEDIA
31	Acopio de chatarra Cañadón Alfa	0,30	BAJA
32	Pozos abandonados - Cuenca Marina Austral 1	0,40	MEDIA
33	Planta ENAP Batería de recepción Tierra del Fuego (BRTF)	0,35	MEDIA
34	Pileta de emergencia Planta ENAP	0,10	BAJA

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis multicriterio, el orden de prioridad de intervención de los pasivos ambientales muestra una distribución concentrada en la categoría media, seguida por baja y, en menor medida, alta. En total, el 15% de los pasivos ambientales (5 de 34) corresponde a la categoría "alta", mientras que un 29% (10 pasivos) se ubica en la categoría "baja", y el 56% restante (19 pasivos) pertenece a la categoría "media".

Dentro de los pasivos clasificados como de alta prioridad, se encuentran aquellos que presentan un índice de prioridad más elevado, que son los siguientes:

- Equipamiento en desuso en Batería SAC
- Pozos abandonados - Angostura CA-14
- Equipamiento en desuso en Batería LP-105
- Equipamiento en desuso Planta Río Cullen
- Acopio de residuos en TF-12

Estos pasivos ambientales presentan valores de índice entre 0,60 y 0,70, los más altos de toda la serie. En términos territoriales y ambientales, estos pasivos se caracterizan por encontrarse más próximos a receptores sensibles, tales como cursos y cuerpos de agua, áreas naturales, carreteras y, en menor medida, núcleos de población. Los análisis de medianas muestran que los pasivos de categoría “alta” se localizan sistemáticamente a distancias menores respecto de estos receptores que los pasivos “media” o “baja”. Al mismo tiempo, presentan mayores superficies afectadas y costos de remediación notablemente superiores, lo que refuerza la asignación de mayor urgencia de intervención.

Es importante destacar que, si bien el criterio social “distancia a núcleos poblacionales” posee un peso significativo de 0,15 en la ponderación global debido a la relevancia de la exposición humana, su contribución efectiva a los puntajes ponderados resulta baja. Esto se debe a que el puntaje asignado es 0 en la mayoría de los pasivos, dada la gran distancia existente entre las instalaciones evaluadas y la ciudad de Río Grande, empleada como referencia para este criterio. En consecuencia, el componente social presenta baja capacidad discriminante dentro del conjunto actual de pasivos.

Desde una perspectiva metodológica, se verificó que el Índice de Prioridad se corresponde exactamente con la suma de los puntajes ponderados, lo que confirma la consistencia interna del cálculo. Asimismo, ensayos de sensibilidad muestran que el ranking global mantiene una alta robustez aún frente a variaciones razonables en los pesos asignados, especialmente en los criterios social y económico.

En síntesis, los pasivos identificados como de prioridad “alta” combinan mayor exposición potencial, mayor magnitud espacial y mayores costos asociados, lo cual justifica su prioridad de intervención en la planificación ambiental.

Cabe aclarar que los resultados del análisis multicriterio dependen de la calidad de la información disponible, de la definición de las escalas y de la ponderación de los criterios. Por lo tanto, el ranking obtenido debe interpretarse como una herramienta de apoyo a la decisión y no como un valor absoluto.

Plan de monitoreo ambiental

Objetivos

El plan de monitoreo ambiental (PMA) se encuentra orientado a los procesos de remediación de los pasivos ambientales identificados y se define según la prioridad de intervención resultante del análisis multicriterio.

En este sentido, el plan tiene como objetivos verificar el cumplimiento de la remediación establecida, controlar la evolución de los parámetros fisicoquímicos, biológicos y geomorfológicos durante y después de la intervención, identificar desviaciones tempranas para ajustar las acciones de remediación, documentar los procesos de recuperación ambiental y garantizar la trazabilidad y transparencia, conforme a la normativa aplicable.

Alcance

El monitoreo se aplicará a todos los pasivos ambientales priorizados en el análisis multicriterio, abarcando: suelos contaminados por hidrocarburos, aguas subterráneas y superficiales, emisiones gaseosas y controles de obras, vegetación y biota asociada y afectaciones al medio social.

Parámetros e indicadores a monitorear

Tabla 14. Parámetros e indicadores a monitorear en el PMA.

Componente	Categoría	Parámetros
Suelo	Hidrocarburos	TPH, BTEX, PAHs
	Propiedades del suelo	pH, CE, materia orgánica, humedad, textura
	Metales pesados	Pb, Cr (total/VI), Cd, Ni, Ba, V, As, Hg
	Bioindicadores	Actividad microbiana, biomasa
Agua subterránea y superficial	Calidad	TPH disuelto, BTEX, metales pesados, DOC
	Parámetros fisicoquímicos	pH, conductividad, turbidez, OD
	Metales pesados disueltos	Ba, Cr (VI/total), Pb, Cd, Ni, As, Hg, Fe, Mn
	Nivel freático	Profundidad, dirección del flujo
Aire y emisiones	Calidad	COVs
		Material particulado (PM10 / PM2.5)
		Olores
Vegetación	Cobertura	Cobertura vegetal (%)
	Regeneración	Riqueza, diversidad y tasa de establecimiento

Componente	Categoría	Parámetros
Social	Calidad	de especies nativas
		Percepción social
		Presencia de impactos visibles

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del monitoreo

Red de monitoreo

El diseño de la red de monitoreo contempla la ubicación estratégica de los puntos de muestreo dentro de la superficie afectada por cada pasivo ambiental, considerando su tipología, extensión, complejidad hidrogeológica / ecológica y el tipo de contaminante presente. La distribución de los puntos responde al principio de representatividad espacial, garantizando la obtención de información confiable y comparable a lo largo del proceso de remediación.

