
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA Y AMBIENTE



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL
PARA PROYECTOS DEL SECTOR
HIDROCARBUROS RESIDUOS

TRATAMIENTOS INTEGRALES MV, S.A. DE C.V.
“PROYECTO ECOLÓGICO MOVA
(OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO)”

Localidad Paseo de Los Carros, Municipio de Cotaxtla,
Estado de Veracruz de Ignacio Llave, México

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
1. OBJETIVO	14
2. ALCANCE	15
3. GENERALIDADES	16
4. DEFINICIONES	17
DATOS DEL PROMOVENTE	21
RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	21
ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	22
BASES DE DISEÑO	22
CARACTERISTICAS DEL SITIO	26
PROYECTO CIVIL	36
DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO	43
NOMBRE, DESCRIPCIÓN DETALLADA DE TODOS LOS PROCESOS	47
II.2 Hojas de seguridad	114
II.3 Almacenamiento	114
II.4 Equipos de proceso y auxiliares	115
II.5 Pruebas de verificación	126
III.1.a Condiciones de operación de la planta	128
III.1.b. Diagramas de flujo de proceso, donde se indiquen los equipos principales y auxiliares, así como los balances de masa.	128
5.1.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN.	133
IV.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA	133
IV.2 DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI'S) LEGIBLES Y CON LA NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA CORRESPONDIENTE.	134
IV.3 ESPECIFICACIÓN DEL CUARTO DE CONTROL	135
V ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	136
V.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.	136
V.2 Sistemas de aislamiento	141
V.3 Metodologías de identificación y jerarquización	142
V.4 Descripción de la metodología what-if jerarquizado	142

V.5 Resultado de la aplicación de las metodologías.....	144
VI PRESENTACIÓN DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.....	147
VI.1 Interacciones de Riesgo.....	158
VI.2 Efectos Sobre El Sistema Ambiental	159
VII RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.	160
VII.1 Recomendaciones derivadas del Análisis Qué Pasa Si...?	160
VII.2 Sistemas de seguridad	162
VII.3 Medidas Preventivas.....	171
SISTEMA CONTRA-INCENDIO.....	172
VIII CONCLUSIONES.....	173
Señalar Las Conclusiones Del Estudio	174
RESUMEN EJECUTIVO.....	175
VIII.1 Señalar Las Conclusiones Del Estudio	176
VIII.2 Resumen De La Situación General Que Presenta El Proyecto En Materia De Riesgo Ambiental.....	177
VIII.3 Informe Técnico	177

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas del polígono proyecto.	7
Tabla 2 Descripción de las celdas.	10
Tabla 3 Coordenadas UTM correspondientes al área de influencia.	12
Tabla 4 Coordenadas UTM correspondientes al área del proyecto	12
Tabla 5 Coordenadas UTM correspondientes al área de tratamiento del proyecto y su superficie.	13
Tabla 6 Coordenadas UTM correspondientes al área de tratamiento del proyecto y su superficie en M².	14
Tabla 7 Consumo de agua en las etapas del proyecto.	39
Tabla 8 Coordenadas UTM correspondientes al área de influencia	41
Tabla 9 Coordenadas UTM correspondientes al área del proyecto.	41
Tabla 10 Coordenadas UTM correspondientes al área de tratamiento del proyecto y su superficie	42
Tabla 11 Superficie a utilizar.	42
Tabla 12 Procesos de tratamientos a realizar dentro del proyecto	44
Tabla 13 Listado de residuos para recepción y manejo.	45

Tabla 14 Proceso de tratamiento para los Residuos Peligrosos y límites esperados.	45
Tabla 15 Proceso de tratamiento para los Residuos de Manejo Especial (RME).	46
Tabla 16 Oxidación Química OXIQ-FS	47
Tabla 17 PILA-FS Biorremediación por Biopilas	54
Tabla 18 Desorción Térmica DESO-FS	60
Tabla 19 Criterios para la selección del tipo de desorción térmica DESO-FS	60
Tabla 20 Tiempos de retención de suelos con 15000 ppm de hidrocarburos.	68
Tabla 21 Proceso de tratamiento de biorremediación por biopilas.	75
Tabla 22 Equipos a utilizar en los procesos de tratamiento.	86
Tabla 23 Especificaciones del Equipo de Desorción Térmica.	89
Tabla 24 Condiciones de operación para el proceso de desorción.	89
Tabla 25 Características del horno rotatorio.	90
Tabla 26 Características del horno de Desorción.	91
Tabla 27 Características de la lavadora tipo scrubber.	95
Tabla 28. Características de los alimentadores.	96
Tabla 29 Especificaciones de las tolvas y bandas transportadoras.	97
Tabla 30 Capacidad de tratamiento anual Suelos contaminados con hidrocarburos y materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos	99
Tabla 31 Capacidad de tratamiento anual. Residuos de manejo especial. Fluidos y recortes de perforación base agua.	99
Tabla 32 Capacidad de tratamiento anual. Residuos de manejo especial. Fluidos y recortes de perforación base aceite.	99
Tabla 33 Programa de trabajo.	100
Tabla 34 Control de mantenimiento general.	106
Tabla 35 Personal requerido para la etapa de Operación y Mantenimiento.	107
Tabla 36 Maquinaria y equipo requerido para la etapa de Operación y Mantenimiento.	109
Tabla 37 Listado de sustancias	112
Tabla 38 Sustancias requeridas durante la etapa de operación, almacenamiento mantenimiento y abandono.	113
Tabla 39 Tanques de almacenamiento	114
Tabla 40 Características de la línea de desorción térmica.	117
Tabla 41 Temperaturas de operación	117
Tabla 42 Especificaciones secador rotatorio	117
Tabla 43 Características horno rotatorio	118
Tabla 44 Características horno de desorción	118
Tabla 45 Características Scrubber	122
Tabla 46 Características tolvas	123
Tabla 47 Sistema conectivo de tolvas	124
Tabla 48 Tipos de alimentador	124
Tabla 49 Condiciones básicas de operación en los diferentes procesos.	128
Tabla 50 Condiciones de operación	133

Tabla 51 Antecedentes de accidentes e incidentes	140
Tabla 52 Características técnicas de liner a utilizar.	141
Tabla 53 Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso	142
Tabla 54 Escenarios de riesgo identificado	144
Tabla 55 Resultados análisis What If?	146
Tabla 56 Criterios para zonas de seguridad	147
Tabla 57 Escenarios a evaluar	147
Tabla 58 Datos para simulación Nodo 1 (Peor Caso)	148
Tabla 59 Zonas de protección Nodo 1	150
Tabla 60 Datos para simulación Nodo 2 (Caso más probable)	151
Tabla 61 Zonas de Protección Nodo 2	154
Tabla 62 Radios de afectación para los eventos analizados	155
Tabla 63 Interacciones de riesgo	158
Tabla 64 Cursos de capacitación para el personal	170
Tabla 65 Equipos contra incendio	172
Tabla 66 Descripción de eventos	174
Tabla 67 Radios de afectación para los eventos analizados	174
Tabla 68 Descripción de eventos	176
Tabla 69 Radios de afectación para los eventos analizados	177

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación topográfica del predio y del área del "Proyecto Ecológico MOVA"	8
Figura 2 Imagen satelital de la ubicación del área del "Proyecto Ecológico MOVA"	9
Figura 3 Distribución de las celdas sobre la superficie autorizada en el Área 1	10
Figura 4 Distribución de las superficies con modificaciones de proyecto. Área 2	11
Figura 5 Distribución de las superficies con modificaciones de proyecto. Área 3	11
Figura 6 Ubicación del "Proyecto Ecológico MOVA"	24
Figura 7 Plano de las instalaciones del "Proyecto Ecológico MOVA"	25
Figura 8 Topografía	26
Figura 9 Unidades climáticas	27
Figura 10 Hietograma	28
Figura 11 Temperatura media mensual (°C)	28
Figura 12 Coeficiente de infiltración	29
Figura 13 Hidrografía regional	34
Figura 14 Vientos dominantes	35
Figura 15 Oficinas y sanitarios ubicados en la superficie contigua al Área 1	37
Figura 16 Camino existente	38
Figura 17. Báscula	38
Figura 18 Diagrama de flujo Oxidación química OXIQ-FS	51

Figura 19 Diagrama de flujo PILA-LS, Biorremediación por biopilas.....	57
Figura 20 Diagrama de Desorción Térmica DESO-FS.	64
Figura 21 Gráfico de Regresión Lineal a distintas temperaturas.	68
Figura 22 Diagrama de flujo para recepción y acondicionamiento de RME, recortes y fluidos de perforación base agua y/o base aceite.	70
Figura 23 Diagrama de flujo para recepción y acondicionamiento de RME, recortes y fluidos de perforación base agua y/o base aceite.	79
Figura 24 Diagrama de flujo general de la operación del proyecto.....	101
Figura 25 Equipo Petroflag	104
Figura 26 Diagrama de flujo Oxidación Química OXIQ-FS.....	129
Figura 27 Diagrama de flujo Neutralización Química NEUQ-FS para suelos o materiales semejantes a suelos contaminados con ácidos.....	130
Figura 28 Diagrama de flujo Neutralización Química NEUQ-FS para suelos o materiales semejantes a suelos contaminados con álcalis.	131
Figura 29 Diagrama de flujo Biorremediación por Biopilas PILA-LS.	132
Figura 30 Diagrama de Tubería Instrumentación (DTI) de Desorción Térmica.....	134
Figura 31 Código de simulación Aloha Nodo 1.	148
Figura 32 Resultados de simulación de emisión por evaporación Nodo 1.	149
Figura 33 Velocidad de evaporación Nodo 1.	150
Figura 34 Dataset de simulación	152
Figura 35 Resultados de simulación fuga de ácido clorhídrico	153
Figura 36 Velocidad de evaporación	154
Figura 37 Radios potenciales de afectación por dispersión toxica	156
Figura 38 Radios potenciales de afectación proyecto ecológico MOVA	157
Figura 39 Radio del proyecto.....	162
Figura 40 Vulnerabilidad acuífera	164

INTRODUCCIÓN

Como antecedentes, La empresa **Tratamientos Integrales MV S.A. de C.V.** (*de aquí en adelante El Promovente*), ingresó el 03 de septiembre de 2020 una Manifestación de Impacto Ambiental modalidad particular (MIA-P) así como el Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) a la SEMARNAT solicitando su evaluación en materia de impacto y riesgo ambiental, para el **“Proyecto Ecológico MOVA”** (proyecto), quedando registrado con la clave 30VE20210072.

El promovente, considerando el tipo de residuos a los que pretende dar tratamiento, realizó una evaluación de las fuentes de generación considerando el sector de hidrocarburos donde se generan suelos contaminados con hidrocarburos, así como materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos (lodos de presas, lodos y sedimentos de cárcamos, lodos y sedimentos de tanques de almacenamiento, entre otros), además de residuos peligrosos del sector industrial.

Por otro lado, el **“Proyecto Ecológico MOVA”**, cuenta con una autorización previa en materia de impacto ambiental con oficio No. SGPA/DGIRA/DG/02315 para las tres etapas del proyecto, autorizando la operación para el tratamiento de residuos industriales, exceptuando el tratamiento de residuos generados por las operaciones de actividades que corresponden al sector hidrocarburos. Por lo que el sitio ha sido seleccionado debido a que ya cuenta con una autorización previa en materia de impacto ambiental, así mismo ya se tiene infraestructura para la operación del sitio, solo se evaluarán en el presente estudio las áreas que se pretenden utilizar para el tratamiento de residuos generados por las operaciones de actividades que corresponden al sector hidrocarburos.

Con fecha 24 de junio de 2021, la SEMARNAT a través de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) mediante oficio No. SGPA/DGIRA/DG/02315 dictaminó que el proyecto es ambientalmente viable y resuelve de manera condicionada bajo quince (15) Términos y cuatro (4) condicionantes establecidas en el Término Séptimo.

El proyecto fue autorizado con una vigencia de un (1) año para la preparación del sitio y construcción y de treinta (30) años para la operación.

El predio donde se ubicará el proyecto se localiza en la localidad Paseo de Los Carros, Municipio de Cotaxtla, Estado de Veracruz de Ignacio Llave, México. Las colindancias del predio son las siguientes:

Norte: Área 4 y 5, en un estimado de 1.62 kilómetros el Río Cotaxtla

Sur: Carretera 150 Boca del Río – Córdoba

Este: Terreno Agrícola y Lotes Baldíos.

Oeste: Terreno Agrícola.

El acceso principal al predio es por la Carretera No. 150 Boca del Río – Córdoba.

Superficie.

Las actividades por desarrollar para el tratamiento de residuos por las operaciones de actividades que corresponden al sector hidrocarburos estarán inmersas en las Áreas 1, 2 y 3, así como las superficies aledañas donde se cuenta con obras complementarias como oficinas, sanitarios, almacén de insumos, etc. Se muestran las coordenadas del polígono del proyecto.

Nombre	Coordenadas UTM (Sistema WGS 84)	
	X	Y
V1	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP	
V2		
V3		
V4		
V5		
V6		

Tabla 1 Coordenadas del polígono proyecto.

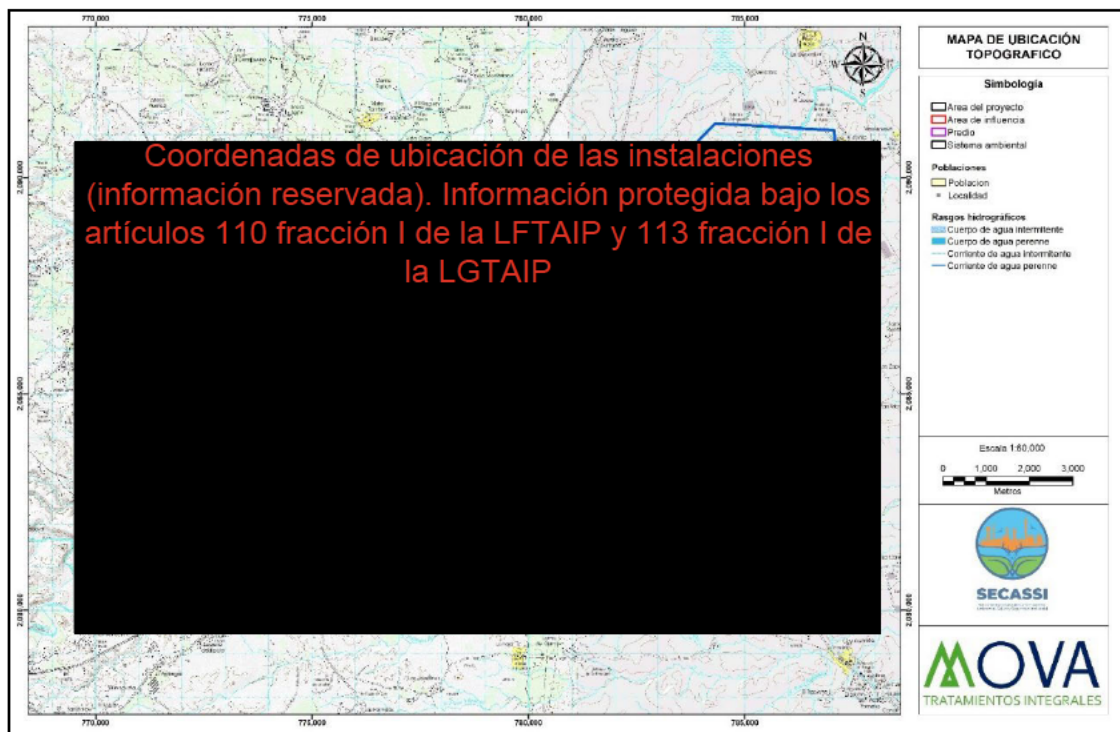


Figura 1 Ubicación topográfica del predio y del área del “Proyecto Ecológico MOVA”

En la siguiente imagen se muestra el polígono del proyecto.

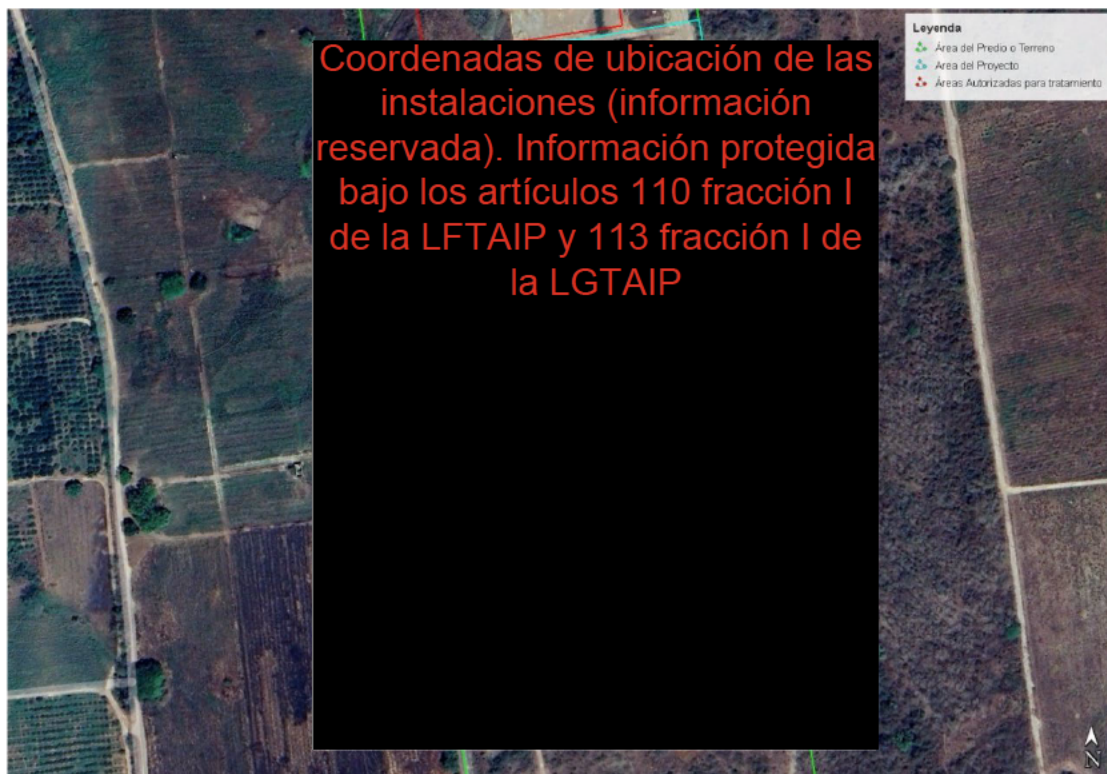


Figura 2 Imagen satelital de la ubicación del área del “Proyecto Ecológico MOVA” y las 3 áreas de interés para los procesos de tratamiento.

(Fuente: Google Earth 2024)

Proyecto inicial (SEMARNAT)	No. de celdas (proyecto inicial)	Descripción (Proyecto actualizado) ASEA
Área 1	Dentro de esta superficie se cuenta con 8 celdas para tratamiento de residuos industriales (SEMARNAT).	• Celdas 1 y 2 (SEMARNAT) Residuos industriales, Suelos contaminados con hidrocarburos y materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos. • Celda 3, 4, 5 y 6- (ASEA) Suelos contaminados con hidrocarburos y materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos. • Celda 7. (ASEA) Residuos de manejo especial (Recortes y fluidos de perforación base agua). • Celda 8. (ASEA) Residuos de manejo especial (Recortes y fluidos de perforación base aceite.)
Área 2	El proyecto identifica esta superficie como almacenamiento para recepción y clasificación de los residuos, Existen 4 celdas de diferentes dimensiones y 4 fosas.	En toda la superficie se proyecta tratar residuos de manejo especial del sector hidrocarburos, (recortes y fluidos de perforación base agua y base aceite). • Recortes y fluidos de perforación base agua. (ASEA) Fosa 1, fosa 2, celda 11 y celda 12. • Recortes y fluidos de perforación base aceite. (ASEA). Fosa 3, fosa 4, celda 9 y celda 10.
Área 3	Toda la superficie se proyectó para tratamiento de residuos industriales, por los tratamientos de desorción térmica, incineración y pirólisis.	La modificación incluye 3 celdas para el tratamiento de desorción térmica, las que ocupan una fracción de la superficie autorizada. • Celda 13. (ASEA). Recortes y fluidos de perforación base aceite • Celda 14. (ASEA). Suelos contaminados con hidrocarburos. • Celda 15. (ASEA/SEMARNAT). Alimentación del horno.

Tabla 2 Descripción de las celdas.

Para una referencia gráfica se muestran en la siguiente imagen la actualización del proyecto en las Áreas 1, 2 y 3.



Figura 3 Distribución de las celdas sobre la superficie autorizada en el Área 1.



Figura 4 Distribución de las superficies con modificaciones de proyecto. Área 2.



Figura 5 Distribución de las superficies con modificaciones de proyecto. Área 3.

Ver el Anexo 2. Plano de distribución de las áreas de tratamiento, para mayor referencia.

1 SUPERFICIES Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

- a) Área de influencia del proyecto. Por lo que respecta a la delimitación del área de influencia del proyecto, se utilizó el mismo criterio empleado en la MIA autorizada por SEMARNAT, siendo el principal criterio considerado el alcance de los efectos (impactos ambientales y radios de afectación de riesgo ambiental) del proyecto ante alguna eventualidad. En este caso, se realizaron simulaciones para obtener los radios de afectación de riesgos por toxicidad del ácido clorhídrico al 30% (tres bidones) en el Área 1 Tratamientos Biológicos y Químicos (Biorremediación biológica, oxidación y neutralización químicas en pilas de tratamiento); los resultados arrojaron una zona de alto riesgo en un radio de 10 m y una zona de amortiguamiento en un radio de 38 m, lo cual es un riesgo que no pasa los límites de la poligonal del predio donde se ubicarán las instalaciones del proyecto MOVA.

COORDENADAS UTM ZONA 14, ITRF 08		
Vértices Área de Influencia		
Vértice	X	Y
1	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP	
2		
3		
4		
1		
Área o Superficie (Ha)		192.86

Tabla 3 Coordenadas UTM correspondientes al área de influencia.

- b) Área del Proyecto. Se definió en base a la superficie requerida para realizar las obras o actividades operativas para llevar a cabo los procesos de tratamientos para los residuos peligrosos y de manejo especial provenientes de las actividades del sector hidrocarburos.

COORDENADAS UTM ZONA 14, ITRF 08		
Vértices Área del Proyecto		
Vértice	X	Y
1	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP	
2		
3		
4		
5		
1		
Área o Superficie (Ha)		13.8344

Tabla 4 Coordenadas UTM correspondientes al área del proyecto

La superficie de las 3 Áreas que integran al proyecto y que se utilizarán para el tratamiento de los residuos que corresponden al sector hidrocarburos, se localizan en las siguientes coordenadas.

COORDENADAS UTM ZONA 14, ITRF 08						
Vértices Área de Influencia						
Área	X	Y	Superficie			
Área 1	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP		2.9474			
Área 2				1.8154		
Área 3					2.6503	
Área o Superficie (Ha):					7.4131	

Tabla 5 Coordenadas UTM correspondientes al área de tratamiento del proyecto y su superficie.

Infraestructura	Superficie m ²	Porcentaje respecto a la superficie total.
Área 1	29,474.26	21.30
Área 2	18,154.86	13.12
Área 3	26,503.50	19.16
Retorno 1	1,245.36	0.90
Retorno 2	4,153.76	3.00
Retorno 3	2,996.55	2.17
Retorno 4	3,619.48	2.62
Áreas de apoyo ¹	52,196.31	37.73
Total	138,344.08	100.00%

Tabla 6 Coordenadas UTM correspondientes al área de tratamiento del proyecto y su superficie en M².

¹ superficie de áreas de apoyo; (Caminos interiores, oficinas, infraestructura móvil para el proceso de tratamiento etc).

1. OBJETIVO

Tratamientos Integrales MV, S.A. de C.V., consciente de que la seguridad es un aspecto crucial dentro de los valores y procedimientos para una operación exitosa, ha desarrollado este Análisis de Riesgo Para Proyectos del Sector Hidrocarburos con el objetivo de describir la situación general que la Planta representará en términos de riesgo ambiental. Además, se identifican y señalan las posibles desviaciones y las áreas que podrían verse afectadas en el entorno, estableciendo también recomendaciones para eliminar, corregir, reducir o mitigar los riesgos detectados que podrían generar consecuencias no deseadas, afectando tanto la integridad de las instalaciones como la del entorno.

Los objetivos establecidos para el presente Análisis de Riesgos de Procesos son:

1. Llevar a cabo la identificación de peligros y riesgos mediante la aplicación de la técnica What-If o ¿Qué pasa sí? (cualitativas), y Análisis de Consecuencias por simulación mediante el software ALOHA (cuantitativas), al proyecto “Proyecto Ecológico MOVA” con la finalidad de identificar y evaluar escenarios potenciales de riesgo, hacia el Personal, al Ambiente, al

Negocio y a la Imagen de la Empresa; y diseñar estrategias para disminuirlos y/o minimizar sus consecuencias, cumpliendo con las políticas de seguridad y protección ambiental requeridas por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).

2. Determinar las acciones necesarias que permitan reducir la probabilidad de ocurrencia de incidentes durante el desarrollo de las operaciones del **“Proyecto Ecológico MOVA”** perteneciente a la empresa **Tratamientos Integrales MV S.A. de C.V.**

3. Desarrollar el Análisis de Riesgos de Procesos (ARP), mediante la metodología What-If o ¿Qué pasa si?, para el proyecto, bajo los lineamientos de la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgos para el Sector Hidrocarburos, elaborado por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA), publicada en julio de 2020.

2. ALCANCE

El Análisis de Riesgos de Procesos, incluye los siguientes alcances:

1. Recopilación de la información en el centro de trabajo
2. Conformación del Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER).
3. Reunión de trabajo con el personal técnico responsable de las operaciones de la instalación.
4. Recorrido a la instalación para visualizar los sitios en los que se realizarán los procesos.
5. Aplicación del Análisis Cualitativo, seleccionando la metodología What-If o ¿Qué pasa si?, para la identificación de riesgos inherentes en las instalaciones y secciones de proceso a evaluar, utilizando Software ALOHA.
6. Análisis de consecuencias de los escenarios identificados como “Peor Caso”, “Caso de Mayor Riesgo” y “Caso Alterno”, utilizando Software ALOHA.
7. Recomendaciones emitidas en el presente estudio y aprobadas por los participantes del GMAER, los cuales serán de observancia obligatoria.

3. GENERALIDADES

Se empleará el término “**Proyecto nuevo**” para referirse a Proyectos que se encuentran en fase de Diseño o Construcción y que aún no se encuentran en Operación.

Los Regulados que elaboren el Estudio de Riesgo (ER) y el Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) para dar cumplimiento a los Artículos 30 y 147 de la LGEEPA y a los Artículos 17, primer y último párrafo, y 18 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental podrán utilizar la presente Guía de la manera siguiente:

- a. Para elaborar el Estudio de Riesgo (ER) solamente usarán los apartados del capítulo 5, numerales 1, 2, 3, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.2, 5, 6, 8, 9 y 10, los receptores de Riesgo considerados serán únicamente los referentes al Sistema Ambiental, es decir población y medio ambiente, tomando en cuenta las afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas, y
- b. Para elaborar el Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) podrán utilizar la presente Guía en su totalidad, los receptores de Riesgo considerados serán únicamente los referentes al Sistema Ambiental, es decir población y medio ambiente.

En la figura 1, se pueden apreciar las principales diferencias en cuanto al contenido del ARSH (Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos), ER (Estudio de Riesgo) y ERA (Estudio de Riesgo Ambiental):

Figura 1. Matriz de principales diferencias en el contenido del ARSH, ER y ERA.

	ARSH	ER	ERA
Análisis Preliminar de Peligros	x		x
Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo	x		x
Análisis de vulnerabilidad	x	x	x
Receptores de riesgo: población y medio ambiente	x	x	x
- Afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas		x	
Receptores de riesgo: personal e Instalaciones/producción	x		
Etapas del Proyecto en el que se elabora	Desde el Diseño	Diseño	Operación

Por otro lado, el nivel recomendado de ingeniería para la elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos será conforme a la etapa del Proyecto en la que se encuentre:

3.1. Diseño

- a. Ingeniería básica extendida (como mínimo).

3.2. Construcción

- a. Ingeniería de detalle y/o aprobada para construcción (APC).

3.3. Operación, Cierre, Desmantelamiento y Abandono

- a. Ingeniería Aprobada para construcción (APC) y/o As-built (planos como fue construido).