Para cada pasivo ambiental se establece un mínimo de puntos de muestreo, definido en función de la superficie impactada, la heterogeneidad del sitio y los contaminantes identificados. En aquellos casos donde la complejidad ambiental o la variabilidad espacial sea mayor, la densidad de puntos podrá incrementarse. Este criterio permite asegurar trazabilidad técnica y consistencia en la evaluación del desempeño de las acciones de remediación.

En los pasivos ambientales ubicados en proximidad a cursos o cuerpos de agua, se implementa un esquema mínimo de dos puntos de muestreo:

- uno aguas arriba, que actúa como punto de control;
- uno aguas abajo, que permite evaluar potenciales influencias del pasivo sobre el curso de agua.

Cuando la dinámica hídrica o la cercanía al pasivo lo justifiquen, se incorporará un punto adicional frente al sitio impactado.

Para la caracterización y seguimiento de la calidad de aguas subterráneas se establece un mínimo de tres puntos de monitoreo, ubicados estratégicamente según la dirección del flujo subterráneo:

- un punto *upgradient* (aguas arriba), que representa las condiciones de fondo;
- un punto *downgradient* (aguas abajo), que permite identificar posibles migraciones de contaminantes;
- un punto dentro del área afectada, para evaluar la evolución de la pluma o la efectividad de la remediación.

Para el componente suelo se define un mínimo de 3 a 4 muestras por pasivo, distribuidas entre la zona central de mayor impacto y sectores perimetrales. La selección del número final de muestras considerará el tipo de contaminante (hidrocarburos, metales pesados u otros), la heterogeneidad del medio y el historial del sitio.

Cuando las actividades de remediación o la naturaleza del pasivo puedan generar emisiones atmosféricas o molestias asociadas, se incorpora el monitoreo específico de aire. Se establecerá un mínimo de:

- 1 punto de muestreo en el borde del área afectada, orientado según los vientos dominantes, para evaluar dispersión de compuestos volátiles.
- 1 punto adicional dentro del área de trabajo, especialmente en casos con manipulación de suelos contaminados, biopilas, excavaciones o remoción de materiales.

De este modo, se puede verificar que las actividades no generen impactos sobre zonas habitadas o áreas sensibles cercanas.

El monitoreo social se integra como parte del enfoque socioambiental del plan. Para cada pasivo se incluye al menos un recorrido de observación sistemática, destinado a registrar el uso social del espacio, la presencia de actores locales, las percepciones visibles y cualquier interacción comunitaria relevante. Según la relevancia del sitio, este componente podrá complementarse con entrevistas o instancias de diálogo social.

Los puntos y actividades de monitoreo definidos se mantendrán de manera consistente a lo largo de todo el Plan de Monitoreo Ambiental, asegurando continuidad temporal, comparabilidad entre campañas y seguimiento de los parámetros e indicadores seleccionados. Este enfoque permite documentar la evolución del sitio, verificar el cumplimiento de objetivos de remediación y sostener la transparencia del proceso. Cada punto de muestreo será georreferenciado y documentado mediante registro fotográfico, descripción del contexto y condiciones ambientales al momento del muestreo.

Frecuencia del muestreo

La frecuencia de los muestreos se establece en función del nivel de prioridad de intervención asignado a cada pasivo ambiental (alta, media o baja), determinado mediante el análisis multicriterio. Este enfoque permite optimizar recursos, concentrando esfuerzos en aquellos pasivos que representan mayor riesgo ambiental, social o sanitario. Como criterio general, todos los pasivos ambientales contarán con:

- un monitoreo de línea de base, previo al inicio de cualquier intervención de remediación,
- muestreos durante las acciones de remediación,
- muestreos post-remediación,
- seguimiento durante la etapa de consolidación, y
- una verificación final.

A continuación, se presenta una propuesta de frecuencia mínima del Plan de monitoreo ambiental:

Tabla 15. Propuesta de frecuencia mínima del PMA.

Prioridad de pasivos ambientales	Monitoreo	Aclaraciones
Alta	Mensual o bimestral, dependiendo de la dinámica ambiental del sitio y la naturaleza de los contaminantes	Se recomienda mayor frecuencia cuando existen: - hidrocarburos volátiles, - riesgos a cuerpos de agua, - comunidades cercanas, - tecnologías activas (biopilas, bombeo, excavación)
Media	Trimestral, adecuado para sitios con riesgo moderado o condiciones más estables	La frecuencia puede ajustarse ante eventos climáticos o cambios en el sistema ambiental.
Baja	Semestral o anual, orientado al seguimiento de sitios con bajo riesgo residual o contaminantes poco móviles	Se enfatiza la verificación anual para confirmar ausencia de cambios significativos

Fuente: Elaboración propia.

Métodos de muestreo y análisis

Los métodos de muestreo y análisis aplicados en el presente Plan de Monitoreo Ambiental se seleccionan de acuerdo con la normativa vigente en la jurisdicción correspondiente y las buenas prácticas reconocidas para actividades hidrocarburíferas. Los procedimientos se ajustan a estándares nacionales e internacionales que garantizan la validez, trazabilidad y comparabilidad de los resultados obtenidos durante todas las etapas de la remediación.

El proceso de muestreo y análisis se basa en:

- normativa ambiental aplicable a la actividad hidrocarburífera en la jurisdicción local,
- valores guía y metodologías de referencia provistos por organismos internacionales tales como:
 - EPA (*Environmental Protection Agency*),
 - ASTM, incluyendo la serie ASTM E2893 para gestión y remediación de sitios contaminados
 - IRAM, cuando existan normas específicas relacionadas con muestreo o ensayos analíticos.
- estándares corporativos del operador, en caso de que existan lineamientos internos de calidad, seguridad o metodologías analíticas,
- límites y criterios establecidos en la legislación aplicable a suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas, aire y otros componentes ambientales,
- análisis ejecutados por laboratorios acreditados bajo normas de calidad, garantizando trazabilidad, cumplimiento de protocolos, control de calidad y cadena de custodia.

Responsabilidades

La ejecución del PMA requiere la definición de roles y responsabilidades entre los distintos actores involucrados, con el fin de asegurar la correcta implementación de las actividades de campo, el cumplimiento de la normativa aplicable y la calidad de los resultados obtenidos. Las responsabilidades se proponen distribuir de la siguiente manera:

Operador

- Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Proveer acceso seguro y condiciones operativas adecuadas para la realización de las actividades de monitoreo.
- Facilitar la información técnica disponible sobre cada pasivo ambiental.
- Asegurar los recursos necesarios para la implementación del PMA.
- Supervisar el avance general del plan y coordinar con la consultora y los laboratorios acreditados.
- Comunicar a la autoridad competente cualquier desviación significativa o contingencia detectada.

Equipo técnico ambiental y de seguridad y salud ocupacional

- Ejecutar el plan de monitoreo conforme al diseño establecido.
- Realizar los muestreos de suelo, agua, aire, vegetación y componente social siguiendo los procedimientos definidos.
- Registrar toda la información de campo: fichas, georreferenciación, fotografías, condiciones ambientales y operativas.
- Gestionar adecuadamente la cadena de custodia de las muestras.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos, elaborando informes técnicos y proponiendo ajustes cuando sea necesario.
- Comunicar hallazgos relevantes al operador y a los laboratorios.
- Implementar medidas preventivas para garantizar la seguridad durante todas las actividades de monitoreo.
- Verificar el uso adecuado de los equipos de protección personal (EPP).
- Evaluar riesgos asociados al sitio y a las tareas específicas (caídas, exposición química, tránsito vehicular, clima, etc.).
- Asegurar que el personal cuente con los permisos y capacitaciones necesarias.
- Coordinar respuestas ante incidentes o situaciones de emergencia en campo.

Laboratorios acreditados

- Recibir, preservar y analizar las muestras conforme a métodos validados y bajo estándares de calidad reconocidos.
- Implementar procedimientos de aseguramiento y control de calidad que garanticen confiabilidad analítica.
- Emitir informes de resultados con firma responsable, límites de detección, incertidumbre y metodología aplicada.
- Notificar al equipo técnico cualquier irregularidad en la muestra o resultados que requieran remuestreo.

Autoridad ambiental

- Revisar la información remitida por el operador o consultora.
- Verificar el cumplimiento de la normativa aplicable.
- Solicitar ajustes al plan, requerir información adicional o realizar inspecciones.
- Emitir aprobaciones, observaciones o disposiciones vinculantes en materia de remediación y monitoreo.

Plan de Contingencias

El Plan de Contingencias establece los procedimientos preventivos y correctivos ante la detección de desviaciones, incidentes o situaciones inesperadas durante la implementación del Plan de Monitoreo Ambiental. Su objetivo es garantizar una respuesta inmediata, coordinada y eficaz que minimice riesgos ambientales, sociales y operativos asociados a los pasivos ambientales bajo estudio. Las contingencias contempladas incluyen, como mínimo: detección de contaminantes fuera de norma, incumplimiento de valores objetivo, reaparición de contaminantes, evidencia de migración hacia acuíferos y fallas en las tecnologías de remediación aplicadas.

Procedimiento ante detección de contingencias

Cuando los valores analíticos resulten superiores a los valores guía o límites establecidos por la normativa aplicable y los criterios técnicos definidos, se deberá realizar una validación inmediata de dichos resultados. Esta validación incluirá:

- la revisión del informe analítico y del control de calidad (QA/QC),
- la confirmación del laboratorio respecto de la integridad de la muestra y la confiabilidad del análisis,
- y la evaluación de la necesidad de realizar un remuestreo.

Posteriormente, se procederá a la comparación con el valor de referencia aplicable conforme a la normativa vigente o a los criterios técnicos establecidos para la remediación.

Finalmente, se elaborará un registro formal de la contingencia mediante una ficha de evento ambiental, y se comunicará la situación al Operador y al Equipo Técnico correspondiente para activar las acciones correctivas que correspondan.