4. DEFINICIONES

I. Amenaza: Es el acto que por sí mismo o encadenado a otros, puede generar un daño o afectación al personal, población, medio ambiente, Instalación, producción, otro;

II. Análisis de Riesgo de Proceso (ARP): Aplicación sistemática de una o más metodologías específicas para identificar Peligros y evaluar Riesgos de un proceso o sistema, con el fin de determinar los Escenarios de Riesgo y verificar la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, Salvaguardas y barreras suficientes ante las posibles Amenazas que propiciarían la materialización de algún Escenario de Riesgo identificado;

III. Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH): Documento que integra la identificación de peligros, evaluación y Análisis de Riesgos de Procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática y consistentemente los Escenarios de Riesgo generados por un Proyecto y/o Instalación, así como la existencia de dispositivos, Sistemas de Seguridad, Salvaguardas y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los Escenarios de Riesgo identificados; incluye el análisis de las interacciones de Riesgo y vulnerabilidades hacia el personal, población, medio ambiente, Instalaciones y producción, así como las recomendaciones o medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación para la reducción de Riesgos a un nivel Tolerable;

IV. Análisis Preliminar de Peligros: Es el resultado de realizar un primer intento para identificar en forma general los posibles Riesgos que pueden originar los Peligros en un Diseño o Instalaciones en operación, para ubicar la situación actual que se tiene respecto de la Administración de los Riesgos;

V. Caso Alterno: Es el evento creíble de una liberación accidental de una Sustancia Peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al Peor Caso ni al Caso Más Probable;

VI. Caso Más Probable: Con base a la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de una Sustancia Peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir;

VII. Efecto Dominó: También conocido como encadenamiento de eventos, es un evento asociado a un incendio o explosión en una Instalación, que multiplica sus consecuencias por efecto de la sobrepresión, proyectiles o la radiación térmica que se generan sobre elementos próximos y vulnerables, tales como otros recipientes, tuberías o equipos de la misma Instalación o Instalaciones próximas, de tal forma que puedan ocurrir nuevas fugas, derrames, incendios o explosiones que a su vez, pueden nuevamente provocar efectos similares;

VIII. Escenario de Riesgo: Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la probabilidad de ocurrencia y severidad de las consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la Simulación de consecuencias;

IX. Estudio de Riesgo (ER): Documento que indica los Escenarios de Riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones al medio ambiente, de tal manera que mediante el uso de metodologías y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños al medio ambiente, tomando en cuenta las afectaciones sobre la integridad funcional de los ecosistemas, donde se pretende desarrollar un Proyecto. Tiene por objetivo determinar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, verificar las vulnerabilidades que probablemente se presenten en caso de materialización de algún Escenario de Riesgo, así como las medidas de prevención, control, y mitigación de Riesgos ambientales, o aquellas que se van a implementar para prevenir las causas o mitigar las afectaciones al medio ambiente. Se incorpora a la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA);

X. Estudio de Riesgo Ambiental (ERA): Documento que indica los Escenarios de Riesgo identificados y evaluados con posibles afectaciones al medio ambiente, de tal manera que mediante el uso de metodologías y herramientas tecnológicas se cuantifiquen los probables daños al medio ambiente de un Proyecto en Operación. Tiene por objetivo determinar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento, verificar las vulnerabilidades que probablemente se presenten en caso de materialización de algún Escenario de Riesgo, así como las medidas de prevención, control, y mitigación de Riesgos ambientales;

XI. Exposición: Contacto de las personas o elementos que constituyen el medio ambiente con Sustancias Peligrosas o contaminantes químicos, biológicos o físicos o la posibilidad de una situación peligrosa derivado de la materialización de un Escenario de Riesgo;

XII. IDLH (“Immediately Dangerous to Life or Health”, por sus siglas en inglés) Inmediatamente Peligroso para la vida o la salud: Es la concentración máxima en el aire de una Sustancia Peligrosa, a la que una persona podría escapar durante un periodo de treinta minutos sin experimentar efectos irreversibles para la salud o síntomas graves que le impidan evacuar;

XIII. Peor Caso: Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario de Sustancia Peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, sin necesidad de conocer las causas ni su probabilidad de ocurrencia;

XIV. Proyecto: Actividad del Sector Hidrocarburos que se desarrolla o se pretende desarrollar en una o varias Instalaciones, y que se encuentra vinculada a un permiso o autorización emitido por la Secretaría de Energía o la Comisión Reguladora de Energía o bien, a un Plan de Exploración o de Desarrollo para la Extracción, aprobados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos;

XV. Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos;

XVI. Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo Inherente; el Riesgo Residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido;

XVII. Riesgo Tolerable: Es el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad;

XVIII. Salvaguarda: Dispositivo, sistema, procedimientos o programas, entre otros, destinados a proteger la seguridad física integral de las personas, el medio ambiente o la Instalación;

XIX. Sistemas de Seguridad: Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la Instalación y previenen situaciones que normalmente dan origen a Accidentes o emergencias;

XX. Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS): Es un Sistema de Seguridad que tiene implementadas una o más funciones de cualquier combinación de sensores (elementos primarios), controlador lógico y elementos finales;

XXI. Simulación: Representación de un Escenario de Riesgo o fenómeno mediante la utilización de sistemas o herramientas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, que permite estimar las consecuencias de dichos escenarios a partir de las propiedades físicas y químicas de las sustancias o componentes de las mezclas de interés, en presencia de determinadas condiciones y variables atmosféricas;

XXII. Sustancia Explosiva: La que genera una gran cantidad de calor y ondas de sobrepresión de manera espontánea o por acción de alguna energía;

XXIII. Sustancia Inflamable: Aquella capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una fuente de ignición;

XXIV. Sustancia Peligrosa: Cualquier sustancia que, al ser emitida, puesta en ignición o cuando su energía es liberada (fuego, explosión, fuga tóxica) puede causar daños al ambiente, a las personas y a las Instalaciones debido a sus características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad, corrosión, inestabilidad térmica, calor latente o compresión;

XXV. Sustancia Tóxica: Aquella que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, alteraciones al material genético o muerte;

XXVI. TLV (15 min, STEL): ("Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit", por sus siglas en inglés) Valor umbral límite-Límite de Exposición a corto plazo. Exposición para un periodo de 15 minutos, que no puede repetirse más de 4 veces al día con al menos 60 minutos entre periodos de Exposición;

XXVII. TLV (8 h. TWA): ("Threshold Limit Value-Time Weighted Average", por sus siglas en inglés). Valor umbral límite-Promedio ponderada en el tiempo. Concentración ponderada para una jornada normal de trabajo de ocho horas y una semana laboral de cuarenta horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin que se evidencien efectos adversos;

XXVIII. Vulnerabilidad: Es la mayor o menor facilidad de la ocurrencia de una Amenaza en virtud de las condiciones que imperan; puede decirse que son los puntos o momentos de debilidad que se

tienen y pueden favorecer la ocurrencia de un acto negativo o el aumento de las consecuencias de este;

XXIX. Zona de Amortiguamiento para el Análisis de Riesgo: Área donde pueden permitirse determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de Salvaguardar a la población y al ambiente, y

XXX. Zona de Alto Riesgo para el Análisis de Riesgo: Área de restricción total en la que no se deben permitir actividades distintas a las del Proyecto.

XXXI. Recepción y acondicionamiento de suelo contaminado: Proceso en el cual se recibe el material contaminado, se retiran materiales extraños, y se acomoda el suelo en pilas de tratamiento, utilizando maquinaria como retroexcavadoras.

XXXII. Mantenimiento de la humedad y adición de surfactante: Fase en la que se aplican agentes biodegradables, como biosurfactantes, que aumentan la biodisponibilidad del contaminante y controlan la humedad del material para evitar la emisión de compuestos orgánicos volátiles.

XXXIII. Tratamiento del suelo contaminado con hidrocarburos: Proceso de remoción del suelo contaminado que incluye la aplicación de oxidantes (H_2O_2 o $KMnO_4$) para degradar los contaminantes. También se aplica el reactivo de Fenton (peróxido de hidrógeno y hierro) para acelerar la degradación en condiciones ácidas.

XXXIV. Reestructuración del suelo: Etapa en la que se aplica bacterias específicas o autóctonas para devolver el suelo a un estado más cercano al natural, tras haber alcanzado niveles aceptables de hidrocarburos.

XXXV. Tratamiento del suelo, adición de composta o mejoradores del suelo: Se refiere a la homogenización continua del suelo contaminado con microorganismos, y la adición de mejoradores del suelo para facilitar su restauración tras el proceso químico.

XXXVI. Monitoreo: Control constante de las variables del proceso de tratamiento, como temperatura, pH y humedad, para asegurar un tratamiento eficaz y ajustarlo según los niveles esperados de contaminantes.

XXXVII. Control del proceso: Verificación de la eficiencia del proceso mediante el monitoreo de la concentración de hidrocarburos, utilizando equipos portátiles como el Petroflag.

XXXVIII. Toma de la muestra: Proceso coordinado con autoridades como la PROFEPA para tomar muestras del suelo antes y después del tratamiento, y realizar los análisis necesarios.

XXXIX. Finalización del tratamiento: Etapa en la que se verifica que los niveles de contaminantes cumplan con la normativa aplicable y el suelo se devuelve al sitio original o se entrega para su disposición adecuada

XL. Liner plástico: Revestimiento impermeable colocado en las celdas profundas para evitar que los líquidos almacenados entren en contacto con el subsuelo y causen contaminación.

Celdas para residuos secos: Espacios designados para almacenar residuos sólidos, con una capacidad de 27,000 m³ por evento. Se dividen en 3 áreas de aproximadamente 1,500 m².

XLI. Celdas profundas: Fosas cubiertas con liner plástico, diseñadas para contener lodos y recortes húmedos. Tienen una pendiente en forma de cuña para asegurar que los residuos no entren en contacto con el subsuelo, con una capacidad total de 14,000 m³.

XLII. PEAD: polietileno de alta densidad.

DATOS DEL PROMOVENTE

1.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Tratamientos Integrales MV S.A. de C.V.

I.1.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES

RFC de la persona moral. Información protegida bajo los artículos 113 fracción I LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP

I.1.3 NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL

C. Jorge Jesús Vélez Castillo

I.1.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL

Domicilio, teléfono y correo electrónico del Representante Legal, datos protegidos bajo el Art. 113 fracción I de la LFTAIP, y 116 de la LGTAIP.

RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

Nombre: Biól. Roberto Tovar Peña

Especialidad: Biólogo

Cedula Profesional: 2176798

Nombre: Miguel Ángel García Riojas

Especialidad: MC Sistemas de Información

Cedula Profesional: 9495494

ACTIVIDAD PRODUCTIVA PRINCIPAL.

Manejo integral, acopio, transporte y tratamiento de residuos peligrosos, residuos de manejo especial, suelos o materiales semejantes a suelos contaminados.

ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

BASES DE DISEÑO

La empresa Tratamientos Integrales MV, S.A. de C.V., determinó la instalación del proyecto en el Municipio de Cotaxtla, en el Estado de Veracruz, con la finalidad de contar con un Complejo Ecológico que se encargue del manejo integral de residuos industriales generados en actividades petroleras, aplicando principios tecnológicos de tratamiento, recuperación, reúso, reciclaje y reducción, garantizando el correcto manejo de los materiales y residuos recibidos, en cumplimiento con la normatividad ambiental vigente y aplicable, y con los principios de conservación de los recursos naturales.

El predio donde se ubicará el Proyecto Ecológico MOVA se localiza en la localidad Paseo de Los Carros, Municipio de Cotaxtla, Estado de Veracruz de Ignacio Llave, México. Las colindancias del predio se muestran en la Figura 1:

Norte:	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada).
Sur:	Información protegida bajo los artículos 110
Este:	fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP
Oeste:	

En la región se generan una gran cantidad de residuos y materiales peligrosos, derivadas de actividades petroleras, exploración y producción, gas y petroquímica básica, refinación y complejos petroquímicos entre los que sobresalen los fondos de tanques de almacenamiento de hidrocarburo, suelos contaminados con hidrocarburos, residuos y/o sólidos sedimentados en cárcamos, cunetas y presas A.P.I., lodos sedimentados durante el tratamiento de aguas industriales aceitosas y/o con hidrocarburo emulsionado listados o que exceden los límites establecidos en la NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, NOM-098-SEMARNAT-2002, entre otras que apliquen.

Estos residuos peligrosos se generan en una cantidad importante en la zona sur y sureste del

país, dentro de los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche, lo que se pretende con este proyecto es ofertar un servicio integral, dando cumplimiento a la legislación ambiental aplicable, con la finalidad de tratar, recuperar, reutilizar, reciclar y sobre todo de conservar y optimizar los recursos.

Lo anterior con el propósito de brindar una mejor oferta Técnico – Económica de servicios integrales en la zona, que garantice, con tecnología y capacidad operativa, el correcto tratamiento y manejo de los residuos peligrosos, ofertando la reutilización de estos y generando fuentes de empleo directas e indirectas, favoreciendo la conciencia y la responsabilidad que todos tenemos con el ambiente.

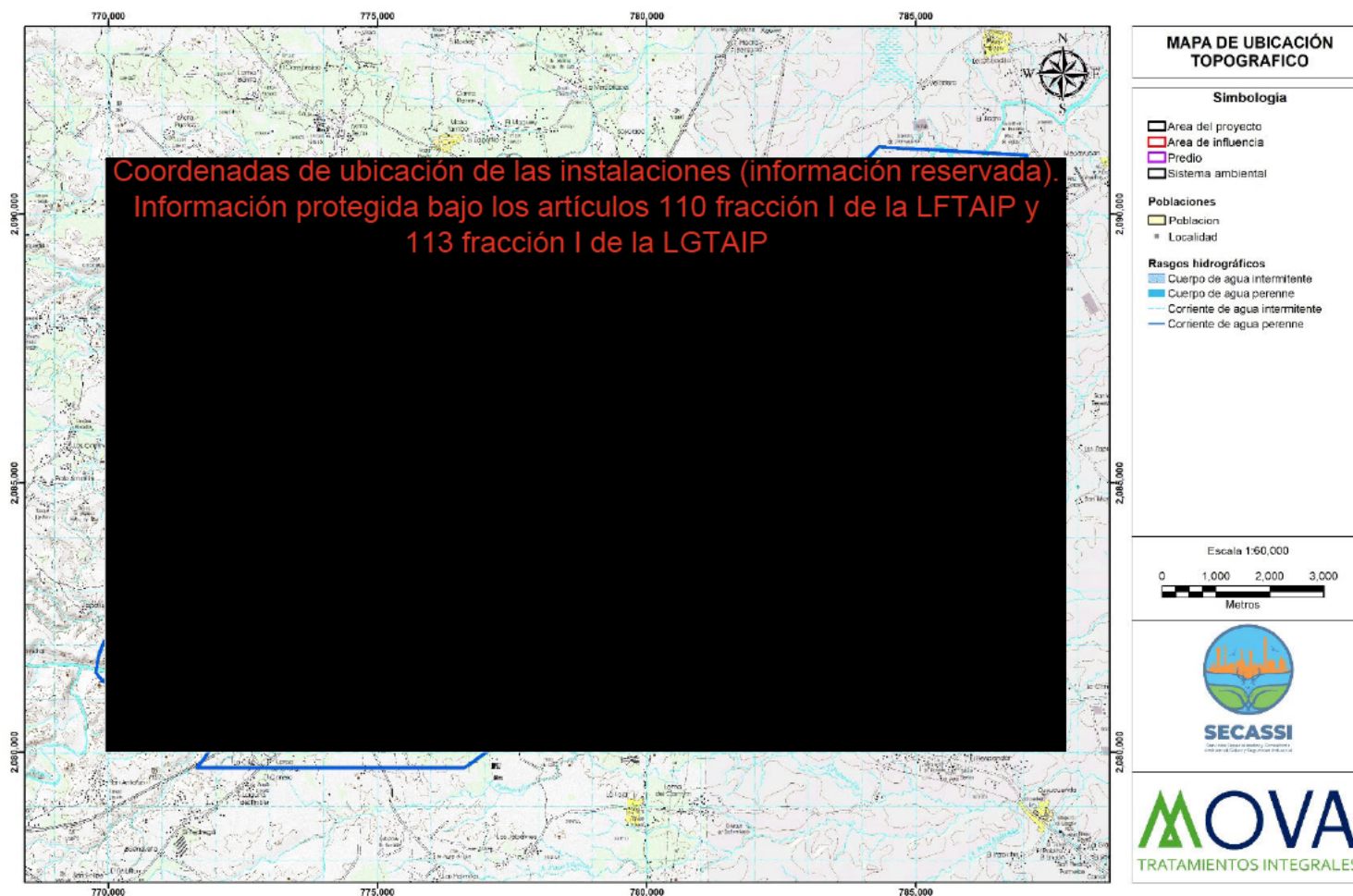


Figura 6 Ubicación del “Proyecto Ecológico MOVA”

Las instalaciones que conforman el "Proyecto Ecológico MOVA" se indican en el plano de conjunto (Figura 2)



Figura 7 Plano de las instalaciones del "Proyecto Ecológico MOVA"

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

Relieve.

De manera Regional, el relieve en el área de estudio se caracteriza por la presencia de elevaciones del terreno que disminuyen en dirección del río Cotaxtla y zonas planas, las elevaciones máximas se encuentran cerca de los 103 m.s.n.m. y las mínimas a 15 m.s.n.m.

Localmente y de conformidad con lo observado en la siguiente figura, se aprecia que las mayores elevaciones se encuentran hacia la porción Sur del área de estudio (68 msnm), mientras que las zonas más bajas y con menor relieve se ubican hacia el Noreste y en las cercanías al río Cotaxtla (23.93 msnm).



Figura 8 Topografía

Climatología

El clima en el área de estudio corresponde a cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano como se indica en la siguiente figura, con temperatura y precipitación medias anuales de 25.5 °C y 1149 mm, respectivamente. La evapotranspiración es de 1026 mm anuales. De acuerdo con la información obtenida de las estaciones climatológicas más cercanas, el ciclo de lluvias comienza en el mes de junio y concluye en noviembre; los valores máximos de precipitación se presentan en el mes de julio con 282 mm. Por otra parte, los valores mínimos corresponden a 9.9 mm para el mes de marzo. En cuanto a los datos de temperatura, las mayores se registran en el mes de mayo (29°C), mientras que las menores temperaturas se registran en enero con 20 °C, siendo dicho mes el más frío. Como se muestra en las siguientes figuras, para la zona de estudio, la precipitación media anual es de 1152 mm/año y la temperatura media es de 25°C.

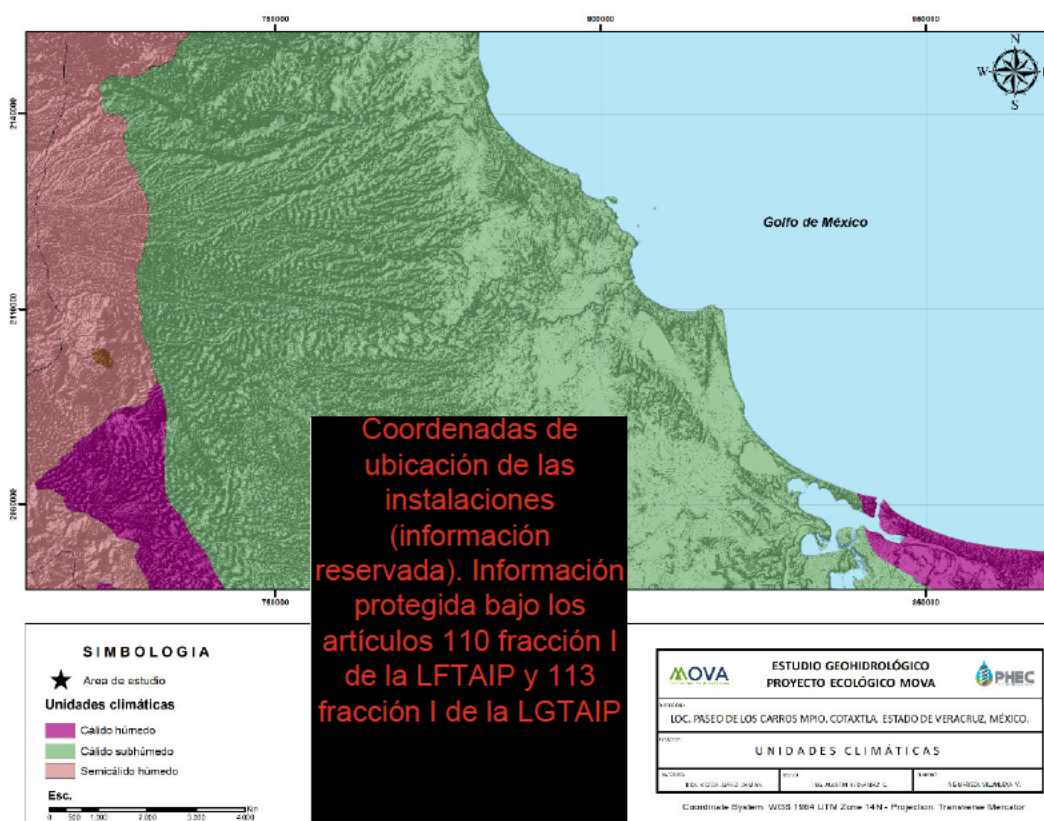


Figura 9 Unidades climáticas

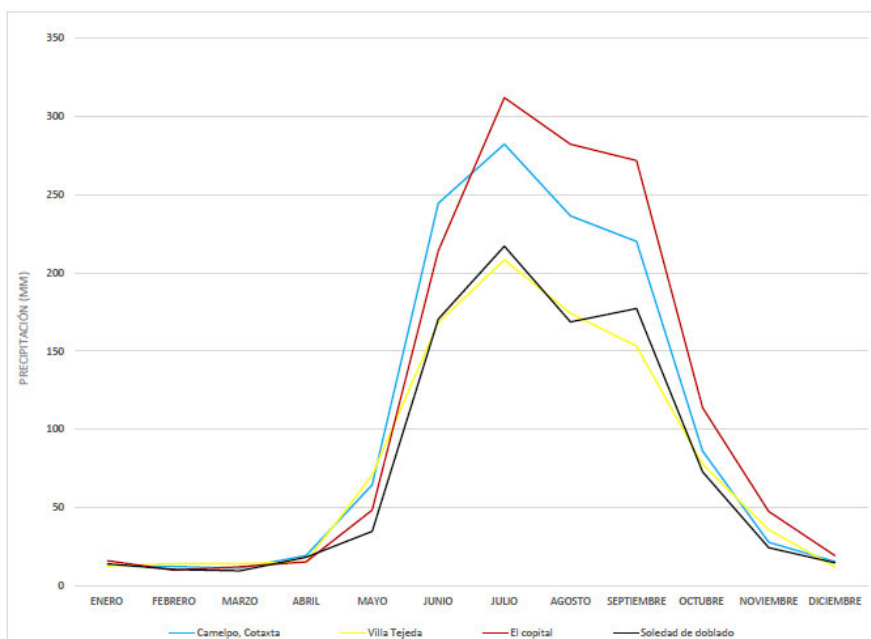


Figura 10 Hietograma

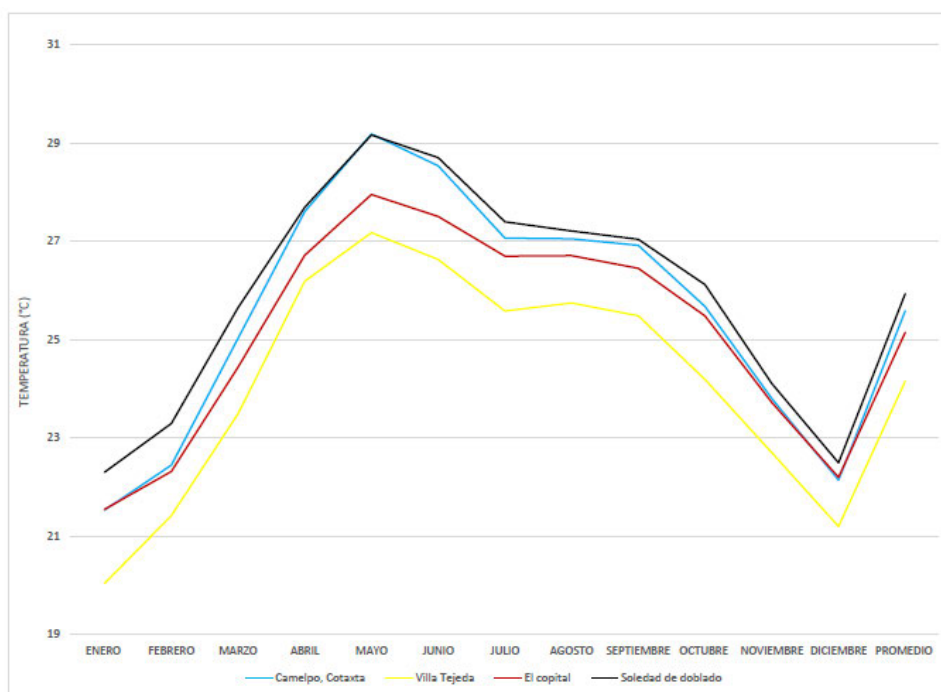


Figura 11 Temperatura media mensual (°C)

Para identificar el potencial de infiltración de fluidos en la zona de estudio, se efectuó la determinación del coeficiente de infiltración, a través de un balance hidrológico, el cual fue desarrollado de conformidad a lo establecido en la NOM-011-CONAGUA-2000. la zona de estudio se presenta un coeficiente de infiltración del 4% como se aprecia en la siguiente figura; Lo cual implica una recarga anual promedio de 41,043.36 m³, un volumen de precipitación media anual de 985,040.64 m³, Evapotranspiración de 899,533.65 m³.

Es importante mencionar que el coeficiente de infiltración del 4%; está directamente relacionado con el agua que recargaría al acuífero, toda vez que este valor considera las pérdidas por evapotranspiración; no obstante, para cuantificar la capacidad de infiltración del terreno se debe omitir dicho valor; siendo este el inverso al coeficiente de escorrentía (61%) y con un valor para la zona de estudio del 39%.

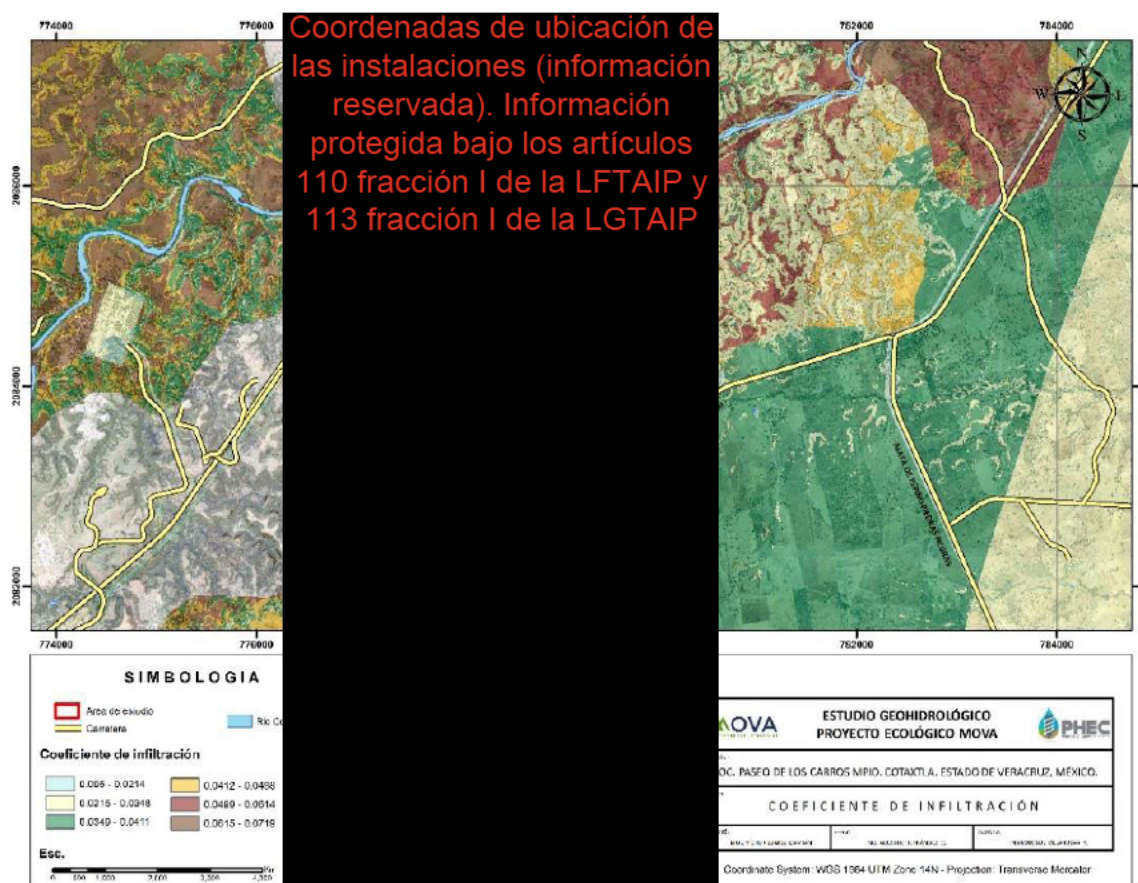


Figura 12 Coeficiente de infiltración

Geomorfología y topoformas.

De manera regional y de acuerdo con la clasificación que otorga INEGI a través del Continuo Nacional serie I. Sistema topoformas, escala 1:1 000 000, la zona de estudio se encuentra en una Llanura, misma que define como una superficie extensa de una región donde el terreno es plano, y que se encuentra a una altitud menor de 500 m sobre el nivel del mar.

Según el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de INEGI, la zona de estudio está comprendida entre los 23.93 a 68 msnm, con una elevación promedio de 53.54 msnm; con pendientes que van de los 0 a 22.09° con un promedio de 5.63°.

Las mayores elevaciones se presentan hacia el Sur del predio, mientras que las menores elevaciones se encuentran en el extremo opuesto, en colindancia con el Río Cotaxtla.

El predio tiene forma de rectángulo alargado con relación de base-largo de 1:9. Si dividiésemos el predio en 4 sectores sobre su eje longitudinal y describiésemos sus topoformas a partir del extremo sur, el primer sector se encuentra dominado por el Valle conformado escurrimiento superficial con dirección SW-NE, que en el extremo oriental del predio cambian su dirección a S-N, la porción Occidental de dicho segmento está cubierto por una loma con elevaciones de 57 a 63 msnm y pendientes de 5 a 10° en sus estribaciones.

El siguiente sector estaría representado por una meseta con elevaciones de 63 a 68 msnm y pendientes de 0 a 2°. En general, los dos sectores descritos previamente, poseen elevaciones van de 52 a 68 msnm, con una elevación media de 61 msnm y pendientes de 0° a 12° con un promedio de 2.9°.

En contraste, la mitad norte del predio es de paisaje más accidentado con elevaciones de 64 msnm a 23.93 msnm, con elevación media de 47.86 msnm, las pendientes varían de 0 a 22° con pendientes medias de 7.59°, geomorfológicamente la zona de estudio se encuentra dominada por el Valle de una corriente intermitente cuyo cauce se aloja sobre fracturas que le confiere un patrón escalonado.

Hacia el extremo Norte del predio se observa un Valle con dirección ESE-WNW (alojado sobre un lineamiento morfoestructural), el cual es separado del Valle del Río Cotaxtla por una loma coincidente

con el límite del predio.

Como parte del análisis geomorfológico se efectuó un plano de lineamientos morfoestructurales del cual se detectaron 3 direcciones preferenciales ENE-SWS, NE-SW y NNW-SSE, dichas estructuras parecen estar relacionadas a esfuerzos de cizalla simple y fallas de desplazamiento lateral.

Estas fracturas controlan la red de drenaje en la región, así como la disección del paisaje.

Localmente el patrón dominante de los lineamientos morfoestructurales es NNW-SSE, seguido del NE-SW y E-W, las cuales se reflejan de forma clara sobre la red de drenaje.

Geología

esta unidad presenta conglomerados polimícticos de color gris oscuro y gris claro constituidos principalmente por clastos de andesita y escasos clastos de diorita, basaltos y caliza, subangulosos a subredondeados, con tamaños que varían de 0.01, hasta 0.20 m de diámetro, ocasionalmente presentan bloques del tamaño de 1.5 m de diámetro inmersos en una matriz arenosa. Se observan poco y mal consolidados, con estratificación media a bancos gruesos de 0.20 m hasta 4.0 m de espesor. Los conglomerados se encuentran interestratificados con areniscas de color gris oscuro, compuestas por granos de cuarzo, ferromagnesianos y algunos feldespatos potásicos, areniscas amarillo ocre, de tamaño de grano fino a grueso formadas por litos de andesita y con areniscas conglomeráticas

Las areniscas conglomeráticas presentan un color gris oscuro e intemperizan a negro, están formadas por abundantes litos de andesita y diorita subredondeados a subangulosos, con tamaño de grano de 0.005 a 0.01 m de diámetro alojados en una matriz arenosa de grano grueso y con estratificación media a gruesa de 0.20 m a 4.0 m de espesor. Los depósitos piroclásticos (lahares) presentan un color beige amarillento e intemperizan a un color oscuro, en capas horizontales de 0.30 m 2.0m y 10.0 m de espesor, están interestratificados con los conglomerados polimícticos y areniscas de color amarillo ocre.