Medidas inmediatas

Dependiendo de la magnitud del desvío y del riesgo asociado, se implementarán las siguientes acciones:

- Aislamiento preventivo del área afectada (cintas, señalización, restricción de acceso).
- Suspensión temporal de la actividad de remediación (si procede).
- Contención física (diques, barreras, zanjas cortacorrientes).
- Mitigación rápida (extracción puntual de suelos, adsorbentes, neutralización según contaminante).
- Monitoreo reforzado y acelerado en puntos críticos.

Cada acción será documentada y acompañada por evidencia fotográfica.

Responsabilidades

Equipo Técnico Ambiental y de Seguridad y Salud Ocupacional

- Detección del evento.
- Notificación inmediata al Operador.
- Primera evaluación del riesgo.
- Implementación de medidas urgentes.

Operador

- Activación formal del Plan de Contingencias.
- Autorización de recursos para acciones correctivas.
- Comunicación a autoridades si el evento lo requiere.
- Coordinación con la consultora y laboratorio.

Laboratorio acreditado

- Confirmación analítica de resultados.
- Asistencia técnica en caso de requerirse remuestreo prioritario.

Incumplimiento de valores objetivo

Si un pasivo no alcanza los valores objetivo definidos para la remediación:

- Reevaluación del estado del sitio, integrando datos de todas las matrices monitoreadas.
- Identificación de causas (tecnológicas, operativas, ambientales).
- Revisión del plan de remediación (ajuste de parámetros, intensificación o cambio de técnica).
- Monitoreo de alta frecuencia hasta revertir la desviación.
- Informe técnico ampliado para documentar evolución y justificación de nuevas medidas.

Reaparición de contaminantes

Ante reaparición o aumento inesperado de contaminantes:

- Verificación de fuentes secundarias no detectadas originalmente (capas profundas, socavones, materiales enterrados).
- Análisis de flujos subterráneos o conexiones hidráulicas.
- Evaluación de migración desde pasivos cercanos.
- Implementación de acciones correctivas localizadas (extracción puntual, remediación *in situ*, confinamiento).
- Seguimiento intensificado hasta estabilización.

Cierre de contingencias

Toda contingencia será cerrada mediante:

- Evidencia analítica de mejora,
- Registro documental del incidente y acciones correctivas,
- Validación del Operador,
- Informe que quede incorporado al historial del pasivo.

Cronograma de ejecución de actividades de remediación

El cronograma del Plan de Monitoreo Ambiental se estructura en función de las etapas del proceso de remediación y del nivel de prioridad asignado a cada pasivo ambiental (alta, media o baja). Las actividades de monitoreo se distribuyen de manera sistemática con un horizonte de 10 años para asegurar una evaluación continua del desempeño de la remediación y la detección temprana de contingencias. Este horizonte se adopta como marco general y conservador, considerando la variabilidad climática de la región y posible persistencia de contaminantes asociados a la actividad hidrocarburífera.

No obstante, el esquema de monitoreo se implementará bajo un enfoque adaptativo, por lo cual la duración efectiva podrá acortarse o extenderse según el tipo de pasivo, la técnica aplicada y la evolución de los indicadores ambientales.

En particular, se propone un esquema escalonado, una etapa inicial de preparación y línea base, seguida de una etapa de consolidación con reducción progresiva de la frecuencia. La continuidad del monitoreo más allá de dicho período quedará supeditada al cumplimiento de criterios de cierre, tales como: resultados analíticos por debajo de los valores objetivo, ausencia de tendencias crecientes, estabilidad física del sitio (sin erosión/rebrote de afectación) y consistencia en campañas consecutivas.

Tabla 16. Cronograma de implementación del Plan de Monitoreo Ambiental (PMA).

Etapas del monitoreo	Descripción de actividades	Componentes monitoreados	Prioridad del pasivo ambiental		
			Alta	Media	Baja
Preparación	Revisión de información existente; diseño final del PMA; selección de puntos de muestreo por pasivo; logística y permisos.	No aplica	1 etapa previa	1 etapa previa	1 etapa previa
Línea de base	Muestreo previo al inicio de las intervenciones (todas las matrices, según corresponda por tipo de pasivo); Informe de línea base.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, aire/emisiones, vegetación, social	1 campaña	1 campaña	1 campaña
Remediación	Monitoreo paralelo a las acciones de remediación activa; Informe de monitoreo.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, aire/emisiones, vegetación, social	Mensual / Bimestral	Trimestral	Semestral / Anual
Post-remediación	Seguimiento tras la finalización de las tareas de remediación; Informe de monitoreo.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, aire/emisiones, vegetación, social	Bimestral	Trimestral	Semestral
Consolidación	Verificación de estabilidad ambiental en el tiempo; Informe de monitoreo.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, aire/emisiones, vegetación, social	Trimestral	Semestral	Anual
Verificación final	Muestreo integral de cierre del pasivo; Confirmación de que los indicadores cumplen valores guía; Informe final de monitoreo.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, aire/emisiones, vegetación, social	1 campaña final	1 campaña final	1 campaña final
Monitoreo continuo	Seguimiento continuo de las actividades mediante sensores y sistemas de adquisición de datos; trazabilidad de datos; generación de reportes.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, aire/emisiones, vegetación, social	Continuo (frecuencia establecida en el PMA)	Continuo (frecuencia establecida en el PMA)	Continuo (frecuencia establecida en el PMA)
Actividades transversales	Laboratorio; cadena de custodia; registros; contingencias; ajustes al plan de ser necesario; comunicación técnica.	Suelo, agua superficial, agua subterránea, aire/emisiones, vegetación, social	Durante todo el PMA	Durante todo el PMA	Durante todo el PMA

Fuente: Elaboración propia.