Hidrología

La zona de estudio se encuentra en la Región Hidrológica No. 28, Río Papaloapan, subregión Actopan

La Antigua y dentro de la cuenca del Río Jamapa. El río Jamapa lo forman dos corrientes muy importantes, que en su confluencia se conocen con los nombres de río Cotaxtla y Jamapa. El río Cotaxtla drena un área de 1,679 Km², y nace a una elevación de 5,700 m en una zona limítrofe de los estados de Puebla y Veracruz, con el nombre de río Barranca de Chocomán. Avanza en dirección oriente a través de terrenos de topografía accidentada, de fuertes pendientes, colectando a su paso las corrientes formadas en las laderas nororientales del Pico de Orizaba. En las inmediaciones de la población de Coscomatepec, Ver., varía su curso hacia el sureste fluyendo 25 km en esta dirección y captando en su recorrido, por ambas márgenes, corrientes de pequeña magnitud. A la altura de la ciudad de Córdoba, Ver. desvía su curso hacia el este-sureste y cambia su nombre a río Seco; fluye 22 km en terreno aprovechable para el cultivo, rodea el Cerro Chiyoltuite y afluye por su margen izquierda el río Atoyac.

El río Atoyac tiene su origen 10 km al norte de la ciudad de Córdoba, Ver., en el Cerro Loma Grande a 1,750 m de altitud. Sobre este río se encuentra la presa derivadora Santa Anita, de la que por la margen derecha parte el canal principal que abastece el sistema de riego El Potrero. Aproximadamente a 4 km de la presa derivadora, la corriente varía su curso hacia el noreste bordeando los cerros La Perla y Chiyoltuite; pasa por Atoyac, Ver., y 1.5 km aguas abajo afluye por la margen izquierda el arroyo Chiquihuite. Posteriormente, a 11.5 km desemboca al colector general a una elevación de 450 m, conservando el nombre de río Atoyac. A partir de esta confluencia desvía su curso hacia el oriente y fluye por terreno de lomerío hasta la afluencia por la margen izquierda del arroyo Paso del Macho. A 4.5 km aguas abajo de la confluencia anterior converge por la margen derecha el arroyo Cuatro Caminos, que nace 1 km al sureste de Yanga, Ver., a 500 m de altitud. A partir de la confluencia con el arroyo Cuatro Caminos, el colector general cambia su nombre a río Cotaxtla, penetrando en zonas cultivables. Sigue su rumbo este-noreste, pasando por Cotaxtla, Ver.; aguas abajo de esta confluencia recibe por la margen izquierda al río Jamapa. Este río nace con el nombre de Barranca de Coscomatepec en el límite de los estados de Puebla y Veracruz, a 4,700 m de altitud. Su curso sigue un rumbo oriente, por terreno de topografía montañosa, en donde colecta corrientes que nacen en la Sierra Madre Oriental, en la zona comprendida entre las porciones norte del Pico de Orizaba y suroriente del cerro de La Cumbre. Aproximadamente a 50 km de su nacimiento, afluye por su margen izquierda el río Paso de los Gasparines, que se origina a 9 km al noreste de Huatusco, Ver., a 1,500 m de altitud; su cauce sigue un rumbo sureste en zonas de topografía media.

Después de la afluencia anterior, el colector de afluentes fluye como río Paso de los Gasparines, bordeando cerros y cambiando la trayectoria de su curso, de oriente a suroriente, para continuar a través de 38 km en terreno de topografía accidentada y en parte plana. Al penetrar en la zona plana forma un gran número de meandros, cambiando su nombre a río Jamapa y afluyendo en él, por su margen izquierda, el río Xicuintla, que nace en Tlaltetela, Ver., a 1,450 m de altitud. A partir de esta confluencia, el río Jamapa sigue un curso

hacia el oriente, cruza terrenos de cultivo, forma meandros y terrazas aluviales hasta la afluencia, por la margen derecha, del arroyo Ixcualco. Este arroyo drena un área de 753 km² y se origina como arroyo Montalvo a 5 km al noreste de Paso del Macho, Ver., a 450 m de altitud. El colector de afluentes, después de la aportación del arroyo Ixcualco, pasa por Medellín de Bravo, Ver., 5 km aguas abajo descarga en el río Cotaxtla, conservando su nombre. A partir de esta confluencia, el río Jamapa fluye con rumbo hacia el norte en terrenos planos cultivados; forma meandros y se desvía hacia el oriente adonde fluye por la margen izquierda y derecha el río Moreno y la Laguna Mandinga Grande, respectivamente; finalmente desemboca en el Golfo de México en la población de Boca del Río, Veracruz. Entre las cuencas de los ríos Jamapa y Papaloapan se sitúa una pequeña cuenca de 62 km², en la que confluyen algunas corrientes costeras de relativa importancia hidrográfica (Figura 9).

Para más información respecto a variables ambientales ver **Anexo 1**

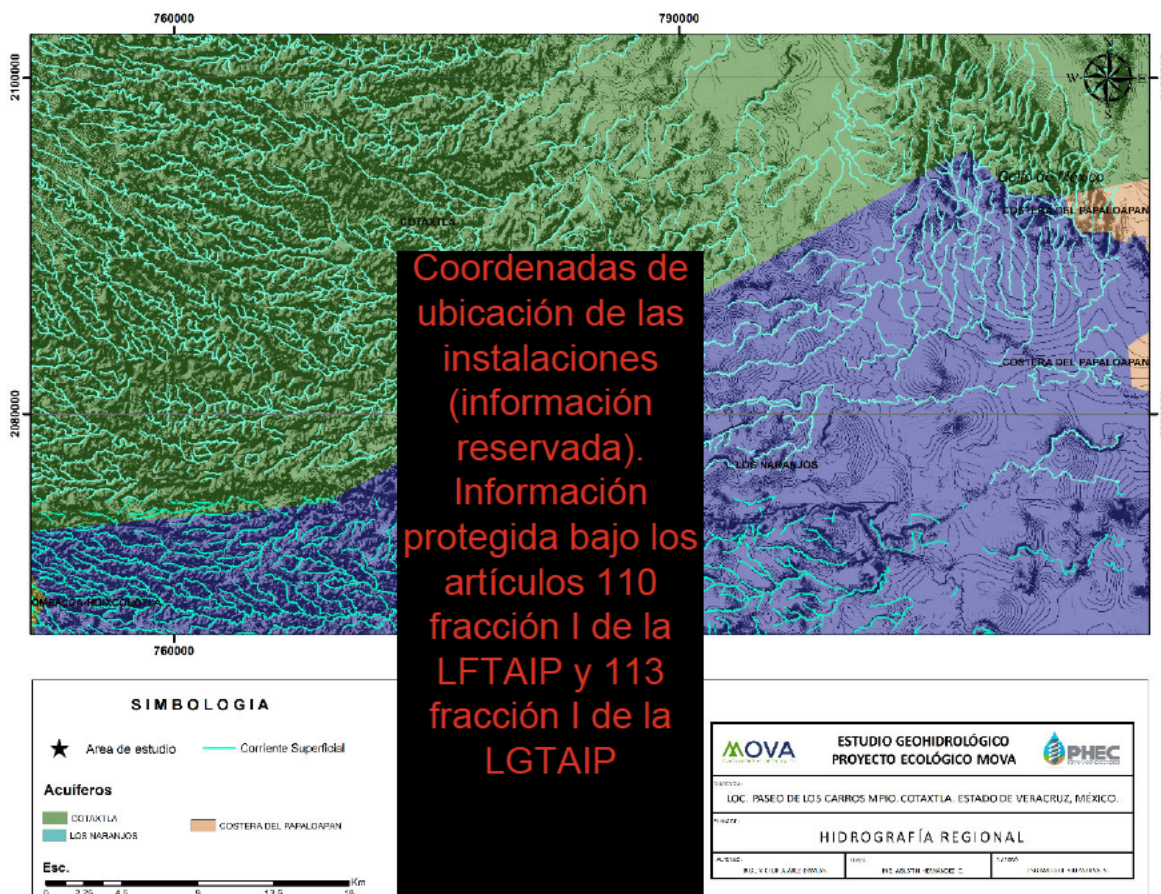


Figura 13 Hidrografía regional

Régimen de vientos dominantes.

En la siguiente figura podemos observar la dirección de los vientos dominantes en la zona. De acuerdo con la gráfica, la flecha roja indica una dirección dominante del viento hacia el Norte con 356.5 grados azimut (ángulo de la orientación sobre la superficie de una esfera real o virtual) en el mes de abril, y hacia el Este con 108 grados azimut en el mes de octubre.

En los meses de marzo y abril se han presentado las mayores rachas de viento de la región, encontrado valores promedio de 9.00 y 8.85 km/h respectivamente; mientras que, en septiembre y octubre, las velocidades promedio más bajas se registran en 6.26 y 6.51 km/h respectivamente. Los valores que oscilan entre el 2008 y el 2015 van de los 6.26 a los 8.85 km/h. Estos datos son los registrados por las

estaciones La Posta y Cotlaxtla Medellín, de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas.

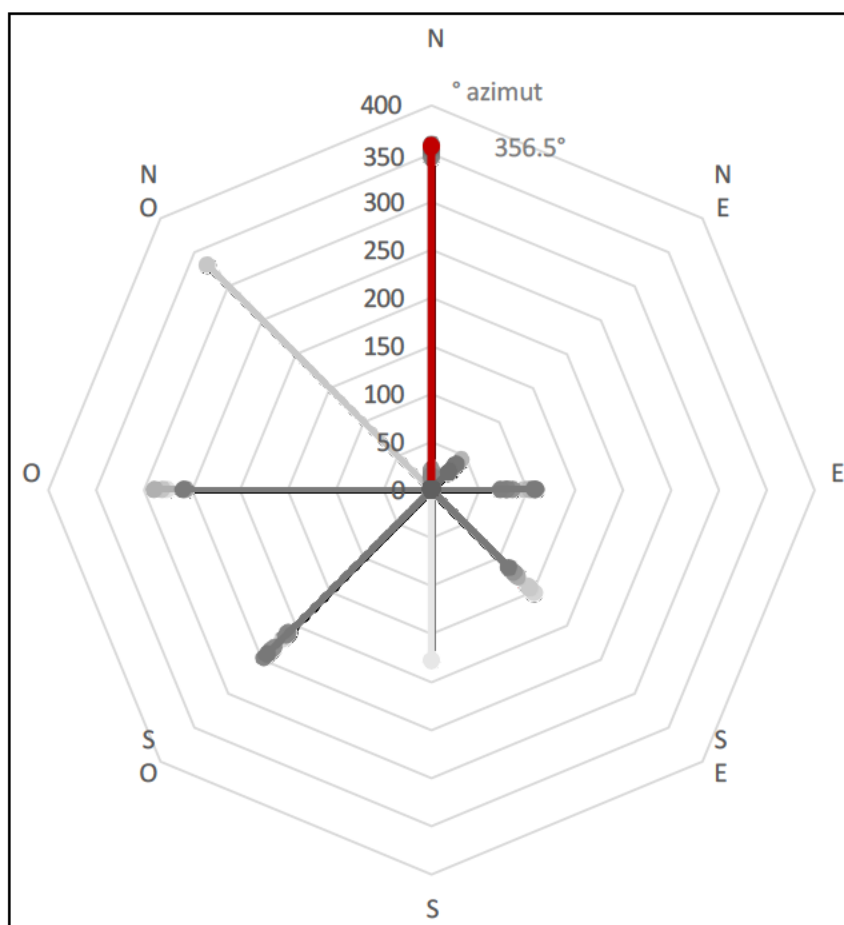


Figura 14 Vientos dominantes

PROYECTO CIVIL

Es importante señalar que el Proyecto Ecológico MOVA (Operación y Mantenimiento), **no contempla las etapas de Preparación del Sitio ni Construcción**, ya que el mismo fue autorizado previamente por la SEMARNAT mediante el oficio resolutivo No. **SGPA/DGIRA/DG/02315**. (anexo 12)

El proyecto contará con la siguiente infraestructura.

Área 1.

Se proyectan 8 celdas de diversas capacidades 2 de ellas para recepción de residuos industriales (SEMARNAT), 4 celdas para suelos y materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos (ASEA), y 2 celdas para recepción de residuos de manejo especial, recortes y fluidos de perforación base aceite y base agua, provenientes de las actividades del sector hidrocarburos. (ASEA).

Área 2.

Con capacidad para 3 celdas y 4 fosas profundas para el tratamiento de residuos de manejo especial de manera específica recortes y fluidos de perforación base aceite y base agua, provenientes de las actividades del sector hidrocarburos. En esta área se contará con una superficie donde será colocada la infraestructura móvil para el tratamiento de los residuos de manejo especial y para el almacenamiento de los lixiviados. El equipo para el proceso de acondicionamiento (decantador centrífugo, extrusoras) se colocarán frente a las celdas de tratamiento.

Área 3.

En esta superficie se proyectan 3 celdas, una de ellas para recepción de suelos contaminados con hidrocarburos, la segunda es para recepción de recortes y fluidos de perforación base aceite y la tercera será utilizada para la alimentación al horno.

Asimismo, dentro de la misma superficie se colocará el equipo para desorción térmica, 2 tanques tipo Rotoplas con capacidad de 5,000 y 10,000 litros, dos contenedores tipo marítimo para almacenamiento de insumos (secos y húmedos), así como una oficina móvil tipo camper donde se encontrará también el equipo para la toma de muestras de campo para el monitoreo del avance del tratamiento (laboratorio móvil), un tanque de almacenamiento para diésel con capacidad de 10,000 litros, adicional se instalarán sanitarios móviles.

Superficies de apoyo.

No se requerirán obras complementarias o asociadas para el proyecto, por lo que **no se considera alguna construcción adicional a las celdas**, en las superficies aledañas a cada una de las áreas de tratamiento será instalada infraestructura móvil como apoyo a cada uno de los procesos de tratamiento.

En estas superficies se prepararán las mezclas de bacterias, soluciones nutritivas, o soluciones oxidantes, estas se prepararán en tanques tipo Rotoplas para hacer las soluciones y mezclas y de ahí serán bombeadas a las pipas que se encargarán de aplicar sobre los residuos en las celdas de tratamiento.

Se describe el tipo de infraestructura que se colocará en cada una de ellas.

- **En la superficie aledaña al Área 1**, se ubican oficinas y sanitarios, cabe mencionar que esta construcción existía antes del proyecto. Asimismo, para el apoyo del tratamiento se instalarán dos tanques tipo Rotoplas con capacidad de 5,000 y 10,000 litros, dos contenedores tipo marítimo para almacenamiento de insumos (secos y húmedos) así como una oficina móvil tipo camper donde se encontrará también el equipo para la toma de muestras de campo para el monitoreo del avance del tratamiento (laboratorio móvil).
- **En la superficie contigua al Área 2**, para el apoyo del tratamiento se instalarán dos tanques tipo Rotoplas con capacidad de 5,000 y 10,000 litros, dos contenedores tipo marítimo para almacenamiento de insumos (secos y húmedos).

Por otro lado, fuera del área del proyecto se ubican instalaciones existentes que serán utilizadas como parte del procedimiento de recepción. En el acceso al predio, se cuenta con una caseta de vigilancia, donde se realizará la recepción y control de acceso a las unidades. Posterior a esta instalación a unos metros se ubica la báscula de pesaje, esta será utilizada en el caso que las unidades no cuenten con información de la cantidad de toneladas que transportan. Asimismo, forma parte de las superficies de apoyo el camino de acceso.

Se muestran algunas fotografías de las instalaciones existentes.



Figura 15 Oficinas y sanitarios ubicados en la superficie contigua al Área 1.



Figura 16 Camino existente.



Figura 17. Báscula.

Para pronta referencia en el Anexo 1 se muestra el plano Topográfico del proyecto.

DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS REQUERIDOS

El **Proyecto Ecológico MOVA** se localiza en la localidad de Paso de los Carros, municipio de Cotaxtla, Ver, existen vías de acceso para llegar al mismo, las localidades cercanas, cuentan con servicios públicos como energía eléctrica, teléfono, drenaje y agua potable. Dentro de los servicios requeridos y los que se tiene disponibilidad para el desarrollo del proyecto se tiene lo siguiente:

Vías de acceso. La principal vía de acceso que comunica al proyecto son las terrestres, de noreste a suroeste; carretera No. 150 Boca del Río – Córdoba, de la localidad de Paso del Toro, en un estimado de 32 kilómetros se ubica el proyecto.

Electricidad. El suministro de energía eléctrica será a través de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en las áreas de tratamiento no se requiere energía eléctrica, sin embargo, se contará con una planta de luz móvil en caso de ser necesario.

Consumo de combustible. Los combustibles necesarios para la operación de vehículos utilitarios, maquinaria y equipo son gasolina y diésel respectivamente. Los vehículos se abastecerán en Estaciones de Servicio cercanas al proyecto. El suministro diésel para la maquinaria y equipo, se llevará a cabo mediante un vehículo autorizado por la SICT para transporte de materiales peligrosos. El trasiego de combustible se realizará en el sitio mediante una bomba mecánica, tomando como referencia los patrones de consumo de cada unidad para evitar su almacenamiento en el sitio.

Consumo de agua. Las actividades por desarrollar requerirán del suministro de agua, siendo el consumo estimado el siguiente.

Etapas	Uso	Cantidad estimada	Origen	Transporte
Operación y mantenimiento	Agua potable para y uso doméstico.	10 m ³ mensuales	Comisión del Agua del Estado de Veracruz.	Camión tipo pipa.
	Agua tratamiento	*200 m ³	Comisión del Agua del Estado de Veracruz.	Camión tipo pipa.
	Agua purificada	3 litros por persona diarios	Planta purificadora	En garrafones de 20 litros

Tabla 7 Consumo de agua en las etapas del proyecto.

*Esta cantidad será variable y dependerá de la cantidad de residuos que sean aceptados para tratamiento, el agua será almacenada en tanques tipo Rotoplas con capacidades de 5 y 10 m³ ubicados en cada área de tratamiento.

El agua potable para uso doméstico se proporcionará mediante pipas almacenándola en un tanque subterráneo de 5 m³, ubicado en el área de oficinas. En cuanto al suministro de agua purificada se llevará a cabo a través de la compra de garrafones de 20 litros que se distribuye en la zona y en los establecimientos cercanos al proyecto.

Dentro del proyecto existe un sistema de drenaje pluvial donde el agua lluvia se dirige hacia un cárcamo con una capacidad de almacenamiento de 1,125 m³ que será utilizada como insumo en los tratamientos biológicos, con esta medida se disminuye el consumo de agua potable.

Drenaje. Durante la etapa de operación y mantenimiento los residuos líquidos a generar dentro de las actividades del proyecto corresponden a aguas residuales domésticas generadas por el uso de sanitarios, regaderas y lavamanos, mismas que se colectarán a través de una fosa séptica, donde se realizará un tratamiento primario conforme a la NOM-006-CNA-1997 antes de su disposición final. Por otro lado, en el área 3 se instalarán 2 sanitarios móviles. Para el mantenimiento tanto de la fosa séptica como de los sanitarios móviles será contratado un proveedor que cuente con los permisos correspondientes para el mantenimiento y disposición final de las aguas residuales.

Rellenos sanitarios: Los residuos sólidos urbanos generados durante el desarrollo del proyecto se almacenarán en una superficie para este propósito. Su recolección y clasificación, se realizará en contenedores, con tapa y debidamente etiquetados de acuerdo con el tipo de residuos que contenga, verde para residuos biodegradables (orgánicos) y amarillo para residuos reciclables (inorgánicos).

Lo anterior para evitar la disposición de residuos de manera inadecuada, de forma periódica serán recolectados por el municipio de Cotaxtla para su traslado, aprovechamiento y disposición final en el Relleno Sanitario "El Guayabo" que se ubica en el municipio de Medellín de Bravo.

Telefonía e Internet. En lo que se refiere al uso de teléfono e internet, se tiene que, dentro de la región existe cobertura de telefonía fija y móvil.

SUPERFICIES Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

Área de influencia del proyecto. Por lo que respecta a la delimitación del área de influencia del proyecto, se utilizó el mismo criterio empleado en la MIA autorizada por SEMARNAT, siendo el principal criterio considerado el alcance de los efectos (impactos ambientales y radios de afectación de riesgo ambiental) del proyecto ante alguna eventualidad. En este caso, se realizaron simulaciones para obtener los radios de afectación de riesgos por toxicidad del ácido clorhídrico al 30% (tres bidones) en el Área 1 Tratamientos Biológicos y Químicos (Biorremediación biológica, oxidación y neutralización químicas en pilas de tratamiento); los resultados arrojaron una zona de alto riesgo en un radio de 10 m y una zona de amortiguamiento en un radio de 38 m, lo cual es un riesgo que no pasa los límites de la poligonal del predio donde se ubicarán las instalaciones del proyecto MOVA.

COORDENADAS UTM ZONA 14, ITRF 08		
Vértices Área de Influencia		
Vértice	X	Y
1	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP	
2		
3		
4		
1		
Área o Superficie (Ha)		192.86

Tabla 8 Coordenadas UTM correspondientes al área de influencia

Área del Proyecto. Se definió en base a la superficie requerida para realizar las obras o actividades operativas para llevar a cabo los procesos de tratamientos para los residuos peligrosos y de manejo especial provenientes de las actividades del sector hidrocarburos.

COORDENADAS UTM ZONA 14, ITRF 08		
Vértices Área del Proyecto		
Vértice	X	Y
1	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP	
2		
3		
4		
5		
1		
Área o Superficie (Ha)		13.8344

Tabla 9 Coordenadas UTM correspondientes al área del proyecto.

La superficie de las 3 Áreas que integran al proyecto y que se utilizarán para el tratamiento de los residuos que corresponden al sector hidrocarburos, se localizan en las siguientes coordenadas.

COORDENADAS UTM ZONA 14, ITRF 08			
Vértices Área de Influencia			
Área	X	Y	Superficie
Área 1	Coordenadas de ubicación de las instalaciones (información reservada). Información protegida bajo los artículos 110 fracción I de la LFTAIP y 113 fracción I de la LGTAIP		2.9474
Área 2			1.8154

Área 3					
Área o Superficie (Ha):					

Tabla 10 Coordenadas UTM correspondientes al área de tratamiento del proyecto y su superficie

Infraestructura	Superficie m ²	Porcentaje respecto a la superficie total.
Área 1	29,474.26	21.30
Área 2	18,154.86	13.12
Área 3	26,503.50	19.16
Retorno 1	1,245.36	0.90
Retorno 2	4,153.76	3.00
Retorno 3	2,996.55	2.17
Retorno 4	3,619.48	2.62
Áreas de apoyo ¹	52,196.31	37.73
Total	138,344.08	100.00%

Tabla 11 Superficie a utilizar.

¹ Superficie de áreas de apoyo; (Caminos interiores, oficinas, infraestructura móvil para el proceso de tratamiento etc).

Para más información respecto a las características del sitio, consultar **Anexo 2**

CONTENIDO DEL ANALISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO

A) TIPO DE ACTIVIDAD O PROCESOS QUE SE PRETENDEN LLEVAR A CABO.

Se presentan enseguida los procesos de tratamiento para los suelos y materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos provenientes de actividades del sector hidrocarburos.

Identificación del Área	Nomenclatura de las celdas	Capacidad de las celdas (m ³)	Tratamiento a aplicar	Residuos a tratar
Área 1	Celda 3	4,005.71	a. Oxidación Química b. Biorremediación por biopilas	Suelos contaminados con hidrocarburos y *Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos
	Celda 4	4,391.32		
	Celda 5	4,399.13		
	Celda 6	6,161.72		
	Celda 7	3,731.97	Oxidación Química	Residuos de manejo especial. Recortes y fluidos de perforación base agua.
	Celda 8	4,867.40	a. Oxidación Química b. Biorremediación por biopilas	Residuos de manejo especial. Recortes y fluidos de perforación base aceite.
Área 2	Fosa 1	4,315.22	Oxidación Química	Residuos de manejo especial. Recortes y fluidos de perforación base agua.
	Fosa 2	4,317.97		
	Celda 12	1,425.60		
	Fosa 3	10,134.00	a. Oxidación Química b. Biorremediación por biopilas	Residuos de manejo especial. Recortes y fluidos de perforación base aceite.
	Fosa 4	10,134.00		
	Celda 9	2,344.89		
	Celda 10	3,553.20		
	Celda 11	1,676.95	Almacenamiento de Fluidos (presa Metálica) y lixiviados (Tanques de Almacenamiento)	Almacenamiento de fluidos y lixiviados
Área 3	Celda 13	1,749.60	a. Oxidación Química b. Biorremediación por biopilas	Residuos de manejo especial. Recortes y fluidos de perforación base aceite.

Identificación del Área	Nomenclatura de las celdas	Capacidad de las celdas (m ³)	Tratamiento a aplicar	Residuos a tratar
	Celda 14	1,749.60	a. Oxidación Química b. Biorremediación por biopilas	Suelos contaminados con hidrocarburos.
	Celda 15	2,201.37	La celda será utilizada para la alimentación al horno	No aplica, solo será utilizada para la alimentación al horno
	Celda 15 Horno de desorción	Capacidad horno: 259,200 m ³	Desorción térmica	Suelos contaminados con hidrocarburos y *Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos y Residuos de manejo especial. Recortes y fluidos de perforación base aceite.

Tabla 12 Procesos de tratamientos a realizar dentro del proyecto

*Lodos de presas, lodos y sedimentos de cárcamos, lodos y sedimentos de tanques de almacenamiento, entre otros. Artículo 149 último párrafo del Reglamento de la Ley General para la Prevención y gestión Integral de los Residuos.

B) TIPO DE RESIDUOS QUE SERÁN RECIBIDOS PARA SU REUTILIZACIÓN, RECICLAJE O TRATAMIENTO, TIPO DE SUELOS O MATERIALES SEMEJANTES A SUELOS CONTAMINADOS QUE SERÁN RECIBIDOS PARA SU TRATAMIENTO.

Se presenta el listado de residuos por recibir y manejar en los procesos de las instalaciones del proyecto.

Nombre	Estado físico	Volumen anual (m ³)	Origen	Tipo de residuo	Caract. CRETIB	Clave NOM-052	Área
Suelos contaminados con hidrocarburos	Sólidos	341,241.76	Sector hidrocarburos, Reparto, Refinerías, TAR, Estaciones de Servicio, etc	Residuo Peligroso	(Tt)	**SO ₄ , Sólidos contaminados por derrames de hidrocarburos	Área 1 Celdas 3, 4, 5 y 6
*Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos	Lodos sedimentos, etc		Sector hidrocarburos, Reparto, Refinerías, TAR, Estaciones de Servicio, etc	Residuo Peligroso	(Tt)	E4/02, E4/03, E4/04, E4/05	Área 1 Celdas 3, 4, 5 y 6
Suelos contaminados con hidrocarburos	Sólidos	31,492.80	Sector hidrocarburos, Reparto, Refinerías, TAR, Estaciones de Servicio, etc	Residuo Peligroso	(Tt)	*SO ₄ , Sólidos contaminados por derrames de hidrocarburos	Área 3 Celda 14
*Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos	Lodos sedimentos, etc		Sector hidrocarburos, Reparto, Refinerías, TAR, Estaciones de Servicio, etc	Residuo Peligroso	(Tt)	E4/02, E4/03, E4/04, E4/05	Área 3 Celda 14
Recortes y fluidos de perforación base agua.	Sólido, semilíquido	67,175.40	Sector Hidrocarburos, refinerías, perforación extracción	Residuo de Manejo Especial	No Aplica	No Aplica	Área 1, Celda 7
Recortes y fluidos de perforación base agua.	Sólido, semilíquido	199,941.17	Sector Hidrocarburos, refinerías, perforación extracción	Residuo de Manejo Especial	No Aplica	No Aplica	Área 2, Celda 12, Fosas 1 y 2

Nombre	Estado físico	Volumen anual (m³)	Origen	Tipo de residuo	Caract. CRETIB	Clave NOM-052	Área
Recortes y fluidos de perforación base aceite	Sólido, semilíquido	87,613.18	Sector Hidrocarburos, refinerías, perforación extracción	Residuo de Manejo Especial	No Aplica	No Aplica	Área 1, Celda 8
Recortes y fluidos de perforación base aceite	Sólido, semilíquido	470,989.57	Sector Hidrocarburos, refinerías, perforación extracción	Residuo de Manejo Especial	No Aplica	No Aplica	Área 2, Celdas 9 y 10, Fosas 3 y 4
Recortes y fluidos de perforación base aceite	Sólido, semilíquido	31,492.80	Sector Hidrocarburos, refinerías, perforación extracción	Residuo de Manejo Especial	No Aplica	No Aplica	Área 3, Celda 13

Tabla 13 Listado de residuos para recepción y manejo.

*Lodos de presas, lodos y sedimentos de cárcamos, lodos y sedimentos de tanques de almacenamiento, entre otros. Artículo 149 último párrafo del Reglamento de la Ley General para la Prevención y gestión Integral de los Residuos.

**SO4; Clasificado conforme a la tabla 4. Nombre genérico y clave del residuo peligroso de la Guía para la gestión integral de residuos provenientes de las actividades del Sector Hidrocarburos.

En la siguiente tabla se relacionan los tratamientos por aplicar para cada residuo, tipo de contaminante, Límite Máximo con el que se recibirá el residuo y el Límite Esperado, es decir el valor con el que se entregará al generador para su reúso, relleno y/o disposición final.

Proceso de Tratamiento	Residuos al que aplica	Tipo de Contaminante	Límite Máximo (mg/kg)	Límite Esperado (mg/kg)**
Oxidación Química	Suelos contaminados con hidrocarburos y Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos	HFM	80,000	<1,200
		HFP	80,000	<3,000
		HAP	*20.00	<2.0
Biorremediación por biopilas	Suelos contaminados con hidrocarburos y Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos	HFM	40,000	<1,200
		HFP	40,000	<3,000
		HAP	*20.00	<2.0
Desorción térmica	Suelos contaminados con hidrocarburos y Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos	HFM	120,000	<1,200
		HFP	120,000	<3,000
		HAP	*20.00	<2.0

Tabla 14 Proceso de tratamiento para los Residuos Peligrosos y límites esperados.

*Se considera un promedio de los valores de los hidrocarburos específicos para HAP.

** Valores tomados de las tablas 2 y 3 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Proceso de Tratamiento	Residuos al que aplica	Porcentaje líquido de recepción.	*NOM-052-SEMARNAT-2005	Tipo de contaminante	Límite Máximo (mg/kg) ***	Límite Esperado (mg/kg) ***
Oxidación Química	RME Recortes y fluidos de perforación base agua y base aceite	10-40%	Sin características de peligrosidad	HFP:	80,000	<1,200
				HFM:	80,000	<3,000
				**HAP:	**20.00	<2.0
Biorremediación por biopilas	RME Recortes y fluidos de perforación base aceite.	10-40%	Sin características de peligrosidad	HFP:	40,000	<1,200
				HFM:	40,000	<3,000
				**HAP:	**20.00	<2.0
Desorción térmica	RME Recortes y fluidos de perforación base aceite.	10-40%	Sin características de peligrosidad	HFP:	120,000	<1,200
				HFM:	120,000	<3,000
				**HAP:	*20.00	<2.0

Tabla 15 Proceso de tratamiento para los Residuos de Manejo Especial (RME).

*En caso de que el generador no cuente con el análisis CRETIB, se tomará y analizará la muestra con laboratorio acreditado.

**Se considera un promedio de los valores de los hidrocarburos específicos para HAP.

*** Valores tomados de las tablas 2 y 3 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Para los RME que contengan porcentajes de humedad o líquidos altos con el tratamiento de acondicionamiento se elimina en un 95%, obteniendo solo la fase sólida para el tratamiento.

NOMBRE, DESCRIPCIÓN DETALLADA DE TODOS LOS PROCESOS

1.1 OXIDACIÓN QUÍMICA OXIQ-FS.

Este tratamiento se aplicará, preferentemente para suelos o materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos de fracción media (HFM) a pesada (HFP).

Clave de Proceso:	OXIQ-FS
Nombre de Proceso:	Oxidación química
Residuos a tratar	SHC: Suelos contaminados con hidrocarburos
	MSS: Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos (lodos de presas, lodos y sedimentos de cárcamos, lodos y sedimentos de tanques de almacenamiento). Recortes y lodos de perforación base agua y aceite
Contaminantes	HFM: Hidrocarburos fracción media
	HFP: Hidrocarburos fracción pesada
	HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Insumos	Consorcio bacteriano: SOLIBAC IP, Bach-H, Bach B
	Nutrientes o fertilizantes agrícolas: Triple 17, sulfato diamónico, nitrato de potasio, urea
Parámetros a monitorear	Humedad
	pH
	Temperatura
	Unidades formadoras de colonias
	Concentración de hidrocarburos

Tabla 16 Oxidación Química OXIQ-FS

Descripción del proceso OXIQ-FS Oxidación Química

I. Recepción del material

1. El material se recibe en el área 1, en una de las celdas indicadas para este tipo de Residuo. Posterior a la descarga del material, se procede a esparcirlo en la celda, utilizando maquinaria pesada, como retroexcavadoras, excavadoras y volteos si es necesario.
2. Por medio de la maquinaria mencionada anteriormente, se remueven rocas grandes, residuos y materiales ajenos al material a tratar que pudieran haber sido descargados.

II. Colocación en pilas de los residuos a tratar sobre las celdas.

3. Por medio de retroexcavadoras, el material o suelo contaminado se acomoda dentro de la celda de tratamiento en forma de pilas de no más de 3.0 m de alto y 4.0 m de base, para llevar a cabo su tratamiento.

III. Adición de disolución Agua-Surfactante

4. Sobre el suelo o material en tratamiento se aplica una disolución Agua-Peróxido de Hidrógeno, Permanganato de Potasio o Quantum Clean Surfox, mezclando simultáneamente con maquinaria pesada para favorecer la reacción de oxidación. En caso de requerirse, se podrá agregar una solución de Sulfato de Hierro como catalizador de la reacción de oxidación.

5. Estos agentes aumentan la biodisponibilidad del contaminante, modificando sus condiciones de hidrosolubilidad al romper los enlaces externos de la cadena de hidrocarburo.

6. Es importante mencionar que, la aplicación del biosurfactante está condicionada a las concentraciones y tipo de contaminante presente en el sitio y/o residuos a tratar, y este puede o no aplicarse. Si el suelo tiene bajos contenidos en arcilla, se puede prescindir de este paso en el procedimiento e ir directamente a la aplicación de humedad y oxidantes.

7. La aplicación de estos agentes se lleva a cabo usando bombas autocebantes, mangueras corrugadas flexibles, conexiones rápidas y/o contenedores del tipo Rotoplas o similar y boquillas aspersoras. Y se realiza de manera continua durante todo el proceso de tratamiento hasta alcanzar los niveles de limpieza requeridos.

IV. Tratamiento

8. Se realiza una preparación con una solución del oxidante escogido con una concentración del 0.2% al 0.5% y agua. Posteriormente se irriga esta solución en el suelo contaminado.

9. Una vez irrigado el suelo, se homogenizan pipas por medio de maquinaria pesada, hasta lograr una humectación de todo el material. Estas mezclas de oxidantes son integradas mediante riego con pipas y bombas autocebantes.

10. Los compuestos utilizados son capaces de oxidar compuestos orgánicos persistentes, posibilitando su completa mineralización y transformación a CO₂, H₂O y otros compuestos inorgánicos estables. No obstante, lo anterior, existe la desventaja de que, si el oxidante no es aplicado debidamente, se tiene un cambio en el pH del suelo, para lo cual es necesario controlar tal parámetro mediante la aplicación de una solución Buffer para tener un pH final del suelo entre 6 y 8, para lograrlo generalmente se emplea cal común Ca (OH)₂ disuelta en agua al 4%, en una aplicación de riego con pipas.

11. Las reacciones de oxidación producen productos intermedios que atacan y degradan los contaminantes orgánicos, produciendo al final CO₂, H₂O y sales, pero no siempre es el caso. Si el oxidante o los radicales son reactivos limitantes o si el producto intermedio es menos susceptible a la degradación oxidativa, entonces la mineralización puede ser incompleta y ciertos productos

intermedios permanecen luego del tratamiento. A menudo estos compuestos contienen anillos aromáticos y cadenas alifáticas largas por lo que podría ser necesaria una segunda oxidación.

12. Se realiza el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en la mezcla, empleando para ello equipo de campo (analizador de hidrocarburos tipo Petroflag o equivalente).

13. Con base en los resultados de la primera etapa de oxidación y del monitoreo de concentración de contaminantes, se determina si es necesaria una segunda aplicación del oxidante.

14. Si los valores de hidrocarburos analizados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para un uso de suelo agrícola, forestal, pecuario, de conservación, residencial y/o recreativo, se considera concluido el tratamiento y se procede al muestreo final comprobatorio.

15. La toma de muestras y las determinaciones analíticas de los parámetros se realizan de acuerdo con lo establecido en la normatividad aplicable y conforme a la propuesta de remediación que al efecto se apruebe.

V. Restructuración del suelo

16. Una vez que se han alcanzado los niveles de hidrocarburos establecidos en la norma, se puede llevar a cabo, por medio de sistemas de riego como pipas y bombas autocebantes, la aplicación de bacterias específicas y /o autóctonas para regresar el suelo dañado lo más cercano posible a su estado natural. En este proceso se emplean las marcas comerciales especializadas en la degradación del hidrocarburo. Los microorganismos se acondicionan y activan previo a su aplicación, según las especificaciones técnicas del fabricante, normalmente 24 horas antes.

17. La activación de las bacterias específicas se lleva a cabo en un tambo plástico (tipo Rotoplas) en el que se adiciona agua y los microorganismos que vienen en una presentación liofilizada comercial, se prepara una solución, la cual es activada por medio de aire en el tambo, proporcionado por un difusor de burbuja, aumentando la oxigenación del agua y la activación de los microorganismos; el tiempo de activación depende de las especificaciones del fabricante y del volumen a preparar.

18. La medida de aplicación recomendada por el proveedor para optimizar el trabajo de las bacterias es, en promedio, de 1 a 2 galones por cada 5 m³ de material contaminado o 1 lb por cada 5 m³; esto depende del grado de contaminación del suelo.

VI. Gases y Lixiviados

19. Los lixiviados generados serán recolectados y reincorporados al proceso de tratamiento.

20. Con la aplicación de humedad al suelo también se controla la emisión de los compuestos orgánicos volátiles que eventualmente pudieran ser emitidos durante el desarrollo del proceso, evitando la emisión de polvo a la atmósfera y con la humedad disminuyendo la temperatura que pudiera ocasionar evaporación.

VII. Monitoreo de parámetros

21. Como parte del monitoreo de las diferentes variables, durante el tratamiento se controlan y mantienen la temperatura, la cual debe estar en un rango de 15° a 45°C para un rendimiento óptimo; el pH, el cual debe estar en un rango de entre 2 a 4 y la humedad del material a tratar, comprendida entre 25 y 30 %.

22. En general el restablecimiento de estos parámetros se lleva a cabo al final del tratamiento, por tratarse de un proceso totalmente químico y, hasta no tener los rangos esperados del contenido de hidrocarburos en el suelo tratado, se aplican, en caso necesario, las enmiendas para regresar a los parámetros normales del suelo o material semejante a suelo tratado.

VIII. Control del proceso

23. Con la finalidad de asegurar que el proceso de degradación de los hidrocarburos sea eficiente, se realizarán monitoreos constantes para verificar la concentración de los hidrocarburos. Estos análisis de control se llevarán a cabo por medio de equipos portátiles como el Petroflag (PetroFLAG Analyzer System).

IX. Toma de Muestra

24. En el final del proceso de tratamiento, se realizará la toma de muestras pertinentes. Esto se llevará a cabo con un laboratorio acreditado, mismo que realizará los análisis requeridos de acuerdo a la normatividad aplicable.

X. Finalización del tratamiento

25. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador, reusado, usado para relleno y/o se le da una disposición final.

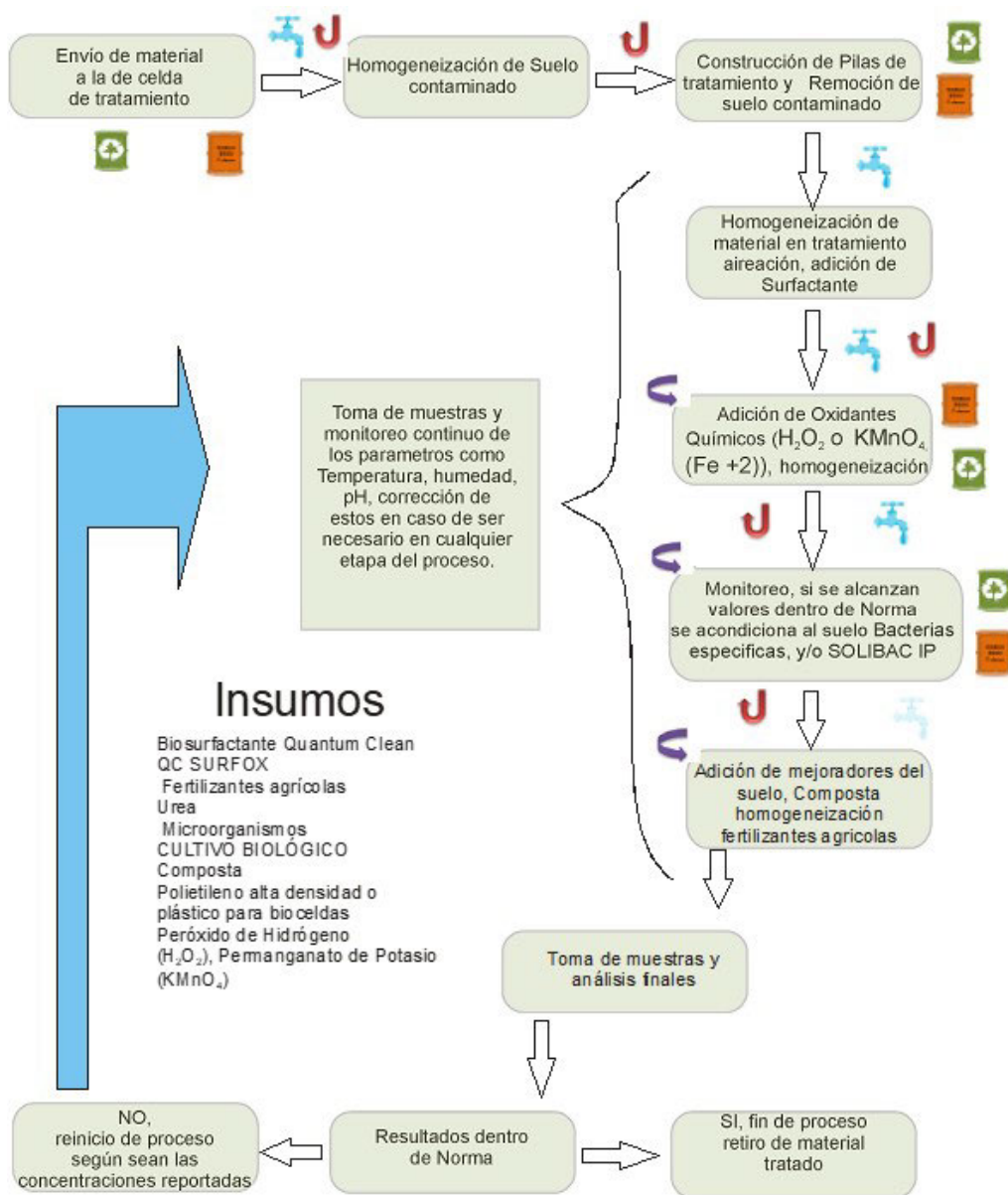


Figura 18 Diagrama de flujo Oxidación química OXIQ-FS

BALANCE DE MASAS PARA LA REMEDIACIÓN DEL SUELO POR OXIDACIÓN QUÍMICA CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

Datos Iniciales:

- Masa inicial del suelo contaminado = M inicial
- Concentración inicial de contaminantes en el suelo = C inicial
- Volumen de peróxido de hidrógeno utilizado = $V_{\text{peróxido}}$
- Concentración de peróxido de hidrógeno = C peróxido
- Masa molecular de los contaminantes = M contaminante
- Volumen total de suelo tratado = V total

Pasos del Proceso:

1. Determinar la Masa de Contaminantes en el Suelo Inicialmente:
2. M contaminante inicial = M inicial $\times$ C inicial
3. Calcular la Masa de Peróxido de Hidrógeno Utilizada:
4. M peróxido = C peróxido $\times$ V peróxido
5. Calcular la Masa de Contaminantes Oxidados:
6. M contaminante oxidado = M peróxido $\times$ (1-% de rendimiento) M contaminante
7. Determinar la Masa Final de Contaminantes en el Suelo:
8. M final = M contaminante inicial - M contaminante oxidado
9. Calcular la Concentración Final de Contaminantes en el Suelo:
 C final = M final V total

Datos Iniciales:

- Masa inicial del suelo contaminado (M inicial): 1000 kg
- Concentración inicial de contaminantes en el suelo (C inicial): 500 mg/kg
- Volumen de peróxido de hidrógeno utilizado ($V_{\text{peróxido}}$): 100 L
- Concentración de peróxido de hidrógeno (C peróxido): 10% (100,000 ppm)
- Masa molecular de los contaminantes ($M_{\text{contaminante}}$): 200 g/mol
- Volumen total de suelo tratado (V total): 1000 m³

Pasos del Proceso:

1. Determinar la Masa de Contaminantes en el Suelo Inicialmente:
 $M_{\text{contaminante inicial}} = 1000 \text{ kg} \times 500 \text{ mg/kg} = 500,000 \text{ mg} = 500 \text{ g}$
 $M_{\text{contaminante inicial}} = 1000 \text{ kg} \times 500 \text{ mg/kg} = 500,000 \text{ mg} = 500 \text{ g}$
2. Calcular la Masa de Peróxido de Hidrógeno Utilizada:

Peróxido $100 \text{ L} \times (10 \% \times 106 \text{ ppm}) = 10 \text{ L} \times 10,000 \text{ ppm} = 100 \text{ g}$ M peróxido = $100 \text{ L} \times (10\% \times 106 \text{ ppm}) = 10 \text{ L} \times 10,000 \text{ ppm} = 100 \text{ g}$

3. Calcular la Masa de Contaminantes Oxidados: Supongamos un rendimiento del 90% en la oxidación.

$M \text{ contaminante oxidado} = 100 \text{ g} \times (1-0.90) = 10 \text{ g}$ M contaminante oxidado = $100 \text{ g} \times (1-0.90) = 10 \text{ g}$

4. Determinar la Masa Final de Contaminantes en el Suelo: $M \text{ final} = 500 \text{ g} - 10 \text{ g} = 490 \text{ g}$ M final = $500 \text{ g} - 10 \text{ g} = 490 \text{ g}$

5. Calcular la Concentración Final de Contaminantes en el Suelo:

$C \text{ final} = 490 \text{ g} / 1000 \text{ m}^3 = 0.49 \text{ mg/m}^3$

$C \text{ final} = 1000 \text{ m} / 3490 \text{ g} = 0.49 \text{ mg/m}^3$

Resultados:

Después de la oxidación química con peróxido de hidrógeno, la concentración final de contaminantes en el suelo es de 0.49 mg/m^3 .

Este ejemplo es puramente ilustrativo y los valores reales pueden variar significativamente dependiendo de varios factores, como la naturaleza de los contaminantes, las condiciones del suelo y del proceso de remediación, así como el rendimiento de la reacción química. Es importante realizar análisis detallados y considerar múltiples variables en una situación real.

1.2 BIORREMEDIACIÓN POR BIOPILAS PILA-FS.

Clave de Proceso:	PILAS-FS
Nombre de Proceso:	Biorremediación por biopilas
Residuos a tratar	SHC: Suelos contaminados con hidrocarburos MSS: Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos (lodos de presas, lodos y sedimentos de tanques de almacenamiento). Recortes y lodos de perforación base agua y aceite
Contaminantes	HFM: Hidrocarburos fracción media HFP: Hidrocarburos fracción pesada HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Insumos	Consortio bacteriano: SOLIBAC IP, Bach-H, Bach-B Nutrientes o fertilizantes agrícolas: Triple 17, sulfato diamónico, nitrato de potasio, urea Surfactante: Biosurfactante, Quantum Clean, Surfactante Sulf200
Parámetros a monitorear	Humedad pH Temperatura Unidades formadoras de colonias Concentración de hidrocarburos

Tabla 17 PILA-FS Biorremediación por Biopilas

Descripción del proceso Biorremediación por biopilas PILAS-FS.

I. Recepción del material

1. El material se recibe en el área 1, en una de las celdas indicadas para este tipo de Residuo. Posterior a la descarga del material, se procede a esparcirlo en la celda, utilizando maquinaria pesada, como retroexcavadoras, excavadoras y volteos si es necesario.

2. Por medio de la maquinaria mencionada anteriormente, se remueven rocas grandes, residuos y materiales ajenos al material a tratar que pudieran haber sido descargados.

II. Colocación en pilas de los residuos a tratar sobre las celdas.

3. Por medio de retroexcavadoras, el material o suelo contaminado se acomoda dentro de la celda de tratamiento en forma de pilas de no más de 3.0 m de alto y 4.0 m de base, para llevar a cabo su tratamiento por biopilas.

III. Adición de Surfactante Quantum Clean

4. Con maquinaria pesada o de forma manual, se realiza una homogeneización del suelo, agregando a su vez el surfactante Quantum Clean para humedecerlo y asegurarse que los procesos de degradación biológica del contaminante sean de una manera más uniforme.

5. Estos agentes aumentan la biodisponibilidad del contaminante, modificando sus condiciones de hidrosolubilidad al romper los enlaces externos de la cadena de hidrocarburo. Esto permite que el consorcio de organismos degradadores actúe con mayor eficiencia, debido al aumento del área superficial de exposición del contaminante.

6. Es importante mencionar que, la aplicación del biosurfactante está condicionada a las concentraciones y tipo de contaminante presente en el suelo y/residuos a tratar, y éste puede o no aplicarse. Si el contaminante es un hidrocarburo ligero, por ejemplo, y el suelo tiene bajos contenidos en arcilla, se puede prescindir de este paso en el procedimiento e ir directamente a la aplicación de humedad y nutrientes. La aplicación de estos agentes se lleva a cabo usando pipas y/o contenedores del tipo Rotoplas o similar, equipados con bombas autocebantes, mangueras flexibles con conexiones rápidas y boquillas de aspersión.

7. El control del contenido de humedad del material se lleva a cabo con pipas, bombas autocebantes, mangueras corrugadas flexibles, conexiones rápidas y/o contenedores del tipo Rotoplas o similar y boquillas aspersoras. Su frecuencia recomendada es de por lo menos tres veces a la semana; sin embargo, depende de las condiciones climáticas y de las características fisicoquímicas (textura, contenido de materia orgánica, conductividad hidráulica, temperatura y permeabilidad) del material.

IV. Aplicación de fertilizante agrícola

8. Una vez que se ha homogeneizado el suelo contaminado en las pilas de tratamiento, se aplica una solución acuosa de nutrientes comerciales (Triple 17 o sulfato diamónico, diluidos en agua); su función en el tratamiento es para estimular la actividad de los microorganismos degradadores autóctonos y/o adicionados, ya que durante la etapa de desarrollo de éstos es requerida una cierta cantidad de elementos, que no están disponibles de manera natural en el suelo, o que tienden a disminuir su concentración afectados por la contaminación o durante el crecimiento de los microorganismos, por lo que es necesaria su aplicación con objeto de mejorar la biodegradación de contaminantes orgánicos.

9. La concentración del Triple 17 o sulfato diamónico puede variar, estando en función del tipo de hidrocarburo que se pretenda remover, así como de la concentración de éstos en el suelo en tratamiento y las características fisicoquímicas del mismo. En este punto también se agrega composta o mejoradores del suelo en homogenización continua del suelo. La aplicación de los nutrientes es al principio del tratamiento y solo en caso de que no se logren bajar los niveles de hidrocarburos se hace otra aplicación de fertilizante intercalándolo con el que se usó en primera instancia, de tal forma que, si la primera aplicación se optó por Triple 17, para la segunda se aplicará sulfato diamónico.

V. Aplicación de bacterias específicas

10. En caso de que el suelo en tratamiento sea un suelo pobre, se requiere de la adición de microorganismos o bacterias específicas que lleven a cabo la biorremediación, para lo cual se

utilizan las marcas comerciales SOLIBAC IP SOIL, BACH-H, BACH-B especializados en la degradación del hidrocarburo. Los microorganismos se acondicionan y activan previo a su aplicación. La aplicación se realiza mediante el sistema de riego (pipas y bombas autocebantes) y se va removiendo el suelo para homogenizar la aplicación de los microorganismos y en las condiciones apropiadas para el grado de contaminación del suelo por restaurar.

11. La periodicidad de la aplicación de las bacterias dependerá del avance del tratamiento, si los resultados de los análisis de hidrocarburos muestran una tendencia a disminuir con la primera aplicación, se continúa con el tratamiento, monitoreando y dejando que el consorcio bacteriano que se activó en el suelo siga trabajando sin alterar su comportamiento, la finalidad es que estos microorganismos degraden los hidrocarburos presentes en el suelo.

VI. Adición de composta o mejoradores del suelo

12. La homogenización del suelo es continua, después de agregar la mezcla nutrientes-microorganismos-suelo y, de ser necesario, se adiciona composta o mejoradores del suelo, ésta no excederá en un 5 % del total de suelo en tratamiento; se distribuye uniformemente en el suelo o material afectado; se procede a realizar de manera periódica el mezclado-homogenización-aireación del suelo en tratamiento con maquinaria o de forma manual. La aplicación de los insumos (nutrientes y microorganismos) se realizará las veces que sea necesario y dependerá de los límites de limpieza alcanzados.

13. El movimiento o arado continuo del suelo garantiza su oxigenación y la estimulación de los microorganismos encargados de la degradación de los hidrocarburos presentes en el suelo; éstos son monitoreados constantemente por medio de equipos portátiles como el *Petroflag* para llevar un control del tratamiento y saber cuándo se han alcanzado los niveles deseados, el análisis final de suelo se realiza con un laboratorio autorizado y certificado por las autoridades para garantizar su confiabilidad.

VII. Monitoreo

14. Durante el tratamiento del suelo se monitorean y controlan las siguientes variables:

- Temperatura del suelo, la cual debe estar en un rango de 15 a 45°C para un rendimiento óptimo de los microorganismos.
- pH, que debe estar en un rango entre 5.5 a 8.0.
- Humedad del material a tratar, comprendida entre 25 y 30 %.
- Oxígeno atmosférico, el cual es suministrado al sistema mediante el volteo o remoción del material en tratamiento con maquinaria o de manera manual, según sea el caso.

VIII. Toma de Muestra

15. En el final del proceso de tratamiento, se realizará la toma de muestras pertinentes. Esto se llevará a cabo con un laboratorio acreditado, mismo que realizará los análisis requeridos de acuerdo a la normatividad aplicable.

IX. Finalización del tratamiento

16. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador, reusado, usado para relleno y/o se le da una disposición final.

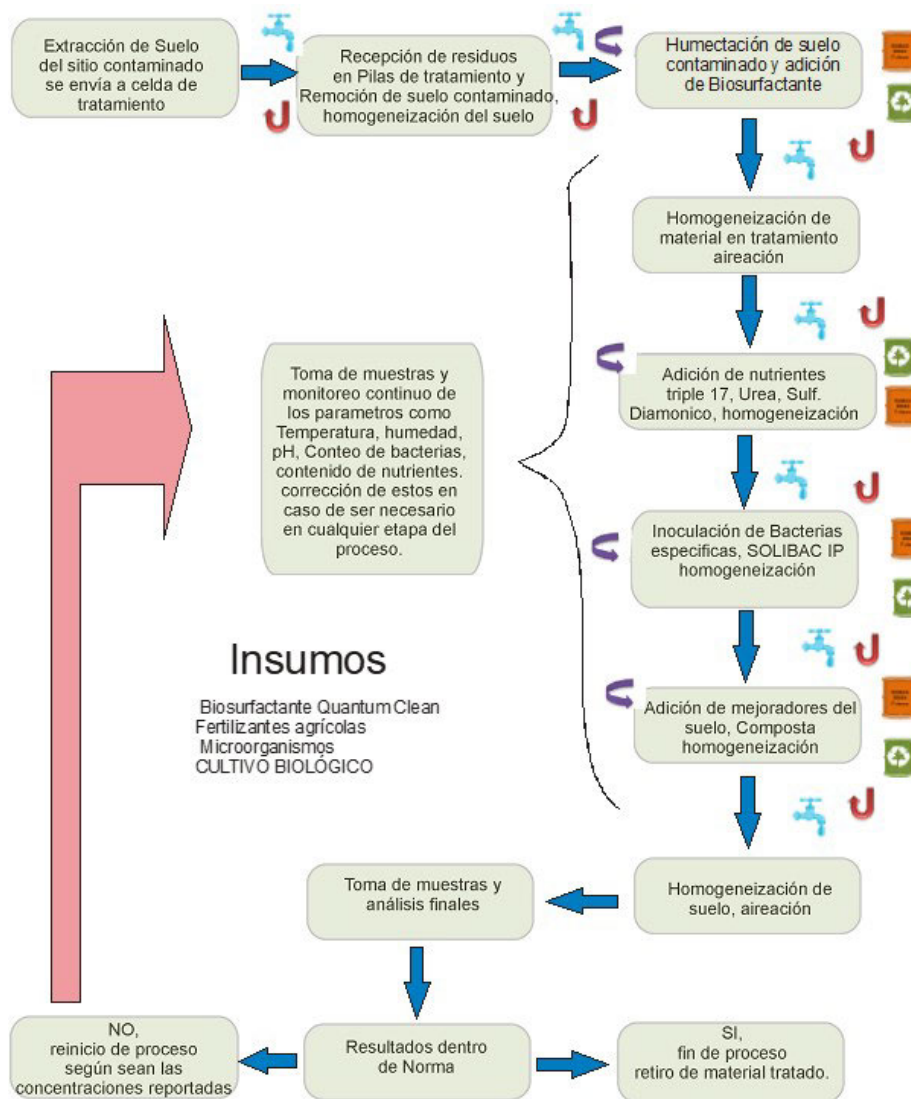


Figura 19 Diagrama de flujo PILA-LS, Biorremediación por biopilas

BALANCE DE MASAS PARA LA BIOREMEDIACIÓN POR BIOPILAS DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS POR BACTERIAS DEGRADADORAS

Datos Iniciales:

- Masa inicial del suelo contaminado = M inicial
- Concentración inicial de hidrocarburos en el suelo = C inicial
- Concentración de bacterias degradadoras de hidrocarburos = C bacterias
- Volumen de suelo tratado = V total
- Porcentaje de degradación de hidrocarburos por las bacterias = % de degradación

Pasos del Proceso:

1. Determinar la Masa de Hidrocarburos en el Suelo Inicialmente:

$$M \text{ hidrocarburos inicial} = M \text{ inicial} \times C \text{ inicial}$$

2. Calcular la Masa de Bacterias Agregadas al Suelo:

$$M \text{ bacterias} = C \text{ bacterias} \times V \text{ total}$$

3. Calcular la Masa de Hidrocarburos Degradados por las Bacterias:

$$M \text{ hidrocarburos degradados} = M \text{ hidrocarburos inicial} \times (\% \text{ de degradación})$$

4. Determinar la Masa Final de Hidrocarburos en el Suelo:

$$M \text{ final} = M \text{ hidrocarburos inicial} - M \text{ hidrocarburos degradados}$$

5. Calcular la Concentración Final de Hidrocarburos en el Suelo:

$$C \text{ final} = M \text{ final} / V \text{ total}$$

Consideraciones Adicionales:

Es importante considerar la viabilidad y actividad de las bacterias degradadoras en el suelo, así como las condiciones ambientales óptimas para su crecimiento y actividad.

La eficacia del proceso puede verse afectada por factores como la presencia de otros compuestos en el suelo, pH, temperatura y oxígeno disponible.

Con estos pasos, puedes evaluar cómo las bacterias degradadoras de hidrocarburos pueden influir en la remediación de suelos contaminados.

Datos Iniciales:

- Masa inicial del suelo contaminado (M inicial): 1000 kg
- Concentración inicial de hidrocarburos en el suelo (C inicial): 1000 mg/kg

- Concentración de bacterias degradadoras de hidrocarburos (C bacterias): 10^8 UFC/g de suelo (UFC: Unidades Formadoras de Colonias)
- Volumen total de suelo tratado (V total): 1000 m^3
- Porcentaje de degradación de hidrocarburos por las bacterias (% de degradación): 80%

Pasos del Proceso:

1. Determinar la Masa de Hidrocarburos en el Suelo Inicialmente:

$$M \text{ hidrocarburos inicial} = 1000 \text{ kg} \times 1000 \text{ mg/kg} = 1,000,000 \text{ mg} = 1000 \text{ g}$$

2. Calcular la Masa de Bacterias Agregadas al Suelo:

$$M \text{ bacterias} = (108 \text{ UFC/g}) \times 1000 \text{ m}^3 = 1011 \text{ UFC}$$

3. Calcular la Masa de Hidrocarburos Degradados por las Bacterias:

$$M \text{ hidrocarburos degradados} = 1000 \text{ g} \times 80 \% = 800 \text{ g}$$

4. Determinar la Masa Final de Hidrocarburos en el Suelo:

$$M \text{ final} = 1000 \text{ g} - 800 \text{ g} = 200 \text{ g}$$

5. Calcular la Concentración Final de Hidrocarburos en el Suelo:

$$C \text{ final} = \frac{200 \text{ g}}{1000 \text{ m}^3} = 0.2 \text{ mg/m}^3$$

Resultados:

Después del tratamiento con bacterias degradadoras de hidrocarburos, la concentración final de hidrocarburos en el suelo es de 0.2 mg/m^3 .