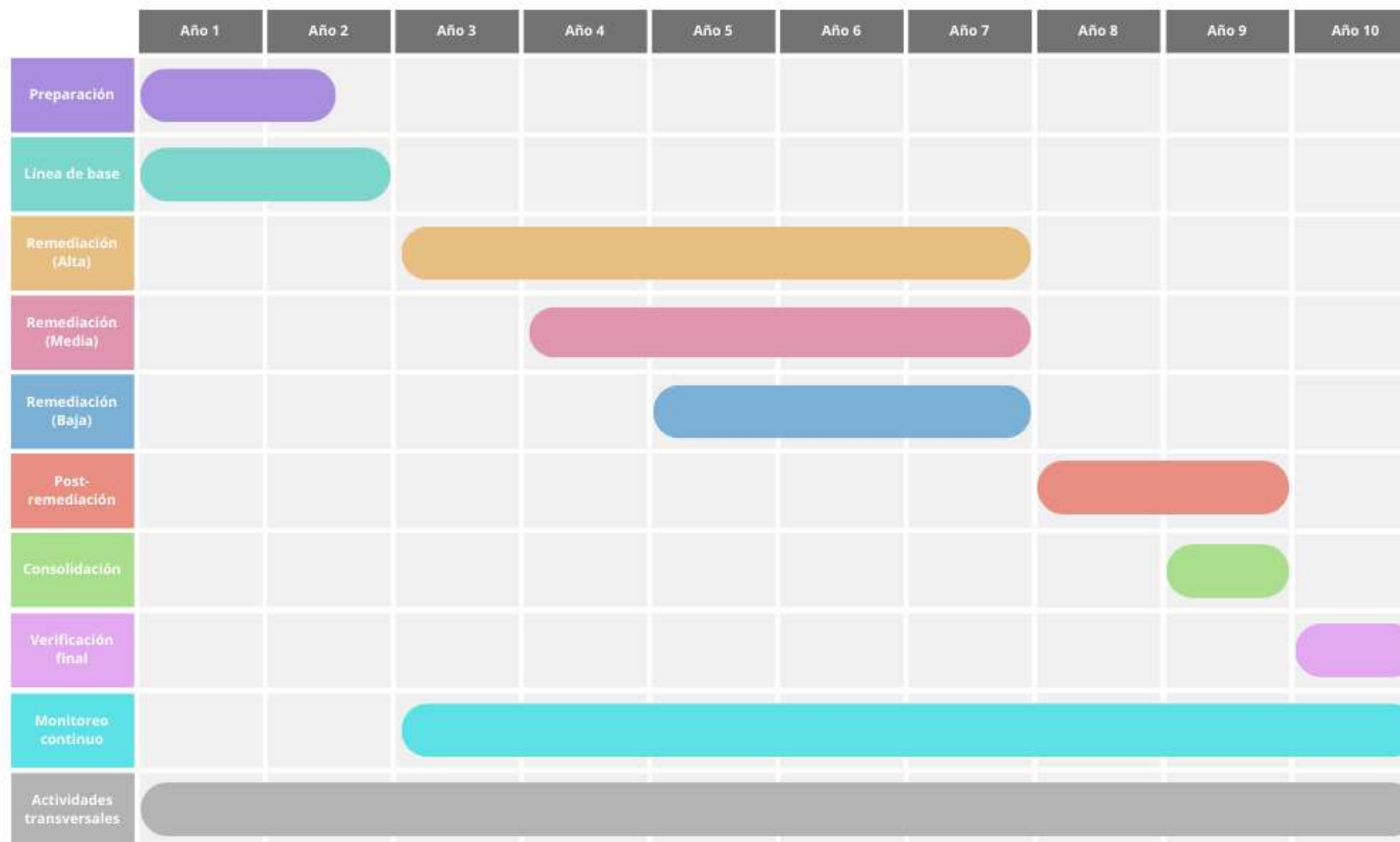


Imagen 17. Diagrama de Gantt - Cronograma de ejecución.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

El presente informe final consolida la identificación, caracterización y priorización de los pasivos ambientales asociados a la actividad hidrocarburífera en las concesiones analizadas de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. A partir de una metodología que combinó revisión documental y normativa, teledetección y SIG, verificación en campo, valoración técnico-económica y una matriz multicriterio orientada por riesgo, receptores sensibles y factibilidad, se estructuró un orden de intervención trazable y una propuesta operativa con cronograma y plan de monitoreo ambiental. Este conjunto constituye una herramienta técnica para la toma de decisiones que permite reducir progresivamente el riesgo ambiental y fortalecer la gobernanza sobre el ciclo de remediación.