Este ejemplo proporciona una idea de cómo las bacterias degradadoras pueden reducir la concentración de hidrocarburos en el suelo contaminado. Los valores reales pueden variar dependiendo de diversos factores ambientales y biológicos específicos del sitio de remediación.

1.3 DESORCIÓN TÉRMICA DESO-FS.

Clave de Proceso:	DESO-FS
Nombre de Proceso:	Desorción térmica fuera del sitio contaminado
Residuos a tratar	SHC: Suelos contaminados con hidrocarburos MSS: Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos (lodos de presas, lodos y sedimentos de cárcamo, lodos y sedimentos de tanques de almacenamiento). Recortes y lodos de perforación base agua y aceite
Contaminantes	HFM: Hidrocarburos fracción media HFP: Hidrocarburos fracción pesada HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Insumos	Consorcio bacteriano: SOLIBAC IP, Bach-H, Bach-B Nutrientes o fertilizantes agrícolas: Triple 17, sulfato diamónico, nitrato de potasio, urea
Parámetros a monitorear	Humedad pH Temperatura Contenido de hidrocarburos

Tabla 18 Desorción Térmica DESO-FS

Los criterios por tomar en cuenta para la selección del tipo de desorción térmica a aplicar a los suelos o materiales semejantes a suelos contaminados a tratar estarán en función del tipo de contaminante que contengan y la concentración.

Tipo de desorción térmica	Concentración de contaminantes
Desorción térmica indirecta	Menores a 2000 ppm
Desorción térmica directa	Mayores a 2000 ppm y hasta 5000 ppm
Desorción térmica a alta temperatura	Mayores de 5000 ppm

Tabla 19 Criterios para la selección del tipo de desorción térmica DESO-FS

Desorción Térmica Indirecta

La desorción térmica indirecta utiliza bajas temperaturas y el material a tratar es calentado utilizando un calentador adjunto al equipo. y sirve para eliminar hidrocarburos totales del petróleo (TPH por sus siglas en inglés) y bifenilos policlorados (PCB por sus siglas en inglés) de suelos y materiales peligrosos.

Este proceso permite la reutilización del suelo, se realiza a temperaturas de 100° a 210°C y el material tratado es aprovechado en un 80 %.

Desorción Térmica Directa

La desorción térmica directa se realiza a temperaturas que van de los 320°C a 560°C y el calentamiento del material a tratar es directamente en el horno rotatorio y se utiliza para tratar suelos contaminados con hidrocarburos y recortes y fluidos de perforación base aceite y base agua.

Con esta tecnología se remueven contaminantes con concentraciones entre 2000 ppm y 5000 ppm de Hidrocarburos Totales del Petróleo y el material tratado puede ser reutilizado en un 60 %. siendo ocupado como relleno en suelos de uso industrial, como rodamiento de carreteras o como block para construcción.

Desorción Térmica a Alta Temperatura

La desorción térmica a muy altas temperaturas utiliza calor que va de los 560°C a los 1010°C y se utiliza para descontaminar tratar materiales contaminados con hidrocarburos poliaromáticos y alifáticos, dioxinas, PCB, herbicidas pesticidas y otros materiales peligrosos. La ceniza residual que se obtiene es inertizada. y puede usarse como relleno, en aplicaciones de construcción o, en algunos casos como grafito.

Con este método se tratan fácilmente lodos de perforación, escombros y equipos de protección personal impregnados con hidrocarburos, desechos orgánicos clasificados como peligrosos, etc.

Esta técnica sirve para tratar la contaminación producida por compuestos orgánicos volátiles, con un peso molecular no muy elevado, como los lubricantes, aceites minerales, gasolina, entre otros, y determinados metales pesados volátiles como es el caso del mercurio. Asimismo, esta misma técnica sirve para controlar el paso de los contaminantes a la fase gaseosa, por ejemplo, se pueden eliminar éstos en una cámara de combustión o fijarlos sobre carbono activado. Estos métodos presentan el inconveniente de que el suelo queda completamente transformado, sin materia orgánica, sin microorganismos, sin disoluciones (EPA, 1996).

Proceso de tratamiento

I. Extracción del Suelo

1. Se realiza la extracción del material o suelo contaminado, triturándolo para incorporarlo al proceso de tratamiento.
2. El material o suelo contaminado es acomodado en la celda de tratamiento en forma de pilas, de no más de 3.0 m de altura y 4.0 m de base, para el tratamiento por biopilas.
3. El material es extraído, por medio de retroexcavadoras, y transportado a la celda de tratamiento en tolvas o camiones de volteo; se deposita directamente en la celda de tratamiento formando pilas,

de donde se irá colocando, en las tolvas transportadoras, a los equipos de cribado y de ahí al horno de desorción.

II. Cribado o separación del material

4. Una vez que se tiene el suelo en la celda, se inicia el cribado o separación del material, esto consiste en separar piedras o cuerpos extraños del suelo para que, por medio de una tolva de alimentación y un transportador de carga, alimentar al secador rotatorio. El tiempo que dura el tratamiento, una vez que inicia el ciclo en el alimentador del equipo, va de 6 a 12 minutos, dependiendo las concentraciones de hidrocarburos en suelo.

III. Secado de material – Horno Secador (cuerpo cilíndrico)

5. Una vez que el suelo contaminado ingresa al sistema de tratamiento, pasa en primera instancia al secador rotatorio, es en esta parte del proceso en donde se lleva a cabo la primera fase de la desorción térmica, ya que aquí se inicia la separación de los hidrocarburos del suelo por medio de calor la cual se realiza completamente en el siguiente proceso, en esta parte del proceso se manejan temperaturas de 100°C a 210°C.

IV. Desorción térmica (horno de desorción 350°C a 560°C)

6. Una vez que el suelo fue expuesto al primer proceso de secado, pasa al horno de desorción donde las temperaturas son un poco más altas y se lleva a cabo propiamente el proceso de desorción térmica, donde se separan los hidrocarburos en forma de gas del suelo, en esta fase se manejan temperaturas de 350°C a 560°C.

7. El horno de desorción térmica cumple la función principal de vaporizar el resto de los componentes sin alterar la estructura química del suelo a profundidad, mediante la volatilización del resto de los componentes del suelo; las sustancias volatilizadas se conducirán a la cámara incineradora de humos, donde se termoxidarán a fin de destruirlas.

V. Descarga y desplazamiento del suelo

8. Una vez realizada la desorción, el horno cuenta con una descarga con trampa de gases para detener las emisiones fugitivas del interior del horno y desplazar el suelo, mediante un helicoidal sellado, hacía el exterior del horno, donde se recibe en tolvas para ser colocado en la celda de acondicionamiento final del suelo.

VI. Acondicionamiento de suelo tratado

9. Una vez que el suelo sale del proceso de tratamiento, dependiendo su origen y características originales, se coloca en la celda aldeaña, en donde se acondiciona por medio de la adición de bacterias y nutrientes agrícolas para reacondicionar el suelo a su vocación original.

10. Los insumos que se utilizan directamente en este proceso, solo se emplean al final como acondicionadores finales del suelo (bacterias y nutrientes agrícolas), el resto de los insumos son indirectos para los equipos de desorción.

VII. Combustión de gases

11. Los gases de hidrocarburos, que fueron separados del suelo, continúan su tratamiento en la cámara de combustión de gases que es de temperatura mayor. Para lograr lo anterior, se cuenta con un ducto donde se canalizan los gases inmediatamente después del horno de Desorción, donde en la cámara de combustión se termoxidan los humos vaporizados de los suelos, destruyendo la mayoría de los componentes mediante temperatura. La temperatura de operación es de mínimo de 950°C, para componentes sencillos, y cuenta con alimentación de aire secundario con el objetivo de mantener el balance de oxigenación completa a fin de reducir las emisiones al mínimo.

12. Posterior a la oxidación térmica de los gases, el calor generado junto con esos gases es enviado por un ducto aislado hacia su aprovechamiento en el horno secador, con el cual se reduce el consumo de combustibles. Parte de los gases separados en el proceso son utilizados como combustible en el proceso.

VIII. Lavado de gases

13. Esta etapa es posterior al proceso de la cámara de combustión de gases, en la cual va una etapa intermedia, entre el secador y la cámara de incineración de gases. Al intercambiador de calor de este proceso, se introduce aire complementario a una temperatura aproximada de 180°C para reducir el consumo de combustible por este parámetro.

14. Los gases de combustión que salgan de la cámara incineradora de humos pasarán al equipo de enfriamiento de gases de combustión, conocido como Water Quenching. En esta etapa a los gases de combustión se les bajará la temperatura, entrando a cerca de los 800°C y saldrán de entre 360°C a 270°C, misma temperatura a la que ingresarán al horno secador, a fin de evitar vaporizar componentes que lo harán en el horno de desorción, ya que los componentes que se vaporizan en el horno de desorción deben cumplir la termoxidación, por lo cual solo es un secado a menor.

IX. Retención de partículas suspendidas

15. El control de partículas suspendidas se realizará mediante dos ciclones para que la fuerza centrífuga de los mismos pueda retener los polvos que provengan al momento de manejar los cuerpos secos de los suelos, por lo que se colocará en la secuencia de equipos, posterior al secador, y posterior al horno de desorción, bajo los cuales se recuperan sólidos que se reprocesan hacia el cargador principal del horno de secado.

X. Lavado de gases de combustión

16. Posterior a la cámara de enfriamiento, los gases de combustión pasarán a un proceso de lavado continuo, ingresando de forma lineal a la lavadora de gases ó Scrubber.

XI. Extractor y chimenea

17. Finalmente, después de haber pasado las diferentes etapas, se llega a la chimenea, ésta estará habilitada con un ventilador de extracción tipo Dust & Steam Fan de 5 HP trifásico 220/440 Volts, instalado al pie de la misma. En esta etapa es muy importante la extracción final de los gases, forzándolos a atravesar la lavadora de gases y evitando que se eleve la presión positiva interior de

la línea. La chimenea será de 10 m de altura. En el cuerpo de esta se encuentra un filtro con cartuchos de carbón activado y cal, que garantizan que los gases que se emiten son limpios y no contienen ningún de tipo de contaminante.

XII. Monitoreo de parámetros

18. Los parámetros a monitorear para este tratamiento son: humedad, temperatura, pH, concentración de hidrocarburos, y son monitoreados al inicio, antes de ingresar el suelo al equipo de desorción térmica, y al salir el suelo del tratamiento, y son realizados por medio de equipos portátiles.

19. Monitoreo y registro de temperatura en las dos zonas de control de temperatura del horno: Se realiza el control del proceso con registro de hasta 12 variables como son: temperatura, humedad, límites de emisiones, monóxido y dióxido de carbono (CO₂, CO), partículas sólidas suspendidas por partículas por millón (ppm).

XIII. Finalización del tratamiento

20. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador, reusado, usado para relleno y/o se le da una disposición final.

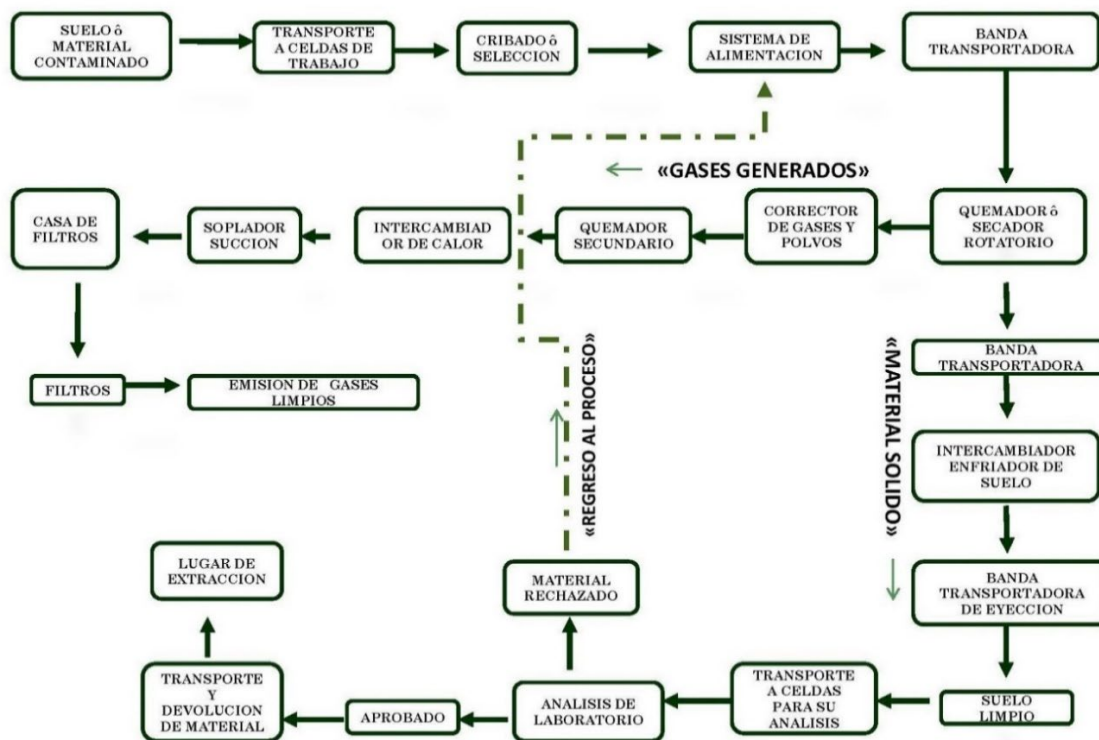


Figura 20 Diagrama de Desorción Térmica DESO-FS.

BALANCE DE MASA Y DE ENERGÍA

LÍNEA DE DESORCIÓN TÉRMICA

Cálculos de remediación de hidrocarburos #2 fuel oil

=====

ESTIMACIONES BASADAS EN HARTLEY Y DWSIM

Aceite combustible #2

Peso de Aceite Combustible 7.07 lb/gal

Tasa de Alimentación Tonelada: 10 TPH

Velocidad de Alimentación Métrica: 1800TPH

ppm

Cálculo de combustión para secador: Oil in soil 0 ppm

Secador rad. pérdidas. 10,0 %

Humedad máxima: 60,0 % por peso agg.

Calor Específico: 0.22 BTU/ h

Conducción de Polvo: 10,0 % por peso res. H₂O interno... 0,00 %

Temperatura ambiente: 60°C

Temperatura de Material de Entrada: 60°C

BTU/Ton; 734245 BTU/Ton

Salida de Temperatura Material: 315°C Combustible/Toneladas 6.09 Gal/Toneladas

Temperatura del Gas de Escape: 176°C

dscfm/ton / 167,4 dscf/ton

Elevación: 500 ft acfm/ton

472.7 acfm/ton

Ex. aire (secador): 25 %

Combustible HHV: 136, 000 BTU/Gal

Ex. aire (oxidante): 25 %

Temperatura del Oxidante: 850°C

Azufre (combustible): 0.3 % por peso

Tiempo de Retención: 2,00 segundo

Azufre (aceite en efecto de destrucción: 99 % suelo/ 0.5 % P/P.

Temperatura de Entrada BH: 325°C

Opciones acfm de pila:

Temperatura de Salida BH: 148°C

Oxidación Bolsa Posterior: 37209 acfm

Permitir Emisiones: 0.012 g/scf

Relación Aire/Aire: 13829 acfm

Enfriador de evaporación 20468 acfm

ESPECIFICACIONES DE PROCESO PRINCIPAL

Densidad: 1.8

Requerimiento energético estimado: 9.46- 11.54

Temperatura de horno rotatorio primario: 190- 240°C

Temperatura de horno rotatorio de desorción térmica: 350- 450°C

Mass and Energy Balances

Stream / Apparatus	Mass (kg/s)	Energy (MW)	Exergy (MW)	Exergy-0 (MW)
Flujo 1	0.00471534	-7.603E-03	-0.0149613	-0.0150139
Flujo 2	0.166667	-0.420003	-0.682994	-0.683103
Tope	-0.103051	0.990713	1.09490	0.468217
Fondo	-7.277E-07	1.0298E-06	2.1171E-06	1.0160E-06
Condenser vapor	-0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Qcondenser (T=-371.7000C)		-0.990713	0.475562	0.475562
Qreboiler (T=378.8149C)		-1.029E-06	-1.574E-07	-1.574E-07
	 +	 +	 +	 +
Balance	0.0683305	-0.427607	0.872512	0.872512

Thermodynamic efficiency = 43.14%

Component discrepancies: absolute (mol/s), relative ()

Benzene	0.360484	0.684287
1-butene	0.133460	0.253340
Propane	-0.0807086	-0.158554
Water	0.128909	0.253245
N-butane	0.184755	0.350709
Carbon dioxide	0.188087	0.357034
Air	0.514684	0.976996

CARACTERÍSTICAS DE DESTILACIÓN DE HIDROCARBUROS

Número de carbonos: C10- C28

Densidad: 839 Kg/m³

TIEMPOS DE RETENCIÓN

Tiempo de retención,	T=250°C		T=350°C		T=450°C	
tR	TPH	%R	TPH	%R	TPH	%R
0	15295.25	0	15209.75	0.00	15689.75	0.00
1	16750	-6.37	15119	5.64	13318	17.93
1.5	17323	-10.01	13409	16.31	4952	69.48
2	14472	8.10	13694	10.39	3616	77.72
2.5	13561	8.80	11656	18.21	6721	57.91
3	13550	8.88	7864	44.82	2217	86.12
3.5	1834	87.67	4112	71.15	68	99.57
4	13492	11.71	7654	49.91	1509	90.13
6	8803	42.40	991	93.52	141	99.08
8	11657	23.72	426	97.21	5	99.97
12	2276	99.33	48	99.82	5	99.97

Tabla 20 Tiempos de retención de suelos con 15000 ppm de hidrocarburos.

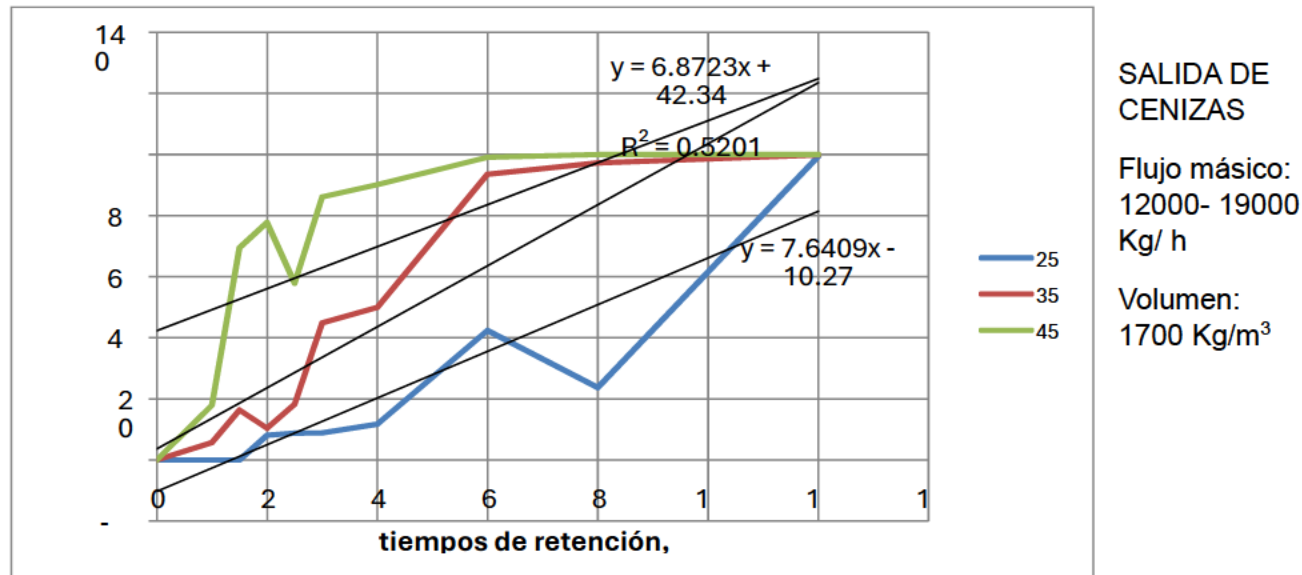


Figura 21 Gráfico de Regresión Lineal a distintas temperaturas.

1.4 TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO (ACONDICIONAMIENTO) FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y RECORTES DE PERFORACIÓN BASE AGUA Y/O BASE ACEITE.

I. Recepción y Acondicionamiento

Este tratamiento solo será aplicado a los fluidos de perforación agotados y recortes de perforación base agua y/o base aceite, que contengan un porcentaje alto de humedad y se realiza previo a los tratamientos oxidación química y/o Biorremediación por biopilas

1. Una vez recibido el residuo, se determinará el porcentaje de humedad en este material.
2. Si se determina que el porcentaje de humedad del material es bajo, se procede a realizar uno de los tratamientos para RME que han sido descritos en el presente documento.
3. Si se determina que el porcentaje de humedad del material es alto, se procede a agregarle desemulsificante para comenzar a romper las emulsiones de agua en dicho residuo.
4. Posterior a esto, el residuo, ya con el desemulsificante agregado, se lleva a un proceso de extrusión y/o decantación, para realizar la separación de las fases.
5. Una vez terminado cualquiera de los procesos previamente mencionados, se procede a pasar la parte líquida de la separación a una presa y/o tanque de almacenamiento, para posteriormente ser reusada, entregada a su generador y/o darle una disposición final.
6. Por otro lado, la parte sólida de la separación se revisa y dependiendo de su porcentaje de humedad se decide si se vuelve a ingresar al sistema para un nuevo procedimiento.
7. Si el porcentaje de humedad sigue siendo alto, el residuo se vuelve a agregar al sistema.
8. Si el porcentaje de humedad es bajo, se procede a realizar uno de los tratamientos para RME que a continuación se describen, es decir oxidación química y Biorremediación por biopilas.

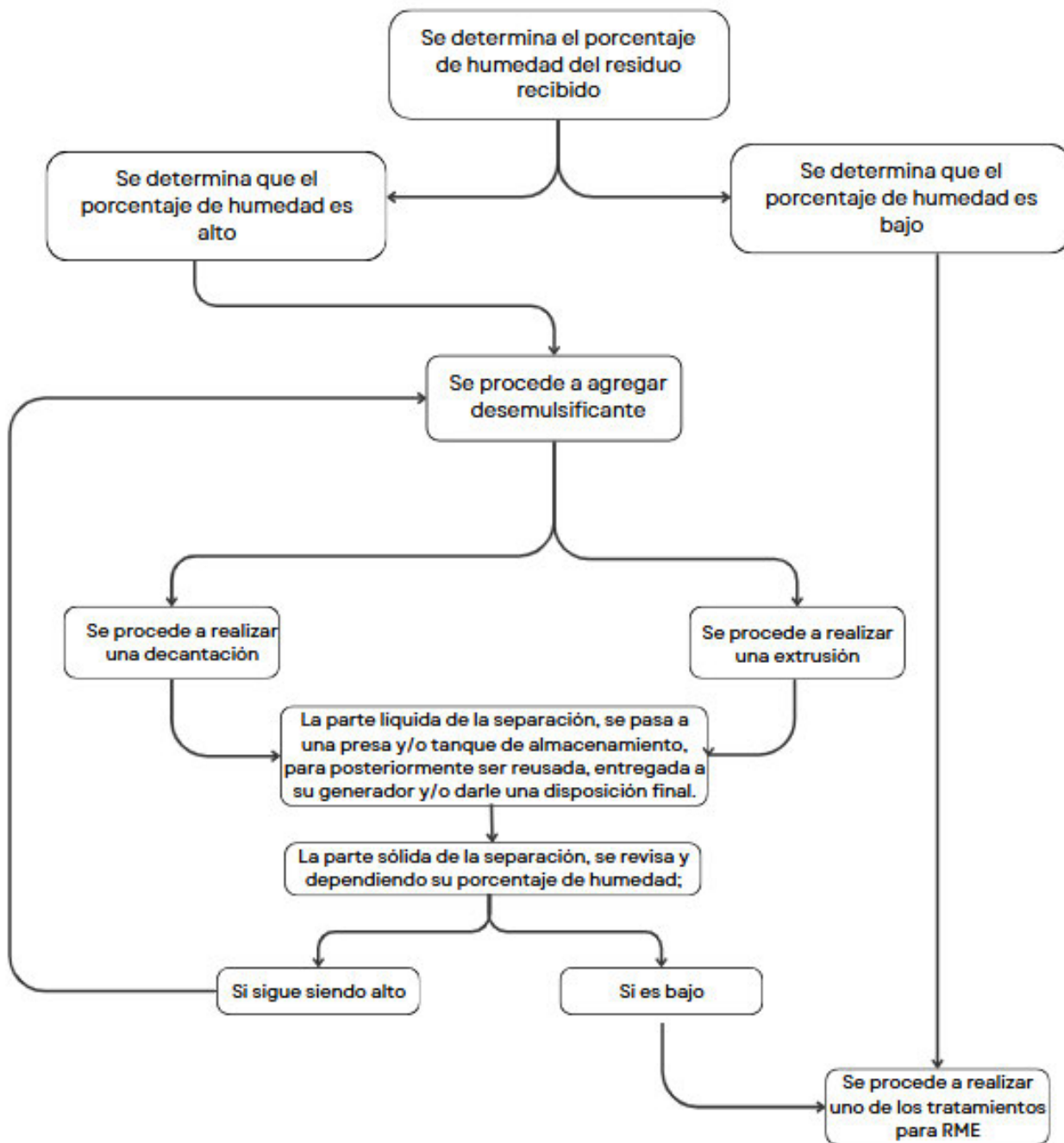


Figura 22 Diagrama de flujo para recepción y acondicionamiento de RME, recortes y fluidos de perforación base agua y/o base aceite.

1.5 FLUIDOS DE PERFORACIÓN AGOTADOS Y RECORTES DE PERFORACIÓN BASE ACEITE Y/O BASE AGUA.

- **Oxidación Química**

I. Recepción del material

1. El material se recibe en el área 1 o 2 (Fosa 1, 2, 3, 4 o Celda 7, 8, 9, 10, 12 y 13), en una de las celdas o fosas indicadas para este tipo de Residuo. Posterior al descargue del material, se procede a esparcirlo en la celda, utilizando maquinaria pesada, como retroexcavadoras, excavadoras y volteos si es necesario.
2. Por medio de la maquinaria mencionada anteriormente, se remueven rocas grandes, residuos y materiales ajenos al material a tratar que pudieran haber sido descargados.

II. Colocación en pilas de los residuos a tratar sobre las celdas.

3. Por medio de retroexcavadoras, el material o suelo contaminado se acomoda dentro de la celda de tratamiento en forma de pilas de no más de 3.0 m de alto y 4.0 m de base, para llevar a cabo su tratamiento.

III. Adición de disolución Agua-Surfactante

4. Sobre el suelo o material en tratamiento se aplica una disolución Agua-Peróxido de Hidrógeno, Permanganato de Potasio o Quantum Clean Surfox, mezclando simultáneamente con maquinaria pesada para favorecer la reacción de oxidación. En caso de requerirse, se podrá agregar una solución de Sulfato de Hierro como catalizador de la reacción de oxidación.
5. Estos agentes aumentan la biodisponibilidad del contaminante, modificando sus condiciones de hidrosolubilidad al romper los enlaces externos de la cadena de hidrocarburo.
6. Es importante mencionar que, la aplicación del biosurfactante está condicionada a las concentraciones y tipo de contaminante presente en el sitio y/o residuos a tratar, y este puede o no aplicarse. Si el suelo tiene bajos contenidos en arcilla, se puede prescindir de este paso en el procedimiento e ir directamente a la aplicación de humedad y oxidantes.
7. La aplicación de estos agentes se lleva a cabo usando bombas autocebantes, mangueras corrugadas flexibles, conexiones rápidas y/o contenedores del tipo Rotoplas o similar y boquillas aspersoras. Y se realiza de manera continua durante todo el proceso de tratamiento hasta alcanzar los niveles de limpieza requeridos.

IV. Tratamiento

8. Se realiza una preparación con una solución del oxidante escogido con una concentración del 0.2% al 0.5% y agua. Posteriormente se irriga esta solución en el suelo contaminado.
9. Una vez irrigado el suelo, se homogenizan pipas por medio de maquinaria pesada, hasta lograr una humectación de todo el material. Estas mezclas de oxidantes son integradas mediante riego con pipas y bombas autocebantes.
10. Los compuestos utilizados son capaces de oxidar compuestos orgánicos persistentes, posibilitando su completa mineralización y transformación a CO_2 , H_2O y otros compuestos inorgánicos estables. No obstante lo anterior, existe la desventaja de que si el oxidante no es aplicado debidamente, se tiene un cambio en el pH del suelo, para lo cual es necesario controlar tal parámetro mediante la aplicación de una solución Buffer para tener un pH final del suelo entre 6 y 8, para lograrlo generalmente se emplea cal común $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disuelta en agua al 4%, en una aplicación de riego con pipas.
11. Las reacciones de oxidación producen productos intermedios que atacan y degradan los contaminantes orgánicos, produciendo al final CO_2 , H_2O y sales, pero no siempre es el caso. Si el oxidante o los radicales son reactivos limitantes o si el producto intermedio es menos susceptible a la degradación oxidativa, entonces la mineralización puede ser incompleta y ciertos productos intermedios permanecen luego del tratamiento. A menudo estos compuestos contienen anillos aromáticos y cadenas alifáticas largas por lo que podría ser necesaria una segunda oxidación.
12. Se realiza el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en la mezcla, empleando para ello equipo de campo (analizador de hidrocarburos tipo Petroflag o equivalente).
13. Con base en los resultados de la primera etapa de oxidación y del monitoreo de concentración de contaminantes, se determina si es necesaria una segunda aplicación del oxidante.
14. Si los valores de hidrocarburos analizados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para un uso de suelo agrícola, forestal, pecuario, de conservación, residencial y/o recreativo, se considera concluido el tratamiento y se procede al muestreo final comprobatorio.
15. La toma de muestras y las determinaciones analíticas de los parámetros se realizan de acuerdo a lo establecido en la normatividad aplicable y conforme a la propuesta de remediación que al efecto se apruebe.