La priorización obtenida muestra que el 15% de los pasivos (5 de 34) requiere intervención “alta”, el 56% (19 de 34) prioridad “media” y el 29% (10 de 34) prioridad “baja”. Los casos de alta prioridad (equipamiento en desuso en Batería SAC, pozos abandonados en Angostura CA-14, equipamiento en desuso en Batería LP-105, equipamiento en desuso en Planta Río Cullen y acopio de residuos en TF-12) concentran mayor exposición potencial por su proximidad a receptores sensibles (población, cursos y cuerpos de agua, áreas naturales y carreteras), así como mayores superficies potencialmente afectadas y mayores requerimientos de intervención. En consecuencia, se recomienda su atención preferente en la fase inicial del cronograma.

Desde el punto de vista metodológico, la matriz multicriterio se estructuró en base a siete criterios ponderados, organizados en dimensiones ambientales, territoriales, sociales, económicas y técnicas. El Índice de Prioridad se obtuvo a partir de la suma de los puntajes ponderados por criterio, garantizando consistencia interna del cálculo y un criterio de ordenamiento reproducible. Si bien el criterio social (distancia a núcleos poblacionales) posee un peso relevante por la criticidad de la exposición humana, presenta baja capacidad discriminante en el conjunto actual debido a las grandes distancias a centros urbanos (en este caso, Río Grande). En futuras actualizaciones se sugiere ampliar la definición de receptores, incorporando asentamientos dispersos y usos sensibles localizados, a fin de reflejar con mayor precisión la realidad territorial.

El plan de monitoreo ambiental acompaña todo el ciclo de intervención (línea de base, durante la remediación, post-remediación, consolidación y cierre) con parámetros, frecuencias, red de muestreo, estudios de calidad y disparadores de contingencias. Este enfoque adaptativo, permite verificar desempeño, documentar la recuperación y recalibrar prioridades a medida que se incorporen datos que hoy no se encuentran disponibles, especialmente en sitios con potencial afectación de napas donde se recomienda instalar y operar redes de freáticos y campañas analíticas específicas.

El cronograma de ejecución propone una secuenciación por fases, con tiempos estimados, dependencias y responsabilidades entre operador, equipos técnicos, laboratorios y autoridad de aplicación. Las tecnologías de remediación priorizadas, como el desmantelamiento y retiro controlado de equipamiento en desuso, biorremediación / biopilas y disposición en rellenos de seguridad (cuando corresponda), se orientan a minimizar riesgos, optimizar la logística disponible y garantizar trazabilidad en la gestión de residuos.

Sin embargo, persisten limitaciones relevantes vinculadas a la disponibilidad de información (informes ambientales, campañas analíticas, mapas de plumas, series históricas). Estas brechas no invalidan la priorización realizada en este estudio, aunque su incorporación permitiría ajustar con mayor precisión la clasificación de ciertos pasivos, en particular aquellos sin manifestación superficial evidente. En consecuencia, se recomienda implementar el plan bajo un esquema de gestión adaptativa con hitos de revisión periódica para actualizar el inventario de los pasivos ambientales, redefinir escalas y/o umbrales y optimizar el uso de recursos frente a nueva información.

En síntesis, el informe aporta una base técnica integral, que consta de inventario con fichas, costos, priorización, cronograma y monitoreo, para iniciar de inmediato la remediación en sitios críticos y, simultáneamente, fortalecer capacidades de control a futuro. La implementación secuenciada del plan, sumada al monitoreo continuo, permitirá reducir riesgos ambientales y sociales, cumplir con el marco normativo vigente y promover la restauración ambiental y restitución funcional de los sitios intervenidos con objetivos de protección ambiental y uso provisto, consolidando un ciclo de mejora ambiental continua en la gestión de pasivos ambientales de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.

Anexos

Anexo I

ID #	PASIVO	Coordenadas	AMBIENTAL									TERRITORIAL									SOCIAL			ECONÓMICO			TÉCNICO			ÍNDICE DE PRIORIDAD	PRIORIDAD	
			Distancia a cursos/cuerpos superficiales (km)	Puntaje asignado	Puntaje ponderado	PONDERACIÓN	Distancia a áreas naturales (km)	Puntaje asignado	Puntaje ponderado	PONDERACIÓN	Distancia a carreteras (km)	Puntaje asignado	Puntaje ponderado	PONDERACIÓN	Superficie afectada (m2)	Puntaje asignado	Puntaje ponderado	PONDERACIÓN	Distancia a núcleos de población (km)	Puntaje asignado	Puntaje ponderado	PONDERACIÓN	Criticidad económica (USD)	Puntaje asignado	Puntaje ponderado	PONDERACIÓN	Complejidad técnica	Puntaje asignado	Puntaje ponderado			PONDERACIÓN
1	Presencia de FLMA en Planta Río Chico	-50.67746 -67.96109	0,95	0,5	0,10	0,20	4,20	0,5	0,10	0,20	1,62	0,5	0,05	0,10	25.000,00	1	0,10	0,10	21,34	0	0,00	0,15	1.563.343,56	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,50	MEDIA
2	Acopio de residuos en TF-12	-50.6670248 -67.9746662	0,36	1	0,20	0,20	4,20	0,5	0,10	0,20	2,62	0,5	0,05	0,10	2.010,00	0,5	0,05	0,10	22,67	0	0,00	0,15	1.176.929,00	1	0,15	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,60	ALTA
3	Equipamiento en desuso en Bateria LP-105	-50.981313 -68.001063	0,98	0,5	0,10	0,20	0,92	1	0,20	0,20	0,63	1	0,10	0,10	5.977,00	1	0,10	0,10	40,06	0	0,00	0,15	435.668,46	0,5	0,08	0,15	C	1	0,10	0,10	0,68	ALTA
4	Equipamiento en desuso en Bateria SAC	-50.9812172 -67.6427208	0,46	1	0,20	0,20	3,70	0,5	0,10	0,20	0,71	1	0,10	0,10	2.759,00	0,5	0,05	0,10	10,83	0,5	0,08	0,15	642.470,82	0,5	0,08	0,15	C	1	0,10	0,10	0,70	ALTA
5	Presencia de FLMA en zona de tanque	-50.3798200 -68.3532706	1,57	0	0,00	0,20	1,60	1	0,20	0,20	0,52	1	0,10	0,10	4.389,00	1	0,10	0,10	67,14	0	0,00	0,15	1.486.272,97	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,55	MEDIA
6	Presencia de FLMA en Planta Río Cullen	-52.98415221 -68.47803084	0,31	1	0,20	0,20	15,10	0	0,00	0,20	4,68	0,5	0,05	0,10	3.197,00	1	0,10	0,10	111,38	0	0,00	0,15	1.619.339,97	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,50	MEDIA
7	Tanque fuera de servicio	-50.330109 -68.353368	1,53	0	0,00	0,20	1,70	1	0,20	0,20	0,42	1	0,10	0,10	525,00	0,5	0,05	0,10	67,05	0	0,00	0,15	351.226,50	0,5	0,08	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,48	MEDIA
8	Tanques fuera de uso en Planta Cruz del Sur	-50.3312853 -68.2645150	1,81	0	0,00	0,20	1,50	1	0,20	0,20	5,44	0	0,00	0,10	3.034,00	1	0,10	0,10	63,30	0	0,00	0,15	581.155,32	0,5	0,08	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,43	MEDIA
9	Equipamiento en desuso Bateria LP-1002	-50.690711 -68.050172	0,93	0,5	0,10	0,20	10,20	0	0,00	0,20	2,31	0,5	0,05	0,10	426,00	0	0,00	0,10	26,16	0	0,00	0,15	157.041,48	0	0,00	0,15	C	1	0,10	0,10	0,25	BAJA
10	Equipamiento en desuso Planta Río Cullen	-52.3086666 -68.477731	0,33	1	0,20	0,20	15,20	0	0,00	0,20	4,67	0,5	0,05	0,10	13.900,00	1	0,10	0,10	111,32	0	0,00	0,15	2.210.556,00	1	0,15	0,15	C	1	0,10	0,10	0,60	ALTA
11	Tanque fuera de servicio	-50.544802 -68.051970	0,71	0,5	0,10	0,20	0,72	1	0,20	0,20	0,10	1	0,10	0,10	200,00	0	0,00	0,10	34,85	0	0,00	0,15	164.205,00	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,45	MEDIA
12	Fosa de quema en Bateria LP - 1002	-50.690711 -68.050172	0,94	0,5	0,10	0,20	10,30	0	0,00	0,20	2,25	0,5	0,05	0,10	150,00	0	0,00	0,10	26,16	0	0,00	0,15	21.661,30	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,20	BAJA
13	Fosa de quema del pozo SM 1004	-50.2619343 -68.942308	0,08	1	0,20	0,20	3,00	1	0,20	0,20	2,01	0,5	0,05	0,10	340,00	0	0,00	0,10	83,03	0	0,00	0,15	22.128,50	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,50	MEDIA
14	Piletas con cutting en la ubicación del pozo SM - 1004	-50.2619343 -68.942308	0,08	1	0,20	0,20	3,00	1	0,20	0,20	2,01	0,5	0,05	0,10	625,00	0,5	0,05	0,10	83,03	0	0,00	0,15	168.641,27	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,55	MEDIA
15	Piletas con cutting en la ubicación del pozo LIX - 1001	-50.700771 -67.880792	0,22	1	0,20	0,20	3,20	1	0,20	0,20	1,94	0,5	0,05	0,10	550,00	0,5	0,05	0,10	15,54	0	0,00	0,15	74.860,72	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,55	MEDIA