V. Restrucción del suelo

16. Una vez que se han alcanzado los niveles de hidrocarburos establecidos en la norma, se puede llevar a cabo el acondicionamiento del suelo con materia orgánica.

VI. Gases y Lixiviados

17. Los lixiviados generados serán recolectados y, reincorporados al proceso de tratamiento.
18. Con la aplicación de humedad al suelo también se controla la emisión de los compuestos orgánicos volátiles que eventualmente pudieran ser emitidos durante el desarrollo del proceso,

evitando la emisión de polvo a la atmosfera y con la humedad disminuyendo la temperatura que pudiera ocasionar evaporación.

VII. Monitoreo de parámetros

19. Como parte del monitoreo de las diferentes variables, durante el tratamiento se controlan y mantienen la temperatura, la cual debe estar en un rango de 15° a 45°C para un rendimiento óptimo; el pH, el cual debe estar en un rango de entre 2 a 4 y la humedad del material a tratar, comprendida entre 25 y 30 %.

20. En general el restablecimiento de estos parámetros se lleva a cabo al final del tratamiento, por tratarse de un proceso totalmente químico y, hasta no tener los rangos esperados del contenido de hidrocarburos en el suelo tratado, se aplican, en caso necesario, las enmiendas para regresar a los parámetros normales del suelo o material semejante a suelo tratado.

VIII. Control del proceso

21. Con la finalidad de asegurar que el proceso de degradación de los hidrocarburos sea eficiente, se realizarán monitoreos constantes para verificar la concentración de los hidrocarburos. Estos análisis de control se llevarán a cabo por medio de equipos portátiles como el Petroflag (PetroFLAG Analyzer System).

IX. Neutralización (como parte del proceso de oxidación)

22. Una vez terminado el proceso de neutralización, se procede a agregar materia orgánica a el suelo.

23. Con maquinaria pesada, se procede a mezclarlo para acondicionarlo.

X. Término del tratamiento

24. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador.

• Desorción Térmica

Esta técnica será utilizada para fluidos de perforación agotados y recortes de perforación base aceite.

1. El material se va adaptando en la celda en forma de biopilas de no más de 3 m de altura y 4m de base.

2. El material contaminado se transfiere a la celda de tratamiento, se homogeneiza y se criba para retirar metales u objetos de gran tamaño a fin de que estos puedan ser transportados por los mecanismos de alimentación, separando contaminantes sólidos como residuos sólidos urbanos, plásticos, metales y otros tipos de residuos, a fin de que los transportadores puedan realizar el movimiento sin desgaste de los mismos.

3. Posteriormente, se transportan los suelos hacia el proceso mediante bandas y tolvas de alimentación dosificada, estas varían según el arreglo final, pero se contempla con el layout de planta propuesto. Las mismas tolvas que se alimentarán, cuentan con sistema de regulación de revoluciones del dispensador helicoidal, con el cual se puede ajustar el flujo inicial del proceso a fin de regular en sí todo el proceso general: por lo cual éstas están dispuestas a retener cierta cantidad de producto antes de rebasar su capacidad de almacenamiento intermedio.
4. El material contaminado pasa un secador rotatorio, el cual cuenta con un sistema de regulación de rotación por variador de frecuencia, un sistema matriz con soportes de rotación y el sistema de carga de suelos, reduciendo la presencia de agua y humedad.
5. El material contaminado, será descargado al horno de desorción térmica, el cual cumple la función de vaporizar el resto de los componentes sin alterar la estructura química del residuo mediante la volatilización del resto de componentes del suelo.
6. El horno de desorción, contempla temperaturas iniciales de 560°C hasta 360°C al final del cuerpo rotatorio que compone el equipo.
7. Las sustancias volatilizadas son conducidas a la cámara de combustión de gases, donde se termoxidarán a fin de destruirlas.
8. La cámara de combustión de gases contempla una temperatura de operación de 950°C y cuenta con alimentación de aire secundario con el objetivo de mantener el balance de oxigenación completa a fin de reducir las emisiones al mínimo.
9. El calor generado junto con esos gases son enviados por un ducto aislado hacia su aprovechamiento en el horno secador, reduciendo el consumo de combustibles.
10. Los gases de combustión pasan al equipo de enfriamiento conocido como Water Quenching, disminuyendo su temperatura de 80°C hasta 270°C.
11. Posterior a la cámara de enfriamiento, los gases de combustión pasan a un proceso de lavado continuo, ingresando de forma lineal a la lavadora de gases o Scrubber.
12. Finalmente, los gases son extraídos y tratados en filtros de carbón activado previo a su descarga a la atmósfera.
13. El material tratado será depositado en la celda con el fin de realizar el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en este, empleando para ello equipo de campo (analizador de hidrocarburos tipo Petroflag o equivalente).
14. Con base en los resultados obtenidos se evalúa si se requiere o no un nuevo ciclo (o varios) de aplicación de los insumos enunciados.

Toma de Muestra

15. En el final del proceso de tratamiento, se realizará la toma de muestras pertinentes. Esto se llevará a cabo con un laboratorio acreditado, mismo que realizará los análisis requeridos de acuerdo a la normatividad aplicable.

Finalización del tratamiento

16. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador.

- **Biorremediación por biopilas PILAS-FS**

Clave de Proceso:	PILAS-FS
Nombre de Proceso	Biorremediación por biopilas
Residuos a tratar	RME. Recortes y fluidos de perforación base aceite.
Contaminantes	HFM: Hidrocarburos fracción media HFP: Hidrocarburos fracción pesada HAP: Hidrocarburos aromáticos policíclicos
Insumos	Consortio bacteriano: SOLIBAC IP, BACH-H, BACH-B. Nutrientes o fertilizantes agrícolas: Triple 17, sulfato diamónico, nitrato de potasio, urea Surfactante: QC Surfox, SULF 200
Parámetros a monitorear	Humedad pH Temperatura Unidades formadoras de colonias Concentración de hidrocarburos

Tabla 21 Proceso de tratamiento de biorremediación por biopilas.

I. Recepción del material

1. El material en una de las celdas y/o fosas indicadas para este tipo de Residuo. Posterior al descargue del material, se procede a esparcirlo en la celda, utilizando maquinaria pesada, como retroexcavadoras, excavadoras y volteos si es necesario.

2. Por medio de la maquinaria mencionada anteriormente, se remueven rocas grandes, residuos y materiales ajenos al material a tratar que pudieran haber sido descargados.

II. Colocación en pilas de los residuos a tratar sobre las celdas.

3. Por medio de retroexcavadoras, el material o suelo contaminado se acomoda dentro de la celda de tratamiento en forma de pilas de no más de 3.0 m de alto y 4.0 m de base, para llevar a cabo su tratamiento por biopilas.

III. Adición de Surfactante Quantum Clean

4. Con maquinaria pesada o de forma manual, se realiza una homogeneización del suelo, agregando a su vez el surfactante Quantum Clean para humedecerlo y asegurarse que los procesos de degradación biológica del contaminante sean de una manera más uniforme.

5. Estos agentes aumentan la biodisponibilidad del contaminante, modificando sus condiciones de hidrosolubilidad al romper los enlaces externos de la cadena de hidrocarburo. Esto permite que el consorcio de organismos degradadores actúe con mayor eficiencia, debido al aumento del área superficial de exposición del contaminante.

6. Es importante mencionar que, la aplicación del biosurfactante está condicionada a las concentraciones y tipo de contaminante presente en el suelo y/residuos a tratar, y éste puede o no aplicarse. Si el contaminante es un hidrocarburo ligero, por ejemplo, y el suelo tiene bajos contenidos en arcilla, se puede prescindir de este paso en el procedimiento e ir directamente a la aplicación de humedad y nutrientes. La aplicación de estos agentes se lleva a cabo usando pipas y/o contenedores del tipo Rotoplas o similar, equipados con bombas autocebantes, mangueras flexibles con conexiones rápidas y boquillas de aspersión.

7. El control del contenido de humedad del material se lleva a cabo con pipas, bombas autocebantes, mangueras corrugadas flexibles, conexiones rápidas y/o contenedores del tipo Rotoplas o similar y boquillas aspersoras. Su frecuencia recomendada es de por lo menos tres veces a la semana; sin embargo, depende de las condiciones climáticas y de las características fisicoquímicas (textura, contenido de materia orgánica, conductividad hidráulica, temperatura y permeabilidad) del material.

IV. Aplicación de fertilizante agrícola

8. Una vez que se ha homogeneizado el suelo contaminado en las pilas de tratamiento, se aplica una solución acuosa de nutrientes comerciales (Triple 17 o sulfato diamónico, diluidos en agua); su función en el tratamiento es para estimular la actividad de los microorganismos degradadores autóctonos y/o adicionados, ya que durante la etapa de desarrollo de éstos es requerida una cierta cantidad de elementos, que no están disponibles de manera natural en el suelo, o que tienden a disminuir su concentración afectados por la contaminación o durante el crecimiento de los microorganismos, por lo que es necesaria su aplicación con objeto de mejorar la biodegradación de contaminantes orgánicos.

9. La concentración del Triple 17 o sulfato diamónico puede variar, estando en función del tipo de hidrocarburo que se pretenda remover, así como de la concentración de éstos en el suelo en tratamiento y las características fisicoquímicas del mismo. En este punto también se agrega composta o mejoradores del suelo en homogenización continua del suelo. La aplicación de los nutrientes es al principio del tratamiento y solo en caso de que no se logren bajar los niveles de hidrocarburos se hace otra aplicación de fertilizante intercalándolo con el que se usó en primera instancia, de tal forma que, si la primera aplicación se optó por Triple 17, para la segunda se aplicará sulfato diamónico.

V. Aplicación de bacterias específicas

10. En caso de que el suelo en tratamiento sea un suelo pobre, se requiere de la adición de microorganismos o bacterias específicas que lleven a cabo la biorremediación, para lo cual se utilizan las marcas comerciales SOLIBAC IP SOIL, BACH-H, BACH-B especializados en la degradación del hidrocarburo. Los microorganismos se acondicionan y activan previo a su aplicación. La aplicación se realiza mediante el sistema de riego (pipas y bombas autocebantes) y

se va removiendo el suelo para homogenizar la aplicación de los microorganismos y en las condiciones apropiadas para el grado de contaminación del suelo por restaurar.

11. La periodicidad de la aplicación de las bacterias dependerá del avance del tratamiento, si los resultados de los análisis de hidrocarburos muestran una tendencia a disminuir con la primera aplicación, se continúa con el tratamiento, monitoreando y dejando que el consorcio bacteriano que se activó en el suelo siga trabajando sin alterar su comportamiento, la finalidad es que estos microorganismos degraden los hidrocarburos presentes en el suelo.

VI. Gases y Lixiviados

12. Los lixiviados generados serán recolectados y, reincorporados al proceso de tratamiento.

13. Con la aplicación de humedad al suelo también se controla la emisión de los compuestos orgánicos volátiles que eventualmente pudieran ser emitidos durante el desarrollo del proceso, evitando la emisión de polvo a la atmosfera y con la humedad disminuyendo la temperatura que pudiera ocasionar evaporación.

VII. Monitoreo

14. Durante el tratamiento del suelo se monitorean y controlan las siguientes variables:

- Temperatura del suelo, la cual debe estar en un rango de 15 a 45°C para un rendimiento óptimo de los microorganismos.
- pH, que debe estar en un rango entre 5.5 a 8.0.
- Humedad del material a tratar, comprendida entre 25 y 30 %.
- Oxígeno atmosférico, el cual es suministrado al sistema mediante el volteo o remoción del material en tratamiento con maquinaria o de manera manual, según sea el caso.

VIII. Toma de Muestra

15. En el final del proceso de tratamiento, se realizará la toma de muestras pertinentes. Esto se llevará a cabo con un laboratorio acreditado, mismo que realizará los análisis requeridos de acuerdo a la normatividad aplicable.

IX. Finalización del tratamiento

16. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador, reusado, usado para relleno y/o se le da una disposición final.

1.6 TRATAMIENTO FISICOQUÍMICO (ACONDICIONAMIENTO) FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y RECORTES DE PERFORACIÓN BASE AGUA Y/O BASE ACEITE.

I. Recepción y Acondicionamiento

Este tratamiento solo será aplicado a los fluidos de perforación agotados y recortes de perforación base agua y/o base aceite, que contengan un porcentaje alto de humedad y se realiza previo a los tratamientos oxidación química y/o Biorremediación por biopilas

1. Una vez recibido el residuo, se determinará el porcentaje de humedad en este material.
2. Si se determina que el porcentaje de humedad del material es bajo, se procede a realizar uno de los tratamientos para RME que han sido descritos en el presente documento.
3. Si se determina que el porcentaje de humedad del material es alto, se procede a agregarle desemulsificante para comenzar a romper las emulsiones de agua en dicho residuo.
4. Posterior a esto, el residuo, ya con el desemulsificante agregado, se lleva a un proceso de extrusión y/o decantación, para realizar la separación de las fases.
5. Una vez terminado cualquiera de los procesos previamente mencionados, se procede a pasar la parte líquida de la separación a una presa y/o tanque de almacenamiento, para posteriormente ser reusada, entregada a su generador y/o darle una disposición final.
6. Por otro lado, la parte sólida de la separación se revisa y dependiendo de su porcentaje de humedad se decide si se vuelve a ingresar al sistema para un nuevo procedimiento.
7. Si el porcentaje de humedad sigue siendo alto, el residuo se vuelve a agregar al sistema.
8. Si el porcentaje de humedad es bajo, se procede a realizar uno de los tratamientos para RME que a continuación se describen, es decir oxidación química y Biorremediación por biopilas.

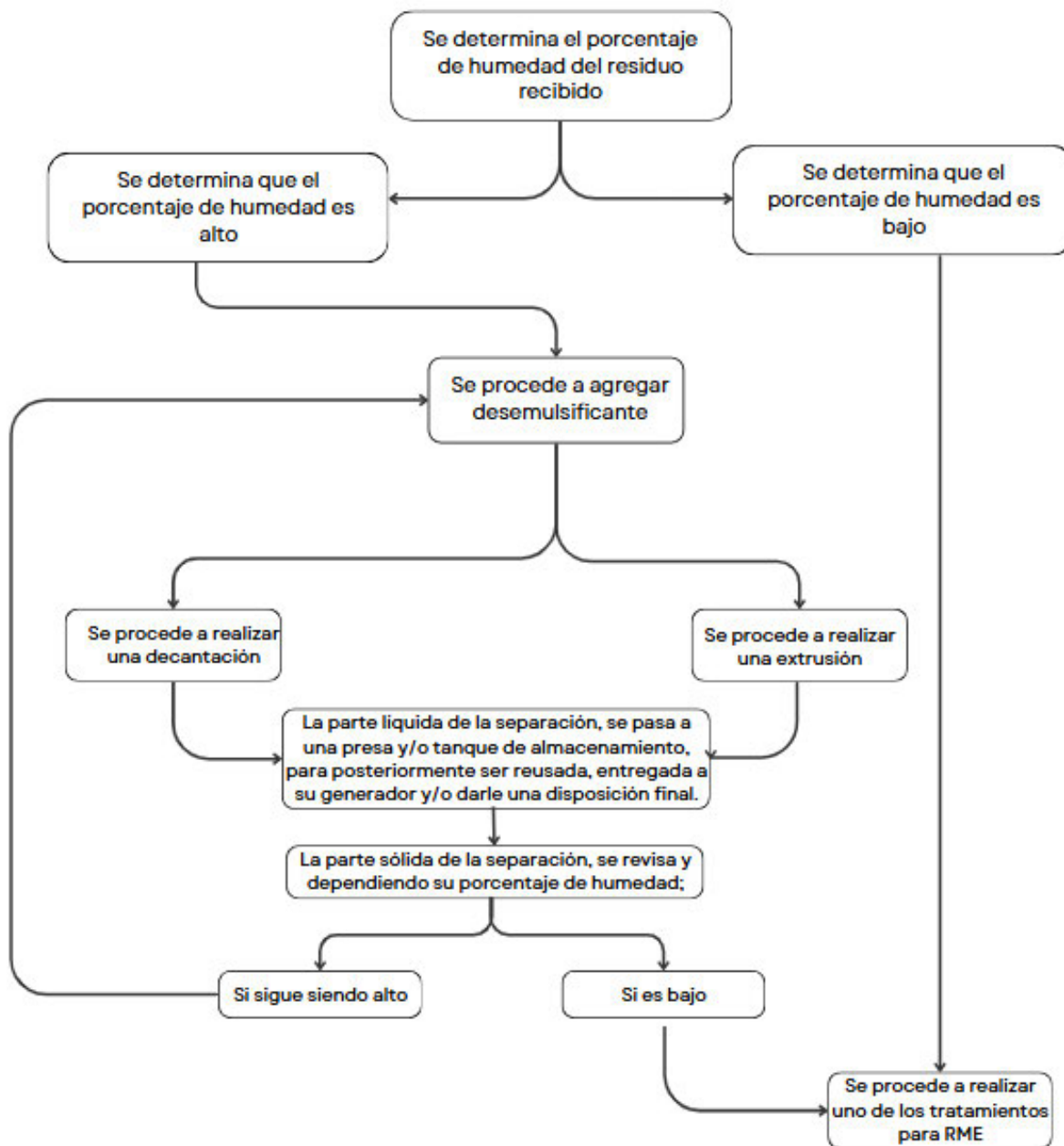


Figura 23 Diagrama de flujo para recepción y acondicionamiento de RME, recortes y fluidos de perforación base agua y/o base aceite.

1.7 FLUIDOS DE PERFORACIÓN AGOTADOS Y RECORTES DE PERFORACIÓN BASE ACEITE Y/O BASE AGUA.

- **Oxidación Química**

I. Recepción del material

1. El material se recibe en el área 1 o 2 (Fosa 1, 2, 3, 4 o Celda 7, 8, 9, 10, 12 y 13), en una de las celdas o fosas indicadas para este tipo de Residuo. Posterior al descargue del material, se procede a esparcirlo en la celda, utilizando maquinaria pesada, como retroexcavadoras, excavadoras y volteos si es necesario.
2. Por medio de la maquinaria mencionada anteriormente, se remueven rocas grandes, residuos y materiales ajenos al material a tratar que pudieran haber sido descargados.

II. Colocación en pilas de los residuos a tratar sobre las celdas.

3. Por medio de retroexcavadoras, el material o suelo contaminado se acomoda dentro de la celda de tratamiento en forma de pilas de no más de 3.0 m de alto y 4.0 m de base, para llevar a cabo su tratamiento.

III. Adición de disolución Agua-Surfactante

4. Sobre el suelo o material en tratamiento se aplica una disolución Agua-Peróxido de Hidrógeno, Permanganato de Potasio o Quantum Clean Surfox, mezclando simultáneamente con maquinaria pesada para favorecer la reacción de oxidación. En caso de requerirse, se podrá agregar una solución de Sulfato de Hierro como catalizador de la reacción de oxidación.
5. Estos agentes aumentan la biodisponibilidad del contaminante, modificando sus condiciones de hidrosolubilidad al romper los enlaces externos de la cadena de hidrocarburo.
6. Es importante mencionar que, la aplicación del biosurfactante está condicionada a las concentraciones y tipo de contaminante presente en el sitio y/o residuos a tratar, y este puede o no aplicarse. Si el suelo tiene bajos contenidos en arcilla, se puede prescindir de este paso en el procedimiento e ir directamente a la aplicación de humedad y oxidantes.
7. La aplicación de estos agentes se lleva a cabo usando bombas autocebantes, mangueras corrugadas flexibles, conexiones rápidas y/o contenedores del tipo Rotoplas o similar y boquillas aspersoras. Y se realiza de manera continua durante todo el proceso de tratamiento hasta alcanzar los niveles de limpieza requeridos.

IV. Tratamiento

8. Se realiza una preparación con una solución del oxidante escogido con una concentración del 0.2% al 0.5% y agua. Posteriormente se irriga esta solución en el suelo contaminado.
9. Una vez irrigado el suelo, se homogenizan pipas por medio de maquinaria pesada, hasta lograr una humectación de todo el material. Estas mezclas de oxidantes son integradas mediante riego con pipas y bombas autocebantes.
10. Los compuestos utilizados son capaces de oxidar compuestos orgánicos persistentes, posibilitando su completa mineralización y transformación a CO_2 , H_2O y otros compuestos inorgánicos estables. No obstante lo anterior, existe la desventaja de que si el oxidante no es aplicado debidamente, se tiene un cambio en el pH del suelo, para lo cual es necesario controlar tal parámetro mediante la aplicación de una solución Buffer para tener un pH final del suelo entre 6 y 8, para lograrlo generalmente se emplea cal común $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disuelta en agua al 4%, en una aplicación de riego con pipas.
11. Las reacciones de oxidación producen productos intermedios que atacan y degradan los contaminantes orgánicos, produciendo al final CO_2 , H_2O y sales, pero no siempre es el caso. Si el oxidante o los radicales son reactivos limitantes o si el producto intermedio es menos susceptible a la degradación oxidativa, entonces la mineralización puede ser incompleta y ciertos productos intermedios permanecen luego del tratamiento. A menudo estos compuestos contienen anillos aromáticos y cadenas alifáticas largas por lo que podría ser necesaria una segunda oxidación.
12. Se realiza el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en la mezcla, empleando para ello equipo de campo (analizador de hidrocarburos tipo Petroflag o equivalente).
13. Con base en los resultados de la primera etapa de oxidación y del monitoreo de concentración de contaminantes, se determina si es necesaria una segunda aplicación del oxidante.
14. Si los valores de hidrocarburos analizados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para un uso de suelo agrícola, forestal, pecuario, de conservación, residencial y/o recreativo, se considera concluido el tratamiento y se procede al muestreo final comprobatorio.
15. La toma de muestras y las determinaciones analíticas de los parámetros se realizan de acuerdo a lo establecido en la normatividad aplicable y conforme a la propuesta de remediación que al efecto se apruebe.

V. Reestructuración del suelo

16. Una vez que se han alcanzado los niveles de hidrocarburos establecidos en la norma, se puede llevar a cabo el acondicionamiento del suelo con materia orgánica.

VI. Gases y Lixiviados

17. Los lixiviados generados serán recolectados y, reincorporados al proceso de tratamiento.

18. Con la aplicación de humedad al suelo también se controla la emisión de los compuestos orgánicos volátiles que eventualmente pudieran ser emitidos durante el desarrollo del proceso, evitando la emisión de polvo a la atmosfera y con la humedad disminuyendo la temperatura que pudiera ocasionar evaporación.

VII. Monitoreo de parámetros

19. Como parte del monitoreo de las diferentes variables, durante el tratamiento se controlan y mantienen la temperatura, la cual debe estar en un rango de 15° a 45°C para un rendimiento óptimo; el pH, el cual debe estar en un rango de entre 2 a 4 y la humedad del material a tratar, comprendida entre 25 y 30 %.

20. En general el restablecimiento de estos parámetros se lleva a cabo al final del tratamiento, por tratarse de un proceso totalmente químico y, hasta no tener los rangos esperados del contenido de hidrocarburos en el suelo tratado, se aplican, en caso necesario, las enmiendas para regresar a los parámetros normales del suelo o material semejante a suelo tratado.

VIII. Control del proceso

21. Con la finalidad de asegurar que el proceso de degradación de los hidrocarburos sea eficiente, se realizarán monitoreos constantes para verificar la concentración de los hidrocarburos. Estos análisis de control se llevarán a cabo por medio de equipos portátiles como el Petroflag (PetroFLAG Analyzer System).

IX. Neutralización (como parte del proceso de oxidación)

22. Una vez terminado el proceso de neutralización, se procede a agregar materia orgánica a el suelo.

23. Con maquinaria pesada, se procede a mezclarlo para acondicionarlo.

X. Término del tratamiento

24. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador.

• Desorción Térmica

Esta técnica será utilizada para fluidos de perforación agotados y recortes de perforación base aceite.

1. El material se va adaptando en la celda en forma de biopilas de no más de 3 m de altura y 4m de base.

2. El material contaminado se transfiere a la celda de tratamiento, se homogeneiza y se criba para retirar metales u objetos de gran tamaño a fin de que estos puedan ser transportados por los mecanismos de alimentación, separando contaminantes sólidos como residuos sólidos urbanos, plásticos, metales y otros tipos de residuos, a fin de que los transportadores puedan realizar el movimiento sin desgaste de los mismos.
3. Posteriormente, se transportan los suelos hacia el proceso mediante bandas y tolvas de alimentación dosificada, estas varían según el arreglo final, pero se contempla con el layout de planta propuesto. Las mismas tolvas que se alimentarán, cuentan con sistema de regulación de revoluciones del dispensador helicoidal, con el cual se puede ajustar el flujo inicial del proceso a fin de regular en sí todo el proceso general: por lo cual éstas están dispuestas a retener cierta cantidad de producto antes de rebasar su capacidad de almacenamiento intermedio.
4. El material contaminado pasa un secador rotatorio, el cual cuenta con un sistema de regulación de rotación por variador de frecuencia, un sistema matriz con soportes de rotación y el sistema de carga de suelos, reduciendo la presencia de agua y humedad.
5. El material contaminado, será descargado al horno de desorción térmica, el cual cumple la función de vaporizar el resto de componentes sin alterar la estructura química del residuo mediante la volatilización del resto de componentes del suelo.
6. El horno de desorción, contempla temperaturas iniciales de 560°C hasta 360°C al final del cuerpo rotatorio que compone el equipo.
7. Las sustancias volatilizadas son conducidas a la cámara de combustión de gases, donde se termoxidarán a fin de destruirlas.
8. La cámara de combustión de gases contempla una temperatura de operación de 950°C y cuenta con alimentación de aire secundario con el objetivo de mantener el balance de oxigenación completa a fin de reducir las emisiones al mínimo.
9. El calor generado junto con esos gases son enviados por un ducto aislado hacia su aprovechamiento en el horno secador, reduciendo el consumo de combustibles.
10. Los gases de combustión pasan al equipo de enfriamiento conocido como Water Quenching, disminuyendo su temperatura de 80°C hasta 270°C.
11. Posterior a la cámara de enfriamiento, los gases de combustión pasan a un proceso de lavado continuo, ingresando de forma lineal a la lavadora de gases o Scrubber.
12. Finalmente, los gases son extraídos y tratados en filtros de carbón activado previo a su descarga a la atmósfera.
13. El material tratado será depositado en la celda con el fin de realizar el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en este, empleando para ello equipo de campo (analizador de hidrocarburos tipo Petroflag o equivalente).

14. Con base en los resultados obtenidos se evalúa si se requiere o no un nuevo ciclo (o varios) de aplicación de los insumos enunciados.

Toma de Muestra

15. En el final del proceso de tratamiento, se realizará la toma de muestras pertinentes. Esto se llevará a cabo con un laboratorio acreditado, mismo que realizará los análisis requeridos de acuerdo a la normatividad aplicable.

Finalización del tratamiento

16. El criterio para dar por terminado el tratamiento, será de acuerdo con los que establezca la autoridad, considerando los niveles establecidos por la norma correspondiente. Una vez alcanzados estos parámetros, el suelo ya restaurado, procede a ser entregado a su generador.

1.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y/O BIOLÓGICAS DE LOS RESIDUOS QUE SERÁN RECIBIDOS Y SOMETIDOS A LOS PROCESOS

Se describen las características fisicoquímicas de los residuos que serán recibidos para los procesos de tratamiento.

- **Suelos contaminados con hidrocarburos y/o Materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos.**

Las características esperadas de estos suelos se realizarán tomando como referencia específica la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, específicamente para los contaminantes HFP, HFM y HAP's, se revisarán, cantidad de hidrocarburos, pH, humedad, conductividad.

- **Fluidos y/o recortes de perforación base agua y base aceite.**

Las características esperadas de estos residuos se realizarán tomando como referencia específica la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, específicamente para los contaminantes HFP, HFM y HAP's, así como el análisis CRETIB tomando como referencia la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Estos fluidos presentan características de grandes cantidades de líquidos, rebasan en algunos casos los límites máximos permisibles de HFP, HFM, HFL. Son fluidos que pueden contener aceite libre, diésel, entre otros, todo depende de los aditivos con los que hayan sido preparados.

1.7 RESTRICCIONES PARA RECIBIR RESIDUOS PELIGROSOS. CRITERIOS DE RECHAZO.

Previo a la recepción se debe contar con toda la información necesaria que garantice que se trata de un suelo contaminado con hidrocarburos y/o materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos, recortes de perforación y fluidos de perforación base agua o base aceite. El generador debe proporcionar que contaminante contiene, concentración del mismo, contenido de humedad, etc. para determinar el área o el acondicionamiento previo en caso de requerirlo para su tratamiento.

El proceso de recepción será el siguiente.

Antes de aceptar el ingreso del residuo se solicitarán resultados analíticos, características fisicoquímicas, procedencia, proceso que lo generó, cantidad a recibir, tipo de transporte en el que se enviará, entre otra información que proporcione la certeza del manejo del residuo. Si la información no es clara se solicitará un análisis CRETIB.

Si no se cuenta con esta información, el residuo se rechazará o se procederá a realizar el análisis CRETIB por un laboratorio debidamente acreditado, con cargo al generador.

Como medida de control para su recepción se contará con una bitácora desde su ingreso, con toda la información pertinente del transportista, generador del residuo, responsable del envío, cantidades en volumen y pesaje de entrada y de salida de las unidades, área a la que está destinada, tipo de tratamiento al que se someterá.

1.8 ENLISTAR LOS EQUIPOS PRINCIPALES Y AUXILIARES, ASÍ COMO DE LA INFRAESTRUCTURA QUE SE PRETENDEN INSTALAR, ESTABLECIENDO SUS CARACTERÍSTICAS (DIMENSIONES, CAPACIDADES, SISTEMAS DE SEGURIDAD Y CONTROL), CONDICIONES DE OPERACIÓN, LOCALIZACIÓN DENTRO DE LA PLANTA, SUSTANCIAS A MANEJAR.

Se enlista el equipo a utilizar en los procesos de tratamiento, cabe mencionar, que parte de la maquinaria y equipo a utilizar serán rentados con un proveedor externo, asimismo el mantenimiento de los mismos será realizado fuera del área del proyecto.