16	Repositorio y biopilas	-50.677006 -67.940311	3,50	0	0,00	0,20	3,60	0,5	0,10	0,20	0,81	1	0,10	0,10	4.000,00	1	0,10	0,10	20,72	0	0,00	0,15	217.944,51	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,35	MEDIA
17	Repositorio en pileta de Suelos contaminados	-50.677010 -67.940320	1,05	0	0,00	0,20	3,60	0,5	0,10	0,20	0,79	1	0,10	0,10	1.050,00	0,5	0,05	0,10	20,62	0	0,00	0,15	128.936,52	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,30	BAJA
18	Pileta de emergencia	-50.7261068 -68.0161112	1,07	0	0,00	0,20	10,50	0	0,00	0,20	1,49	1	0,10	0,10	670,00	0,5	0,05	0,10	22,04	0	0,00	0,15	293.162,94	0,5	0,08	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,28	BAJA
19	Pileta de emergencia en la ubicación del pozo LV - 118	-50.514528 -68.050362	0,07	0,5	0,10	0,20	0,70	1	0,20	0,20	0,26	1	0,10	0,10	700,00	0,5	0,05	0,10	38,56	0	0,00	0,15	254.177,70	0,5	0,08	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,58	MEDIA
20	Pileta API en la Planta Río Cullen	-52.986120 -68.477014	0,30	1	0,20	0,20	15,10	0	0,00	0,20	4,66	0,5	0,05	0,10	300,00	0	0,00	0,10	111,38	0	0,00	0,15	40.723,29	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,30	BAJA
21	Pileta de emergencia en la Planta Río Cullen	-52.985001 -68.476000	0,45	1	0,20	0,20	15,10	0	0,00	0,20	4,57	0,5	0,05	0,10	805,00	0,5	0,05	0,10	111,25	0	0,00	0,15	533.669,49	0,5	0,08	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,43	MEDIA
22	Pozos abandonados - Angostura CA14	-50.28324 -68.48541	2,59	0	0,00	0,20	0,13	1	0,20	0,20	0,08	1	0,10	0,10	10.000,00	1	0,10	0,10	0,00	1	0,15	0,15	1.985.077,16	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,70	ALTA
23	Pozos abandonados - Río Cullen	-52.074443 -68.479033	1,03	0	0,00	0,20	15,63	0	0,00	0,20	5,36	0	0,00	0,10	10.000,00	1	0,10	0,10	113,97	0	0,00	0,15	3.519.000,42	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,25	BAJA
24	Pozos abandonados - Las Violetas	-50.752084 -67.91447	2,50	0	0,00	0,20	7,21	0,5	0,10	0,20	4,11	0,5	0,05	0,10	10.000,00	1	0,10	0,10	15,30	0	0,00	0,15	7.390.923,96	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,40	MEDIA
25	Repositorio en Planta Río Cullen	-52.9803721 -68.340150	0,19	1	0,20	0,20	6,60	0,5	0,10	0,20	3,43	0,5	0,05	0,10	11.150,00	1	0,10	0,10	107,75	0	0,00	0,15	422.020,15	0,5	0,08	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,58	MEDIA
26	Cantera CA-8	-52.7221204 -68.5668748	1,16	0	0,00	0,20	31,40	0	0,00	0,20	22,19	0	0,00	0,10	140.000,00	1	0,10	0,10	132,00	0	0,00	0,15	4.295.200,00	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,25	BAJA
27	Cenizas de residuos	-52.980200 -68.300041	0,61	0,5	0,10	0,20	7,20	0,5	0,10	0,20	2,83	0,5	0,05	0,10	6.339,60	1	0,10	0,10	100,37	0	0,00	0,15	11.839,36	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,40	MEDIA
28	Entierro de residuos con metodología "MERSOB"	-52.740704 -68.586024	1,73	0	0,00	0,20	30,70	0	0,00	0,20	21,24	0	0,00	0,10	0,00	0	0,00	0,10	130,09	0	0,00	0,15	0,00	0	0,00	0,15	0,00	0,5	0,05	0,10	0,05	BAJA
29	Monoboya Terminal Marítima	-50.250027 -68.33220	0,00	1	0,20	0,20	6,50	0,5	0,10	0,20	0,78	0	0,00	0,10	0,00	0	0,00	0,10	73,14	0	0,00	0,15	730.349,32	0,5	0,08	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,43	MEDIA
30	Acopio de chatarra Planta Río Cullen	-52.980371 -68.300050	0,56	0,5	0,10	0,20	7,10	0,5	0,10	0,20	2,85	0,5	0,05	0,10	2.681,00	0,5	0,05	0,10	100,00	0	0,00	0,15	848.734,00	1	0,15	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,50	MEDIA
31	Acopio de chatarra Cañadón Alfa	-52.7412522 -68.000001	2,03	0	0,00	0,20	30,61	0	0,00	0,20	21,19	0	0,00	0,10	3.297,72	1	0,10	0,10	130,81	0	0,00	0,15	877.690,00	1	0,15	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,30	BAJA
32	Pozos abandonados - Cuenca Marina Austral 1	-52.740271 -68.566540	1,27	0	0,00	0,20	30,20	0	0,00	0,20	20,78	0	0,00	0,10	10.000,00	1	0,10	0,10	0,00	1	0,15	0,15	12.812.770,76	1	0,15	0,15	A	0	0,00	0,10	0,40	MEDIA
33	Planta ENAP Bateria de recepción Tierra del Fuego (BRTF)	-52.6955222 -68.0000002	2,14	0	0,00	0,20	35,10	0	0,00	0,20	25,79	0	0,00	0,10	140.000,00	1	0,10	0,10	135,56	0	0,00	0,15	6.645.690,00	1	0,15	0,15	C	1	0,10	0,10	0,35	MEDIA
34	Pileta de emergencia Planta ENAP	-52.700244 -68.000725	1,70	0	0,00	0,20	35,10	0	0,00	0,20	25,66	0	0,00	0,10	1.100,00	0,5	0,05	0,10	135,43	0	0,00	0,15	205.497,23	0	0,00	0,15	B	0,5	0,05	0,10	0,10	BAJA