Área	Equipo	Cantidad	Combustible	Capacidad	Dimensiones	Proceso en el que se utilizará
1, 2 y 3	Retroexcavadora	3	Diésel	1 m ³	7.15 x 2.17 m x 2.60 de alto	Todos los procesos
1 y 2	Pipas de agua	2	Diésel	10,000 litros	4.5 x 2.30 m x 1.25	Todos los procesos
1 y 2	Pipas de agua con remolque	2	No aplica	2,800 litros	2.44 x 1.55 metros	Todos los procesos
1,2 y 3	Camión de volteo de 14 m ³	4	Diésel	14 m ³	9.6 x 3.05 m x 3.57 altura	Todos los procesos, movimiento de residuos
2	Centrífugas decantadoras	3	Energía eléctrica motores a 220 kw	3 m ³ /hora	5.07 x 1.19 m x 1.53 altura	Acondicionamiento de residuos, (reducción de humedad)

Área	Equipo	Cantidad	Combustible	Capacidad	Dimensiones	Proceso en el que se utilizará
3	Horno desorción Térmica	1	Diésel	259,200 t/año	12.5 m x 8.50 m x 6.30 m altura	Tratamiento por Desorción Térmica
1,2 y 3	Bombas de agua, autocebantes	5	Gasolina	3.5 HP	0.48 x 0.36 x 0.37 m altura	Todos los procesos, Desazolve de agua de tratamientos
1,2 y 3	Tanques Plásticos	6	No Aplica	2500 litros	1.76 x 1.55 m	Todos los procesos, áreas 1, 2 y 3. Desazolve de agua de tratamientos
1,2 y 3	Excavadora hidráulica, Modelo 312	1	Diésel	3 m ³	7.5 m ancho x 3m largo	Todos los procesos
1, 2 y 3	Excavadoras hidráulicas, Modelo 320	3	Diésel	3 m ³	9 m ancho x 3m largo	Todos los procesos
1, 2 y 3	Excavadora hidráulica, Modelo 330	1	Diésel	3 m ³	10 m ancho x 3m largo	Todos los procesos
1, 2 y 3	Motobomba	5	Diésel	25 hp	95.00 x 56.00 x 66.00 cm	Desazolve de agua de tratamiento
1, 2 y 3	Motobomba centrífuga	5	Diésel	5 hp	79.00 x 53.00 x 54.00 cm	Desazolve de agua de tratamiento
2	Extrusoras	3	Energía eléctrica 380V/50Hz	3 m ³	1.930x0.550x10.2 m	Acondicionamiento Tratamiento de residuos de manejo especial
2	Presas metálicas	2	No Aplica	80 m ³	Altura 3.35m x Ancho 2.59m x Longitud 14.02m	Almacenamientos lixiviados RME/Lixiviados RP
2	Tanques de almacenamiento vertical	2	No aplica	40 m ³	5.55 altura 3.24 diámetro	Almacenamientos lixiviados RME/Lixiviados RP
1,2 y 3	Planta de luz	1	Diésel	60 Hz / 1800 r.p.m.	Largo:2.538 m Ancho:1.000 m Alto:1.450 m	Área 1, 2 y 3

Tabla 22 Equipos a utilizar en los procesos de tratamiento.

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE DESORCIÓN TÉRMICA

Línea de tratamiento de desorción térmica fija

La línea de tratamiento de desorción térmica incluye:

- Cribadora.
- Tolvas de alimentación y cargador de transportador cangilonado.
- Secador rotatorio.
- Horno de desorción.
- Cámara incineradora de humos.
- Equipo de enfriado de gases de combustión (*water quenching*).
- Torre de enfriamiento de agua para equipo de enfriado de gases de combustión.
- Precipitador electrostático.
- Turboventilador propulsor de gases de combustión.
- Lavadora de gases tipo *scrubber* con solución salina.
- Filtro con cartuchos de carbón activado y cal

Características generales	
Tipo de Calentamiento:	Combustión con fuego directo
Volumen de procesamiento de la línea:	20 a 28 toneladas/hora
Dimensiones exteriores máximas:	12.50 metros longitud exterior
	8.50 metros ancho exterior
	6.30 metros alto exterior
Peso del equipo:	29,200 a 31,600 kg. (Teórico)
Tiempo aproximado de residencia:	0:12 a 0:20 hr según programación.
Peso de producto en tránsito:	5.6 a 7.8 toneladas
Control de calentamiento:	Programable
Modalidad de carga:	Carga frontal por tolva dosificadora
Capacidad térmica nominal:	3'500,000 BTU/HR Cámara primaria (carga horno de desorción térmica, cuerpo rotatorio)
	Equivalente a 104.58 BHP (Caldera caballos de fuerza)
	1'600,000 BTU/HR Cámara secundaria (incineradora de humos)
	Equivalente a 47.86 BHP (Caldera caballos de fuerza)

Características generales	
Tipo de quemador:	Industrial de media velocidad con bloc refractario tren de válvulas de seguridad, regulación y ajuste de relación aire/gas.
Zonas de control:	Cinco: Horno secador rotatorio (temperatura y velocidad de rotación/avance) Horno de desorción (temperatura y velocidad de rotación/avance) Cámara incineradora de humos (temperatura) Tolvas de carga (velocidad de dosificación) Equipo de Mitigación de emisiones (control de acidez, flujo de gases, temperatura de salida, calidad de emisiones)
Temperatura de proceso:	100°C a 210°C horno Secador (cuerpo cilíndrico).
	350°C a 560°C horno de desorción (cuerpo cilíndrico).
	950°C a 1100°C Cámara secundaria.
Número de cuerpos móviles:	16 segmentos, con rodamientos.
Modalidad de descarga de suelos	Salida horno de desorción rotatorio con banda de descarga
Suministro de energía eléctrica:	440 V TRIFASICO PARA FUERZA, Y 220 V PARA TABLERO DE CONTROL. Con calibre de seguridad calibre 00 AWG en tres fases (440V 60hz) tres cables color negro para fuerza y un cable desnudo calibre 2 AWG para tierra (neutro). Con pastilla de 480 amperes, y caja de cuchillas de seguridad anterior para control de suministro. La carga es de 155.5 kw/hr a plena carga Y transformador de la acometida eléctrica. Se necesita una caja de pastillas para mantener la acometida independiente,
Listado de motores.	Turboventilador combustión 10 hp (2 piezas)
	Extractor Etapa 3 y 4 de 5 hp (2 pieza)
	Motorreductor de tracción cuerpo rotatorio de 10 hp (2 piezas)
	Motorreductor de banda de 3 hp (4 piezas)
	Bomba de recirculación de agua 5 hp (2 piezas)
Suministro de gas LP:	Conexión de Gas LP a 4 kg/m ² de presión en una línea de 1-1/2" de diámetro, con tubería negra sin costura con cedula 40, con conexiones roscadas, y llave de paso. Con un suministro preparado para 88 a 96

Características generales	
	litros por hora de operación y una capacidad aproximada de 5000 litros y dos de 1500 litros para abasto para 5 a 6 días, de acuerdo a uso.
Suministro de agua	Conexión de ½" de tubería negra con agua de baja salinidad con nula o poca presencia de sales, y presencia de fino inferior a malla 120 o 2 micras, de preferencia colocar suavizador de agua. Consumo promedio de 15,600 litro por mes para cubrir reposición de agua por evaporación y limpieza para las etapas de Water Quenching y la lavadora de gases.
Desagüe	Tubería para aguas para desecho de lodos de tina de cenizas, lavadora tipo scrubber.

Tabla 23 Especificaciones del Equipo de Desorción Térmica.

Las temperaturas que se manejarán en el proceso de desorción son las siguientes:

Temperaturas de operación	
Horno secador (cuerpo cilíndrico)	100°C a 210°C
Horno de desorción (cuerpo cilíndrico)	350°C a 560°C
Cámara secundaria	950°C a 1100
Secador rotatorio	
Temperatura de operación	320°C a 1010°C
Peso aproximado (incluida plataforma)	29 toneladas
Alimentación	20 a 28 toneladas/hora
Combustible:	Diesel o gas natural
Tiempo de operación	24 horas de manera continua

Tabla 24 Condiciones de operación para el proceso de desorción.

A) Horno Rotatorio

Características del horno rotatorio para secado de suelos	
Tipo de Horno	Continuo Tipo Rotatorio con cargadores mecánicos
Tipo de Calentamiento	Aprovechamiento de calor residual de Cámara de Incineradora de Humos
Capacidad de Producción	18.4 a 24.9 toneladas por hora.
Temperatura Máxima de Servicio	180 ° C.
Temperatura Promedio de Operación	140 ° C. inicial a 60°
Número de Zonas de Control Automático de Temperatura del Horno	1 Zona
Tiempo de Ciclo de entrada a salida.	0:06 a 0:12 Horas.
Velocidad Promedio de avance de carga.	0:12 a 0:15 Metros / rotación.
Rotaciones regulables	8 a 32 rpm
Promedio de toneladas dentro de horno	de 2.6 a 4 toneladas
Longitud del Horno	16.00 m
Ancho Exterior	2.10 m (soportes de horno y mecanismo tractor)
Altura Exterior	3.40 m
Diámetro Exterior	1.20 m
Diámetro Interior	0.95 m
Altura desde el piso al nivel de la Carga	3.80 m

Tabla 25 Características del horno rotatorio.

B) Horno de Desorción

Características del horno de desorción térmica	
Tipo de Horno	Continuo tipo rotatorio con cargadores mecánicos
Tipo de Calentamiento	Combustión con quemador de flama cónica
Capacidad de Producción	18.4 a 24.9 toneladas por hora.
Temperatura Máxima de Servicio	680 ° C.
Temperatura Promedio de Operación	560 ° C. inicial a 360°
Número de Zonas de Control Automático de Temperatura del Horno	1 Zona
Tiempo de Ciclo de entrada a salida.	0:06 a 0:12 Horas.
Velocidad Promedio de avance de carga.	0.12 a 0.15 Metros / rotación.
Rotaciones regulables	8 a 32 rpm
Promedio de toneladas dentro de horno	de 2.3 a 3.2 toneladas
Dimensiones aproximadas del horno	
Longitud del Horno	12.00 m
Ancho Exterior	2.50 m (soportes de horno y mecanismo tractor)
Altura Exterior	2.60 m
Diámetro Exterior	1.50 m
Diámetro Interior	1.22 m
Altura desde el piso al nivel de la carga	3.80 m

Tabla 26 Características del horno de Desorción.

Estructura metálica.

El horno llevará una cubierta metálica fabricada con placa de acero al carbón, calibre 3/8”, con refuerzos perimetrales y perfiles estructurales en las secciones que demande el diseño final del equipo, para garantizar su rigidez con el mínimo peso posible. Así mismo contará con alineación con base en dos rodamientos libres y uno más para transmisión.

El horno contará con un cargado sellado para evitar fugas de emisiones de gases de combustión.

Material aislante térmico.

La pared del horno rotatorio será fabricada de una capa de fibra cerámica en una capa de 4” pulgadas con estructura metálica de acero inoxidable 304 con levantadores de carga, para una temperatura de servicio máximo de 330° C en la zona de alta temperatura.

El sello lateral (empalmes del horno) será fabricado con fibra cerámica para 2800 °f equivalente, en 4” de espesor.

Soportes de alineación

El horno contará con tres soportes de acero, montados éstos a su vez sobre una mocheta de carga con zapatas para contener la alineación el esfuerzo mecánico y el peso, con zapatas y excavación para distribuir de mejor forma el peso.

Descarga de suelos

El horno contará con una descarga con trampa de gases para detener las emisiones fugitivas del interior del horno y desplazar el producto mediante un helicoidal sellado, hacía el horno de desorción térmica, helicoidal con funcionamiento on –off.

Ducto de gases hacia lavado

En la parte de carga del horno rotatorio, tendrá su Damper de acción mecánica manual, el sistema de manejo de los gases de combustión tipo “Yugo” ó colector de gases tendrá un revestimiento aislante de fibra cerámica en forma de micromódulo de 2” y 4” de espesor.

Mecanismos

El sistema motriz del horno está diseñado para tener regulación en la velocidad de rotación del horno, haciendo un paso regulable del equipo, a fin de tener versatilidad según la humedad y características variadas que tengan los suelos diversos que se traten, variando la velocidad de rotación y por ende el tiempo de residencia del equipo.

Equipo de combustión

El quemador principal del horno, puede tener funcionamiento con diésel con monitoreo de presencia de flama, control de regulación de flujo de aire y de diésel, y ajuste de calibración fino, para mejorar la relación aire combustible y mejorar el comportamiento del consumo. El quemador en cuestión se compone de los siguientes elementos.

- Motor de aire de combustión de 2 HP. Alimentación a 220V
- Capacidad nominal por hora de 2.2 millones de BTu/hr
- Control de quemador de secuencia de purga y revisión de flama.
- Control desde tablero de control para reseteo de quemador e indicador de forma.

C) Cámara Incineradora de Humos

La cámara de combustión de gases es de temperatura mayor y tiene un ducto donde se canalizan los gases inmediatamente después del horno de desorción, donde en la cámara de combustión se termoxidan; los humos vaporizados de los suelos destruyen la mayoría de los componentes mediante temperatura.

La temperatura de operación es de mínimo de 950°C, para componentes sencillos, y cuenta con alimentación de aire secundario con el objetivo de mantener el balance de oxigenación completa, a fin de reducir las emisiones al mínimo. Para residuos con bifenilos policlorados (PBC; por sus siglas en inglés) se recomienda la cámara incineradora de humos a 1100°C.

Posterior a la termoxidación de los gases, el calor generado, junto con esos gases, son enviados por un ducto aislado hacia su aprovechamiento en el horno secador con el cual se reduce el consumo de combustibles.

Estructura metálica

La estructura metálica de dicha cámara se compone de perfiles estructurales negros con lámina calibre 14 y 16 y soportes desde el piso para carga dicha cámara por encima del Horno de desorción.

Materiales refractarios y de aislamiento térmico

El material aislante del equipo es de fibra cerámica con anclaje de varilla de acero inoxidable cubierta de con recubrimiento de rigidizante de polvo cerámico y aislamiento de 8".

El acomodo del mismo se hace en Macromódulo a fin de reducir el cambio por desprendimiento y asegurar su funcionalidad a largo plazo del aislamiento.

Mecanismos

El principal mecanismo es un ventilador de aire secundario, cuya función es inyectar el complemento de aire para lograr la combustión de gases y oxidarlos, éste tendrá toberas de inyección sumergidas dentro de aislamiento, a fin de reducir el enfriamiento por introducción de gases a temperaturas ambiente.

Equipo de combustión

El quemador principal del horno puede tener funcionamiento con diésel, gas LP o gas natural, haciendo versátil la operación, y generar dos opciones para diversas alimentaciones y ajustes a la disponibilidad de combustible variado en función de sus necesidades. Con monitoreo de presencia de flama, control de regulación de flujo de aire y de gas, y ajuste de calibración fino para mejorar la relación aire gas y mejorar el comportamiento del consumo. El quemador en cuestión se compone de los siguientes elementos.

- Motor de aire de combustión de 2 HP. Alimentación a 220V
- Capacidad nominal por hora de 2.6 millones de BTu/hr
- Control de quemador de secuencia de purga y revisión de flama.
- Control desde tablero de control para reseteo de quemador e indicador de forma.

D) Unidad de Lavado de Gases

Intercambiador de calor

Los gases de combustión que salgan de la cámara incineradora de humos pasarán al equipo de enfriamiento de gases de combustión conocido como Water Quenching, en esta etapa a los gases de combustión se les bajará la temperatura, entrando a cerca de los 800°C y saldrán de entre 360°C a 270°C. Misma temperatura en la ingresarán al horno secador a fin de evitar vaporizar componentes que lo harán en el horno de desorción, ya que los componentes que se vaporizan en el horno de desorción deben pasar a cumplir su termoxidación, por lo cual solo es un secado a menor temperatura como se explicó en la introducción del proceso.

El Water Quenching será fabricado en acero inoxidable para prevenir la corrosión y tendrá un recubrimiento de fibra de vidrio.

Esta etapa es anterior el proceso de secado. Después del secado de suelos, se opera el horno secador y el ciclón.

Ciclón de retención de partículas suspendidas

Para el control de partículas suspendidas se tienen dos ciclones para que, la fuerza centrífuga de los mismos pueda retener los polvos que provengan al momento de manejar los cuerpos secos de los suelos, por lo que se colocará en la secuencia de equipos, posterior al secador, y

posterior al horno de desorción, bajo los cuales se recuperan sólidos que se reprocesan hacia el cargador principal del horno de secado.

Lavador de gases de combustión.

Posterior a la cámara de enfriamiento, los gases de combustión pasarán a un proceso de lavado continuo, ingresando de forma lineal a la lavadora de gases o scrubber.

El diseño de lavadora de gases a instalar se le conoce como lavadora tipo scrubber, con las características siguientes:

Características lavadora tipo scrubber	
Caída de Presión:	6" Columna de Agua
Eficiencia de Retención:	95%
Ø de Partículas Removida:	2 a 5 Micras
Recirculación del Agua.	

Tabla 27 Características de la lavadora tipo scrubber.

La lavadora de gases tendrá la capacidad de lavar los metros cúbicos de gases generados del proceso de evaporación de humedad, incineración de RP, incineración y enfriamiento de humos, etc., provenientes de las distintas etapas de la línea continua para incineración de RP.

La lavadora tipo scrubber será fabricada en acero inoxidable para prevenir la corrosión y tendrá un recubrimiento de fibra de vidrio.

Extractor y chimenea.

Habilitada con un ventilador de extracción tipo Dust & Steam Fan de 5 HP trifásico 220/440 Volts, instalado al pie de la misma.

La chimenea será de 10 m de altura x 0.90 m de Ø, fabricada en lámina negra calidad A-36 de 1/8" de grosor, con remate superior con sombrero "chino" de 1.10 m de Ø, con acabado en pintura color aluminio de alta temperatura.

E) Tolvas

Capacidad de tolva: Estimado de 3 a 5 toneladas por hora, en función de la consistencia, humedad y tipo de suelo. Suelo de bajo contenido de roca, aumentan la capacidad de horno.

Medidas de equipo:		
Largo	3.50 metros	
Ancho:	2.20 metros	
Alto:	2.30 metros	
Altura de Cargador:	Se recomienda a nivel de piso, para empuje con mini cargador o descarga directa de góndola.	
No	Concepto	Sistema motriz
1	Banda transportadora de lodos: Banda ahulada, con refuerzo metálico, para una carga en tránsito de 3 toneladas, máximo, ancho de banda 50 cm con rodillos de transmisión cada 30 cm, largo total de 12 metros, inclinación máxima de 5°. Velocidad de desplazamiento 5 a 12 metros por minuto.	Motoreductor de 7.5 hp, con alimentación trifásica 220V
2	Tolva de alimentación Uno: Capacidad de 5 toneladas de almacenamiento máximo, medidas de 2.5 metros de largo, 1.2 metros de ancho, y 2.3 metros de alto máximo. Ajuste de velocidad de rotación para cambiar flujo de dosificado mediante variador de frecuencia.	Motoreductor de 5 hp, para helicoidal de distribución con alimentación trifásica 220V
3	Banda transportadora de lodos: Banda ahulada, con refuerzo metálico, para una carga en tránsito de 3 toneladas, máximo, ancho de banda 50 cm con rodillos de transmisión cada 30 cm, largo total de 5 metros, inclinación máxima de 5°. Velocidad de desplazamiento 5 a 12 metros por minuto.	Motoreductor de 5 hp, con alimentación trifásica 220V
4	Cargador de transportador cangilonado: Cargador con cangilón, cada uno de capacidad de 12 a 15 kilogramos con dimensiones de 60 cm de ancho con cadena reforzada de acero negro, con guías para elevación a altura de carga de Horno secador y sistema de alimentación doble.	Motoreductor de 10 hp, con alimentación trifásica 220V
5	Banda transportadora de lodos: Banda ahulada, con refuerzo metálico, para una carga en tránsito de 3 toneladas, máximo, ancho de banda 50 cm con rodillos de transmisión cada 30 cm, largo total de 8 metros, inclinación máxima de 5°. Velocidad de desplazamiento 5 a 12 metros por minuto.	Motoreductor de 5 hp, con alimentación trifásica 2

Tabla 28. Características de los alimentadores.

F) Alimentadores

Tipo de alimentador	Distancia
Alimentador de retorno de sólidos de ciclón 1 a cargador Cangilonado 1, tipo helicoidal sin fin, de motoreductor de 2 hp	12 m
Alimentador de retorno de sólidos de ciclón 2 a cargador Cangilonado 1 tipo helicoidal sin fin, de motoreductor de 2 hp	12 m
Salida de suelos procesados de Horno de Desorción a salida, tipo banda ahulada reforzada de rodillos, con motor de 3 hp	16 m

Tabla 29 Especificaciones de las tolvas y bandas transportadoras.

G) Equipo de Control de Temperatura

El control de la línea de tratamiento de suelos contará con controles operados a distancia y controles presenciales para la operación simultánea del todo del equipo anteriormente listado. Para la completa coordinación del equipo está misma se tiene un control maestro enlazando todos los equipos, para que empiece la operación completa y continuada del tratamiento de suelos. Contando con elementos adaptados a un PLC con control en consola de computadora y control por pantalla táctil en sitio, con control integrado en la HMI (Human Machine Interface), donde se controlan variadores de frecuencia y diversos controles.

Control de temperatura: ciclo continuo

El control del proceso completo se tendrá en un tablero maestro con un programador lógico marca Delta Electronics, con interface de comunicación tipo Modbus, para conexión remota por Ethernet o vía RS248, para control secuencial del proceso, integrándose en dicha consola los siguientes elementos:

- Control de variadores de frecuencia que ajustan la velocidad del flujo de proceso, para rotación de los dos hornos, para velocidad de bandas y transportadores helicoidales.
- Controles de límites de operación como emisiones máximas, temperaturas máximas, pesos máximos, entre otros.
- Encendido de motores y secuencias de encendido de equipos.
- Controles de quemadores para secuencias de purgas y otros parámetros de operación para la combustión.

Equipos portátiles para monitoreo en campo de pH, temperatura y humedad.

Los parámetros del proceso como temperatura y humedad son reportados por la consola de control del equipo, que reciben la señal de los lectores del equipo.

Equipo de control de temperatura

El control de la línea de tratamiento de suelos contará con controles operados a distancia y controles locales para la operación simultánea de todo el equipo anteriormente listado. Para la completa coordinación del equipo, se tendrá un control maestro, enlazando todos los equipos para que inicie la operación completa y continua del tratamiento de suelos. Contando con elementos adaptados a un PLC con control en consola por computadora y control por pantalla táctil, en sitio con control integrado en la HMI (Human Machine Interface), donde se controlan variadores de frecuencia y diversos controles.

Control de temperatura ciclo continuo: El control del proceso completo se tendrá en un tablero maestro con un programador lógico marca Delta Electronics, con interface de comunicación tipo Modbus, para conexión remota por Ethernet o vía RS248, para control secuencial del proceso, integrándose en dicha consola los siguientes elementos:

- Control de variadores de frecuencia que ajustan la velocidad del flujo de proceso, para rotación de los dos hornos, para velocidad de bandas y transportadores helicoidales.
- Controles de límites de operación como emisiones máximas, temperaturas máximas, pesos máximos entre otros.
- Encendido de motores y secuencias de encendido de equipos.
- Controles de quemadores, para secuencias de purgas y otros parámetros de operación para la combustión.
-

G) SERVICIOS QUE SE REQUIEREN PARA EL DESARROLLO DE LAS OPERACIONES Y/O PROCESOS.

En el numeral II.5.3. Descripción de servicios requeridos, se han descrito lo aquí solicitado, sin embargo, de forma general serán necesarios los servicios de agua, energía eléctrica, insumos para tratamiento, combustibles, recolección de residuos sólidos urbanos y telefonía e internet.

H) INFORMAR SI CONTARÁN CON SISTEMAS PARA REUTILIZAR EL AGUA. EN CASO AFIRMATIVO DESCRIBA EL SISTEMA.

El agua que se genere del sistema de lixiviados de cada una de las celdas será reutilizada en el tratamiento. En esta etapa del proyecto no se considera una planta de tratamiento de aguas residuales.

En cuanto al exceso de agua que contienen los recortes de perforación base agua, se retira la humedad por medio de los equipos decantadores para tratar solo los sólidos, los líquidos recuperados son enviados a tratamiento con una empresa autorizada.

I) SEÑALAR SI EL PROYECTO INCLUYE SISTEMAS PARA LA COGENERACIÓN Y/O RECUPERACIÓN DE ENERGÍA.

El proyecto no incluye sistemas para la cogeneración/o recuperación de energía.

CAPACIDAD DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

A) CANTIDAD ESTIMADA DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS QUE SE PRETENDEN USAR, RECICLAR O TRATAR. SEÑALAR LAS ESTIMACIONES SOBRE EL TOTAL ANUAL Y EL PROMEDIO MENSUAL (EN TONELADAS) QUE SE ESPERA RECIBIR.

Suelos contaminados con hidrocarburos y materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos

Identificación del Área	Nomenclatura de celda	Capacidad de diseño (m ³)	*Volumen mensual (m ³)	Volumen anual (m ³)	Tratamiento a aplicar
Área 1	Celda 3	4,005.71	6,008.56	72,102.75	Oxidación Química Biorremediación por Biopilas
	Celda 4	4,391.32	6,586.98	79,043.78	
	Celda 5	4,399.13	6,598.69	79,184.29	
	Celda 6	6,161.72	9,242.58	110,910.94	
Área 3	Celda 14	1,749.60	2,624.40	31,492.80	
Total			31,061.21	372,734.56	

Tabla 30 Capacidad de tratamiento anual Suelos contaminados con hidrocarburos y materiales semejantes a suelos contaminados con hidrocarburos

*Las celdas tienen una rotación de volumen cada 20 a 25 días aproximadamente, por lo que el estimado mensual se considera 1.5 veces la capacidad de la celda.

Identificación del Área	Nomenclatura de celda	Capacidad de diseño (m ³)	*Volumen mensual (m ³)	Volumen anual (m ³)	Tratamiento a aplicar
Área 1	Celda 7	3,731.97	5,597.95	67,175.40	Oxidación Química
Área 2	Fosa 1	4,839.24	7,258.86	87,106.31	
	Fosa 2	4,843.00	7,264.50	87,174.06	
	Celda 12	1,425.60	2,138.40	25,660.80	
Total			22,259.71	267,116.57	

Tabla 31 Capacidad de tratamiento anual. Residuos de manejo especial. Fluidos y recortes de perforación base agua.

*Las celdas tienen una rotación de volumen cada 20 a 25 días aproximadamente, por lo que el estimado mensual se considera 1.5 veces la capacidad de la celda.

Identificación del Área	Nomenclatura de celda	Capacidad de diseño (m ³)	*Volumen mensual (m ³)	Volumen anual (m ³)	Tratamiento a aplicar
Área 1	Celda 8	4,867.40	7,301.10	87,613.18	Oxidación Química Biorremediación por Biopilas
Área 2	Fosa 3	10,134.00	15,201.00	182,412.00	
	Fosa 4	10,134.00	15,201.00	182,412.00	
	Celda 9	2,344.89	3,517.33	42,207.97	
	Celda 10	3,553.20	5,329.80	63,957.60	
Área 3	Celda 13	1,749.60	2,624.40	31,492.80	
Total			49,174.63	590,095.55	

Tabla 32 Capacidad de tratamiento anual. Residuos de manejo especial. Fluidos y recortes de perforación base aceite.

*Las celdas tienen una rotación de volumen cada 20 a 25 días aproximadamente, por lo que el estimado mensual se considera 1.5 veces la capacidad de la celda.

B) CAPACIDAD INSTALADA DE LA(S) PLANTA(S) (TONELADAS DIARIAS).

Capacidad diaria horno de desorción térmica: 1,080 m³

Capacidad anual horno de desorción térmica: 259,200 m³

PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO.

Actividades	Operación y mantenimiento						
	Mes 1-6	Mes 7-12	2-10	Año 1-15	Año 16-20	Año 21-25	Año 26-30
Obtención de autorizaciones							
Operación (Tratamiento de residuos)							
Programa de Mantenimiento (Replicaciones, equipo, maquinaria)							
Programa de Abandono							
Programa de monitoreo ambiental							
Implementación de medidas ambientales.							

Tabla 33 Programa de trabajo.

ETAPA DE OPERACIÓN.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra de manera general la etapa de operación dentro del proyecto.

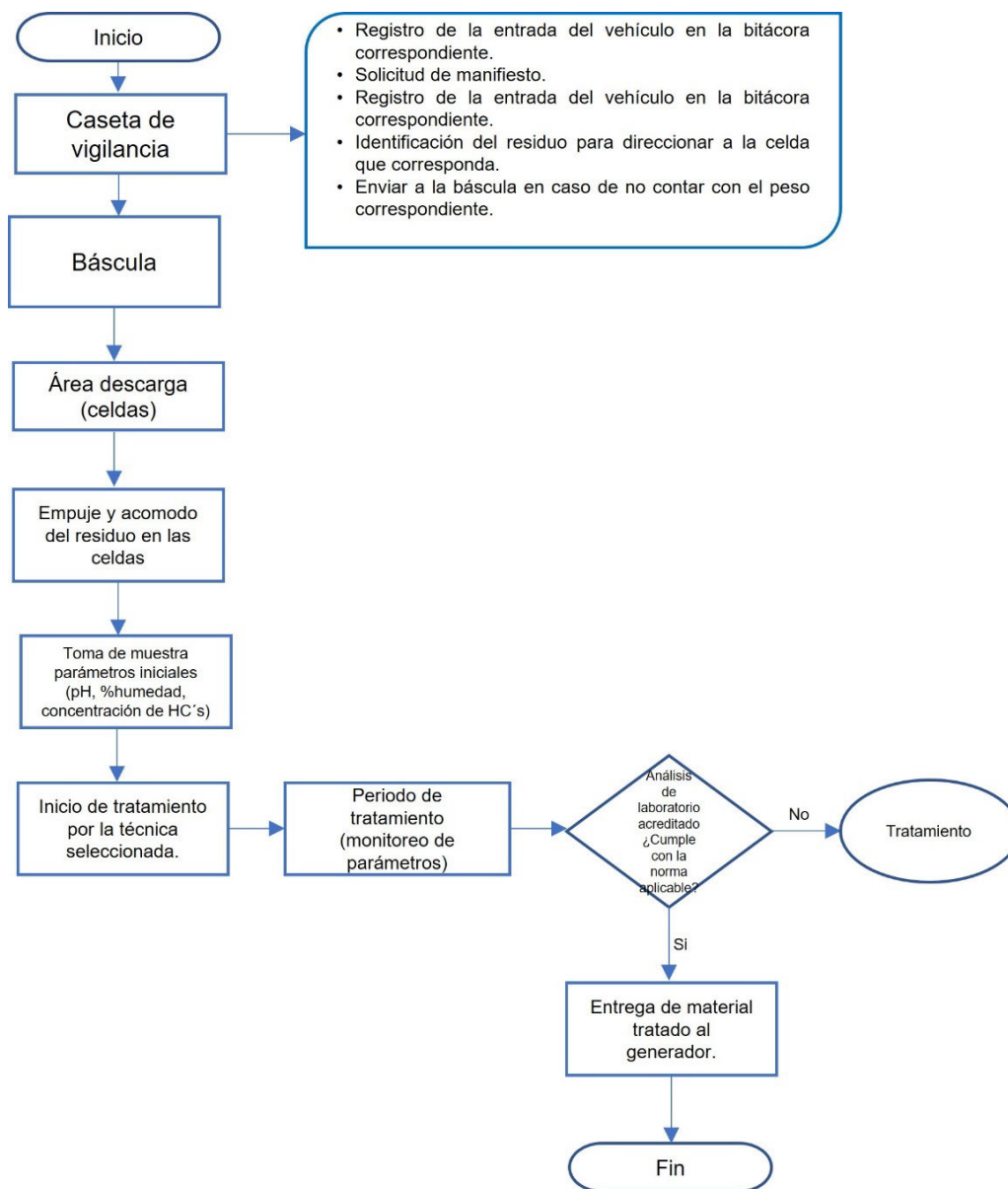


Figura 24 Diagrama de flujo general de la operación del proyecto.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OPERACIÓN.

Caseta de vigilancia.

Los residuos se recibirán a granel, en unidades tipo góndolas de 30 m³ o volteo de 14 m³.

El personal de la caseta de vigilancia dará el acceso a la unidad que transporta el residuo, registrando en una bitácora, placas, nombre del operador, residuo que ingresa, entre otros.

El personal asignado solicitará el manifiesto correspondiente donde se encontrará la información del residuo, de la unidad que lo transporta, para corroborar esta información se deberá realizar una revisión física, con la finalidad de comprobar la información señalada en el manifiesto. Enseguida, se pesará. Una vez realizado lo señalado, el registro de entrada y de pesaje contendrá lo siguiente:

- a) número de manifiesto;
- b) fecha y hora de recepción;
- c) nombre del residuo;
- d) nombre del generador;
- e) número de placas del vehículo de transporte;
- f) número de Autorización de la empresa transportista y firma del transportista;
- g) peso bruto, tara y neto;
- h) cantidad en peso, volumen.
- i) observaciones.

En esta zona se encontrará un responsable de dirigir las unidades que ingresan, con las medidas necesarias para una descarga segura en las celdas.

Báscula.

En caso de no contar con información del peso se enviarán a la báscula y enseguida se dirigen a las celdas correspondientes conforme al residuo y tratamiento a realizar.

Área de descarga (celdas).

Cada área y sus celdas correspondientes se encontrarán señalizadas para su pronta identificación. El personal a cargo del área de descarga dará instrucciones al operador de la unidad, descargando el residuo en el área indicada. Posterior a la descarga del residuo, se procede a esparcirlo en la celda, utilizando maquinaria pesada, como retroexcavadoras, excavadoras y volteos si es necesario. Por medio de la maquinaria mencionada anteriormente, se remueven rocas grandes, residuos y materiales ajenos al material a tratar que pudieran haber sido descargados.

En las celdas se deberá llevar un control de los residuos que ingresan a la misma identificado por lotes y/o generador. En una celda se podrán ingresar diferentes lotes siempre y cuando sean de características similares.

Cabe mencionar que todas las celdas estarán cubiertas por un liner y dos capas de arcilla previamente compactada, para evitar filtraciones al suelo natural, cada una de las celdas estará delimitada por bordos perimetrales que evitarán derrames.

Toma de muestra inicial.

En la zona de descarga se tomará una muestra representativa conforme a la cantidad de residuos, para analizar los parámetros y conocer el grado de contaminación con que se recibe el residuo. Los parámetros a analizar serán pH, % humedad, concentración de hidrocarburos, UFC (Unidad Formadora de Colonias), conductividad.

Se contará con equipos de medición de campo, para monitorear los parámetros que van indicando el avance del tratamiento, se utilizan sobre las celdas y biopilas de tratamiento. El laboratorio interno solo estará formado de mesas de trabajo, instalación de agua corriente, almacenes para guarda de equipos de campo. Será un lugar aislado de polvo y de la intemperie.

Monitoreo de hidrocarburos en suelo como el Petroflag.

Kit analizador Petroflag es una unidad portátil ligera. Se maneja a través de un menú para facilitar su uso y utiliza un sistema de memoria EEPROM. El analizador incorpora quince factores de respuesta dependiendo del analito de interés. Los factores de respuesta se correlacionan con combustibles que van desde gasolinas ligeras hasta petróleo crudo pesado. Los resultados se muestran en ppm en una pantalla LCD.

El límite inferior de detección para la mayoría de los hidrocarburos es de 20 ppm, excepto para la gasolina envejecida que tiene un LLD de 1.000 ppm. Usando la muestra estándar de 10 gramos, el analizador tiene la capacidad de cuantificar todos los hidrocarburos hasta 2.000 ppm. La cuantificación de hidrocarburos por encima de 2.000 ppm requiere un paso adicional utilizando los reactivos de alto rango de PetroFLAG; o el analista puede reducir el tamaño de la muestra y multiplicar los resultados por el factor apropiado.

Los reactivos de alto rango son una extensión de los reactivos estándar de PetroFLAG. El nuevo procedimiento consiste en una extracción del suelo utilizando el disolvente de extracción de alto rango, luego una dilución 10:1 en el disolvente estándar de PetroFLAG, seguido del análisis habitual. El rango lineal para el factor de respuesta 5 sería de 150 ppm a 20.000 ppm utilizando una muestra de 10 gramos y de 15.000 ppm a 200.000 ppm para una muestra de 1 gramo. Todos los reactivos están libres de cloro y se pueden desechar en los residuos normales de laboratorio.



Figura 25 Equipo Petroflag

El pH es monitoreo por medio de potenciómetro de campo, la temperatura de igual forma se mide por medio de un termómetro de campo integrado en un equipo Higrómetro que integra humedad y temperatura directamente sobre los residuos que están en el proceso de tratamiento.

Periodo de tratamiento.

En esta fase de la operación inicia el tratamiento que se haya elegido para el residuo, se aplicarán las técnicas de tratamiento señaladas en el apartado correspondiente. En esta fase se realizará un monitoreo con la toma de muestras en aquellos tratamientos que se requieran, los parámetros a analizar serán, humedad, pH, temperatura, Unidades Formadoras de Colonias (UFC) y concentración de hidrocarburos para determinar el avance del tratamiento.

El tren de tratamiento es de un estimado de 20 a 25 días.

Análisis de laboratorio.

El monitoreo interno de las celdas se realizará para verificar el avance del tratamiento, sin embargo, la certidumbre de la degradación de los contaminantes se proporcionará con la toma de muestras por un laboratorio acreditado. Si el resultado de los análisis confirma que el material tratado cumple con los límites máximos permisibles de la norma aplicable, el material se retornará al generador, en caso contrario se continuará el tratamiento hasta dar cumplimiento con las normas.

Entrega de material tratado al generador.

El material se retornará al generador o en su caso aplicando el principio de valorización se utilizará como relleno en áreas que lo requieran, como reforzamiento en las celdas de los rellenos sanitarios cercanos o en su caso dará disposición final en el relleno sanitario.

ETAPA DE MANTENIMIENTO.

Programa de mantenimiento

El proyecto contará con un programa de mantenimiento a todas las obras hidráulicas en caso azolve u obstrucción, caminos, retornos, así como limpieza general y con la finalidad que las instalaciones se encuentren en condiciones óptimas para la operación. Se deben conservar los caminos en buen estado realizando mantenimiento y reparación de forma periódica, asegurando una operación adecuada.

Mantenimiento a las áreas de tratamiento.

Las instalaciones de las celdas son revisadas al inicio de tratamiento de cada lote, se realiza un recorrido de todas las áreas para verificar la cubierta de arcilla, que este bien compactada y que no se observe el liner interior, se inspecciona la integridad de los bordos perimetrales, la conformación de los canales pluviales y lixiviados.

Programa de Mantenimiento Preventivo a Equipos

La maquinaria que se utilizará en el proyecto será arrendada. El programa de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo se proporcionará fuera de las instalaciones en talleres especializados. La finalidad del mantenimiento preventivo a la maquinaria es asegurar la disponibilidad de los equipos para garantizar una operación continua.

Frecuencia del Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo corresponderá a las horas de operación de los equipos, se debe de registrar en una bitácora y en un formato el mantenimiento de cada equipo y la periodicidad con la que se llevará a cabo.

Revisión de Horno de Desorción Térmica.

Por tratarse de un equipo especializado el seguimiento de operación y mantenimiento deberá estar a cargo de personal capacitado con el fabricante para dichas labores.

Se revisan puntos básicos, como tolvas de carga, partes giratorias, puntos de fijación de los equipos al suelo, conexiones de combustible o gas. En la tabla anexa se desglosan las partes y sus periodos de revisión.

MANTENIMIENTO MAYOR Horno de desorción de cambio de piezas refractarias del piso, cada 15,000 horas de operación o 7 años en función al desgaste, acidez, cuidados del personal, esto proporcionado principalmente por el fabricante.

Se presenta un estimado del control de mantenimiento general.

Equipo	Componentes principales	Revisión semanal	Revisión mensual	Revisión semestral	Revisión anual
Horno de Desorción térmica	Bandas de separación		1	1	
	Cribadora		1	1	
	Tolvas de alimentación		1	1	
	Bandas transportadoras		1	1	
	Motores para bandas de 5 hp				1
	Motores para bandas de 7.5 hp				1
	Motores para bandas de 10 hp				1
	Bandas ahuladas			1	
	Secador Rotatorio			1	
	Soportes de alineación		1		
	Horno de desorción		1		
	Materiales refractarios de aislamiento			1	
	Cámara incineradora de humos	1			
	Unidad de lavado de gases	1			
	Extractor y chimenea	1			
	Controles de temperatura	1			
Dicaster	Motores			1	
	Rotor			1	
	Tornillo sin fin			1	
	Rodamientos			1	
	Tolvas			1	
	Bridas			1	
	Caja reductora			1	
	Tuberías de salida y entrada	1			
Maquinaria, camiones de volteo, camionetas pick up	Revisión de aceites y fluidos	1			
	Amortiguadores y presión de llantas		1		
	Batería y sistema eléctrico		1		
	Filtros de combustible y aire		1		
	Limpiaparabrisas		1		
	Revisar luces externas			1	
	Revisión de neumáticos			1	
	Cambio de frenos			1	
Celdas de tratamiento y obras complementarias	Inspecciones adicionales	1		1	
	Inspecciones de capa de arcilla	1			
	Revisión de geomembrana	1			
	Bordos perimetrales	1			
	Canales pluviales y de lixiviados	1			
	Losa de concreto en las fosas (Área 2)		1		
	Caminos		1		
	Extintores			1	
	Depósitos de agua		1		

Tabla 34 Control de mantenimiento general.

REQUERIMIENTO DE PERSONAL.

La plantilla de personal para el desarrollo de la etapa de operación y mantenimiento, se integra por el área administrativa y operativa. El personal total requerido se conforma con las siguientes categorías.

Etapas	Área	Categoría	Cantidad
Operación y mantenimiento	Administrativa	Gerente	1
		Supervisor de Seguridad	1
		Supervisor técnico	1
		Asistente	1
	Operativa	Vigilante	2
		Operadores de maquinaria	2
		Operadores de camión de volteo	2
		Ayudantes generales	4

Tabla 35 Personal requerido para la etapa de Operación y Mantenimiento.

Los turnos serán de 8 a 17 horas de lunes a viernes y sábado de 8 a 13 horas.

REQUERIMIENTO DE MAQUINARIA.

Será necesaria la utilización de maquinaria y equipo, presentándose a continuación las características, cantidad, tiempo empleado, horas de trabajo diario y tipo de combustible durante esta etapa del proyecto. La utilización de camionetas será la requerida para el transporte de personal y suministro de materiales, en su caso.

Maquinaria y equipo	Capacidad	Cantidad	Horas de trabajo diario	Tipo de combustible/Energía	Cantidad de combustible/Energía/día
Camionetas tipo pick-up.	1 ton	2	8	Gasolina	25
Camioneta 3 ton con redilas	3 ton	1	4	Gasolina	30
Retroexcavadora	1 m ³	3	4	Diésel	35
Camión tipo pipa	10 m ³	2	4	Diésel	70
Pipas de agua con remolque	2,800 litros	2	2	No aplica	No aplica
Camión de volteo de 14 m ³	14 m ³	4	4	Diésel	70
Centrífugas decantadoras	3 m ³	3	2	Energía eléctrica motores a 220 V 2 motores de 30 y 50 HP	290 amperes
Horno desorción Térmica	259,200 t/año	1	Variable	Diésel	120
Bombas de agua, autocebantes	3.5 HP	5	Variable	Gasolina	10
Tanques Plásticos	2500 litros	6	Variable	No Aplica	No Aplica
Excavadora hidráulica, Modelo 312	3 m ³	1	4	Diésel	115 litros
Excavadoras hidráulicas, Modelo 320	3 m ³	3	4	Diésel	115 litros
Excavadora hidráulica, Modelo 330	3 m ³	1	4	Diésel	115 litros
Motobomba	25 hp	5	4	Diésel	10 litros
Motobomba centrífuga	5 hp	5	4	Diésel	10 litros

Maquinaria y equipo	Capacidad	Cantidad	Horas de trabajo diario	Tipo de combustible/Energía	Cantidad de combustible/Energía/día
Extrusoras	3 m ³	3	2	Energía eléctrica 380V/50Hz	24.97 kW
Presas metálicas	80 m ³	2	Variable	No Aplica	No Aplica
Tanques de almacenamiento vertical	40 m ³	2	Variable	No Aplica	No Aplica
Planta de luz	60 Hz / 1800 r.p.m.	1	6	Diésel	120 litros

Tabla 36 Maquinaria y equipo requerido para la etapa de Operación y Mantenimiento.

ALMACENAMIENTO DE LOS INSUMOS.

Cabe mencionar que los insumos se adquieren por cada lote de tratamiento, por lo que las cantidades de la tabla anterior se han calculado conforme a la capacidad máxima de operación, considerando que el tren de tratamiento se estima de 20 a 25 días.

Como se ha descrito anteriormente cada área de tratamiento contará con un área de apoyo en la que se instalarán dos contenedores tipo marinos en los que se almacenarán los insumos que se utilizarán para el tratamiento de los residuos, reiterando que se adquieren los insumos conforme los lotes de tratamiento a procesar.

Almacén para insumos secos, en los cuales se guardan los siguientes materiales:

Consorcio bacteriano: SOLIBAC IP, BACH B, BACH H,

Nutrientes o fertilizantes agrícolas: Triple 17, sulfato diamónico, nitrato de potasio, urea

Neutralizantes: Ca(OH)₂ Hidróxido de calcio (cal)

Almacén para insumos Húmedos:

Surfactante: QC Surfox, Sulf200, Biosurfactante, Quantum Clean,

Oxidantes: Peróxido de Hidrógeno, Permanganato de potasio, QC Surfox.

Neutralizantes: HCl Ácido Clorhídrico.

Los insumos utilizados son separados por grupos según sus características fisicoquímicas, la bodega contará con puerta de acceso, anaqueles metálicos fijos a las paredes para contener los insumos, y separados con divisiones de madera entre los entrepaños para evitar contactos, bacterias en cubetas plásticas selladas hasta su uso, nutrientes de la misma forma en costales o bolsas plásticas.

Los productos húmedos de igual forma en recipientes plásticos o de vidrio según el proveedor, con cintas plásticas para fijarse a los anaqueles y evitar movimientos o que estén sueltos, no se almacenan recipientes abiertos.

Los criterios de almacenamiento en primer lugar son insumos secos y húmedos, para evitar como se cuestiona un goteo de líquidos sobre algún insumo seco, también se considera no almacenar recipientes ya abiertos.

Se procurará tener los recipientes en volúmenes tales que se usen los totales de los contenidos en los tratamientos para no regresar al almacén recipientes abiertos, en este almacén se colocan tres distintos estantes, uno para surfactantes, otro para oxidantes y un tercero para ácidos. Todos los recipientes van fijos a los anaqueles por cinchos plásticos que evitan deslizamientos o movimientos de los contenedores.

LISTADO DE LAS MATERIAS PRIMAS, PRODUCTOS, Y SUBPRODUCTOS MANEJADOS EN EL PROCESO, SEÑALANDO AQUELLAS QUE SE ENCUENTREN EN LOS LISTADOS DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS.

Área	Nombre la sustancia	Uso	Cantidad almacenada Por evento	Cantidad de reporte
AREA 1				
Oxidación química	SOLIBAC IP, BACH-H, BACH-B	Consorcio bacteriano	10 cubetas de 20L	No reportado
	Triple 17	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	3 sacos de 50kg	No reportado
	Sulfato Diamonico	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	3 sacos de 50kg	No reportado
	Nitrato de potasio	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	3 sacos de 50kg	No reportado
	Urea	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	3 sacos de 50kg	No reportado
	QC , SULF200	Surfactante	10 cubetas de 20L	No reportado
	H ₂ O ₂ Peróxido de Hidrógeno	Oxidante	1,000 litros a una concentración del 50% máximo (500 kg)	1er Listado de Actividades Altamente Riesgosas 1,000 Kg
	Permanganato de potasio,	Oxidante	500L	No reportado
	QC Surfox	Oxidante	10 cubetas de 20L	No reportado
Neutralización química	SOLIBAC IP, bacterias autóctonas, SOLIBAC IP, BACH-H, BACH-B	Consorcio bacteriano	5 cubetas de 20L	No reportado
	Triple 17	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	1 saco de 50kg	No reportado
	Ca(OH) ₂ Hidróxido de calcio	Neutralizantes	5 cubetas de 20L	No reportado
	Oxido de calcio(cal),	Neutralizantes	5 sacos de 50kg	No reportado
	HCl Ácido Clorhídrico	Neutralizantes	3 Bidones de 20L al 30% (18 kg)	1er Listado de Actividades Altamente Riesgosas 1 Kg como cloruro de hidrógeno
Biorremediación por biopilas	Triple 17,	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	5 sacos de 50kg	No reportado
	Sulfato Diamonico	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	3 sacos de 50kg	No reportado
	Nitrato de potasio	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	3 sacos de 50kg	No reportado
	Urea	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	5 sacos de 50kg	No reportado

	Biosurfactante Quantum Clean, SULF200	Surfactante	15 cubetas de 20L	No reportado
	SOLIBAC IP, SOLIBAC IP, BACH- H, BACH-B	Consortio bacteriano	15 cubetas de 20L	No reportado
AREA 3				
Tratamientos térmicos (Desorción Térmica)	SOLIBAC IP, SOLIBAC IP, BACH- H, BACH-B	Consortio bacteriano	2 cubetas de 20L	No reportado
	Triple 17	Nutrientes o fertilizantes agrícolas.	1 saco de 50kg	No reportado
	Sulfato Diamonico	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	1 saco de 50kg	No reportado
	Nitrato de potasio	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	1 saco de 50kg	No reportado
	Urea	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	1 saco de 50kg	No reportado
	Diesel	Combustible	10,000L	No reportado

Tabla 37 Listado de sustancias

De las sustancias a utilizar en operación, las siguientes se encuentran en los listados de actividades altamente riesgosas:

- Peróxido de hidrógeno
- Ácido clorhídrico (cloruro de hidrógeno)

De las sustancias mencionadas, solo el ácido clorhídrico (como cloruro de hidrógeno), supera la cantidad de reporte, por lo cual el Proyecto Ecológico MOVA es considerada una Actividad Altamente Riesgosa.

Nombre comercial	Nombre técnico	CAS ¹	Estado físico	Tipo de envase	Etapa o proceso en que se emplea	Cantidad de uso/mes	Características CRETIB ²						IDLH ³	TLV ⁴	Destino o uso final	Uso que se da al material sobrante
							C	R	E	T	I	B				
Gasolina	Gasolina	64741-42-0	liquido	No Aplica	Operación y Mantenimiento.	3,000 litros	-	-	-	x	x	-	ND	ND	Combustible	No hay sobrante
Diésel	Diésel	68476-34-6	liquido	No Aplica	Operación y Mantenimiento	10,000 litros	-	-	-	x	x	-	ND	ND	Combustible	No hay sobrante
SOLIBAC IP, BACH-H, BACH-B	Bacterias degradadoras	ND	Líquido	Cubetas 20 litros	Operación y Mantenimiento	540 kg	-	-	-	-	-	-	ND	ND	Consortio Bacteriano	No hay sobrante

Nombre comercial	Nombre técnico	CAS ¹	Estado físico	Tipo de envase	Etapa o proceso en que se emplea	Cantidad de uso/mes	Características CRETIB ²						IDLH ³	TLV ⁴	Destino o uso final	Uso que se da al material sobrante
							C	R	E	T	I	B				
Triple 17	Nutrientes	ND	Sólido	Sacos 50 kg	Operación y Mantenimiento	450 kg	-	-	-	-	-	-	ND	ND	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	No hay sobrante
Sulfato Diamónico	Nutrientes	ND	Sólido	Sacos 50 kg	Operación y Mantenimiento	350 kg	-	-	-	-	-	-	ND	ND	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	No hay sobrante
Nitrato de potasio	Nutrientes	ND	Sólido	Sacos 50 kg	Operación y Mantenimiento	350 kg	-	-	-	-	-	-	ND	ND	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	No hay sobrante
Urea	Nutrientes	57-13-6	Sólido	Sacos 50 kg	Operación y Mantenimiento	450 kg	-	-	-	x	-	-	ND	ND	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	No hay sobrante
BIOSURFACTANTE QC, SULF200-QUANTUM CLEAN	Surfactantes	ND	Líquido	Cubetas 20 litros	Operación y Mantenimiento	500 litros	-	-	-	-	-	-	ND	ND	Surfactante	No hay sobrante
Peróxido de Hidrógeno (a una concentración del 50% máximo)	Oxidantes	7722-84-1	Líquido	Cubetas 20 litros	Operación y Mantenimiento	1,000 litros	x-	-	-	-	-	-	ND	ND	Oxidante	No hay sobrante
Permanganato de potasio QC,	Oxidante	7722-64-7	Sólido	Porrones 50 kg	Operación y Mantenimiento	500 litros	x	-	-	x	x	-	ND	ND	Oxidante	No hay sobrante
Surfox	Surfactante	ND	Líquido	Cubetas 20 litros	Operación y Mantenimiento	200 litros	-	-	-	-	-	-	ND	ND	Surfactante	No hay sobrante
Sulfato de hierro/sulfato ferroso	Nutrientes	7720-78-7	Sólido	Sacos 50 kg	Operación y Mantenimiento	200 kg	-	-	-	-	-	-	ND	ND	Nutrientes o fertilizantes agrícolas	No hay sobrante
Ácido Clorhídrico	Neutralizantes	7647-01-0	líquido	Bidones 20L	Operación y Mantenimiento	60L	x	-	-	x	-	-	ND	ND	Neutralizante	No hay sobrante
Hidróxido de calcio	Neutralizantes	1305-62-0	Sólido	Cubetas 20L	Operación y Mantenimiento	230kg	x	-	-	-	-	-	ND	ND	Neutralizante	No hay sobrante
Óxido de calcio	Neutralizantes	1305-78-8	Sólido	Cubetas de 20L	Operación y Mantenimiento	340kg	x	x	-	-	-	-	ND	ND	Neutralizante	No hay sobrante

Tabla 38 Sustancias requeridas durante la etapa de operación, almacenamiento mantenimiento y abandono.

1 CAS: Chemical Abstract Service

2 Características de peligrosidad: C: corrosivo; R: reactivo; E: Explosivo; T: toxico. I: inflamable; B: Biológico Infeccioso

3 IDLH: Inmediatamente peligroso para la vida o la salud (Immediately Dangerous of Life or Health)

4 TLV: Valor límite de umbral (Threshold Limit Value)

NA: No aplica

ND: No Disponible

II.2 Hojas de seguridad

Se cuenta con todas las hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas que manejarán en el proyecto, principalmente las que se encuentran en los listados de Actividades Altamente Riesgosas (Ver HDS en **Anexo 4**):

- Ácido clorhídrico
- Peróxido de hidrógeno
- Diesel

II.3 Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento considerados están listados en la siguiente tabla:

Área	Sustancia almacenada	Cantidad	Características
Área 2 Acondicionamiento y recuperación de subproductos	Para sedimentación	6	Tanques plásticos de 3,000 litros cada uno
	Líquidos separados: agua, hidrocarburos ligeros (gasolinas o diésel) y pesados (aceites)	8	Tanques tipo Rotoplas de 5,000 litros cada uno
Área 3 Desorción térmica	Diesel	1	Capacidad 15,000 kilogramos
			Capacidad 10,000 litros.

Tabla 39 Tanques de almacenamiento

Cabe mencionar que los insumos se adquieren por cada lote de tratamiento, por lo que las cantidades de la tabla anterior se han calculado conforme a la capacidad máxima de operación, considerando que el tren de tratamiento se estima de 20 a 25 días.

Como se ha descrito anteriormente cada área de tratamiento contará con un área de apoyo en la que se instalarán dos contenedores tipo marinos en los que se almacenarán los insumos que se utilizarán para el tratamiento de los residuos, reiterando que se adquieren los insumos conforme los lotes de tratamiento a procesar.

Almacén para insumos secos, en los cuales se guardan los siguientes materiales:

Consorcio bacteriano: SOLIBAC IP, BACH B, BACH H,

Nutrientes o fertilizantes agrícolas: Triple 17, sulfato diamónico, nitrato de potasio, urea

Neutralizantes: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Hidróxido de calcio (cal).

Almacén para insumos Húmedos:

Surfactante: QC Surfox, Sulf200, Biosurfactante, Quantum Clean,

Oxidantes: Peróxido de Hidrógeno, Permanganato de potasio, QC Surfox.

Neutralizantes: HCl Ácido Clorhídrico.

Los insumos utilizados son separados por grupos según sus características fisicoquímicas, la bodega contará con puerta de acceso, anaqueles metálicos fijos a las paredes para contener los insumos, y separados con divisiones de madera entre los entrepaños para evitar contactos, bacterias en cubetas plásticas selladas hasta su uso, nutrientes de la misma forma en costales o bolsas plásticas.

Los productos húmedos de igual forma en recipientes plásticos o de vidrio según el proveedor, con cintas plásticas para fijarse a los anaqueles y evitar movimientos o que estén sueltos, no se almacenan recipientes abiertos.

Los criterios de almacenamiento en primer lugar son insumos secos y húmedos, para evitar como se cuestiona un goteo de líquidos sobre algún insumo seco, también se considera no almacenar recipientes ya abiertos.

Se procurará tener los recipientes en volúmenes tales que se usen los totales de los contenidos en los tratamientos para no regresar al almacén recipientes abiertos, en este almacén se colocan tres distintos estantes, uno para surfactantes, otro para oxidantes y un tercero para ácidos. Todos los recipientes van fijos a los anaqueles por cinchos plásticos que evitan deslizamientos o movimientos de los contenedores.

II.4 Equipos de proceso y auxiliares

Los equipos que se tendrán en el Área 3, donde se realizará el proceso de desorción térmica, se describen a continuación:

ÁREA 3

Línea de tratamiento de desorción térmica fija

La línea de tratamiento de desorción térmica incluye los siguientes equipos:

- Cribadora.
- Tolvas de alimentación y cargador de transportador cangilonado.
- Secador rotatorio.
- Horno de desorción.
- Cámara incineradora de humos.
- Equipo de enfriado de gases de combustión (water quenching).
- Torre de enfriamiento de agua para equipo de enfriado de gases de combustión.
- Precipitador electrostático.
- Turboventilador propulsor de gases de combustión.
- Lavadora de gases tipo scrubber con solución salina.
- Filtro con cartuchos de carbón activado y cal

Características generales	
Tipo de Calentamiento:	Combustión con fuego directo
Volumen de procesamiento de la línea:	20 a 28 toneladas/hora
Dimensiones exteriores máximas:	12.50 metros longitud exterior
	8.50 metros ancho exterior
	6.30 metros alto exterior
Peso del equipo:	29,200 a 31,600 kg. (Teórico)
Tiempo aproximado de residencia:	0:12 a 0:20 hr según programación.
Peso de producto en tránsito:	5.6 a 7.8 toneladas
Control de calentamiento:	Programable
Modalidad de carga:	Carga frontal por tolva dosificadora
Capacidad térmica nominal:	3'500,000 BTU/HR Cámara primaria (carga horno de desorción térmica, cuerpo rotatorio)
	Equivalente a 104.58 BHP (Caldera caballos de fuerza)
	1'600,000 BTU/HR Cámara secundaria (incineradora de humos)
	Equivalente a 47.86 BHP (Caldera caballos de fuerza)
Tipo de quemador:	Industrial de media velocidad con bloc refractario tren de válvulas de seguridad, regulación y ajuste de relación aire/gas.
Zonas de control:	Cinco: Horno secador rotatorio (temperatura y velocidad de rotación/avance) Horno de desorción (temperatura y velocidad de rotación/avance) Cámara incineradora de humos (temperatura) Tolvas de carga (velocidad de dosificación) Equipo de Mitigación de emisiones (control de acidez, flujo de gases, temperatura de salida, calidad de emisiones)
Temperatura de proceso:	100°C a 210°C horno Secador (cuerpo cilíndrico).
	350°C a 560°C horno de desorción (cuerpo cilíndrico).
	950°C a 1100°C Cámara secundaria.

Número de cuerpos móviles:	16 segmentos, con rodamientos.
Modalidad de descarga de suelos	Salida horno de desorción rotatorio con banda de descarga
Suministro de energía eléctrica:	440 V TRIFASICO PARA FUERZA, Y 220 V PARA TABLERO DE CONTROL. Con calibre de seguridad calibre 00 AWG en tres fases (440V 60hz) tres cables color negro para fuerza y un cable desnudo calibre 2 AWG para tierra (neutro). Con pastilla de 480 amperes, y caja de cuchillas de seguridad anterior para control de suministro. La carga es de 155.5 kw/hr a plena carga Y transformador de la acometida eléctrica. Se necesita una caja de pastillas para mantener la acometida independiente,
Listado de motores.	Turboventilador combustión 10 hp (2 piezas) Extractor Etapa 3 y 4 de 5 hp (2 pieza) Motorreductor de tracción cuerpo rotatorio de 10 hp (2 pieza) Motorreductor de banda de 3 hp (4 pieza)
	Bomba de recirculación de agua 5 hp (2 piezas)
Suministro de agua	Conexión de ½" de tubería negra con agua de baja salinidad con nula o poca presencia de sales, y presencia de fino inferior a malla 120 o 2 micras, de preferencia colocar suavizador de agua. Consumo promedio de 15,600 litro por mes para cubrir reposición de agua por evaporación y limpieza para las etapas de Water Quenching y la lavadora de gases.
Desagüe	Tubería para aguas para desecho de lodos de tina de cenizas, lavadora tipo scrubber.

Tabla 40 Características de la línea de desorción térmica.

Las temperaturas que se manejarán en el proceso de desorción son las siguientes:

Temperaturas de operación	
Horno secador (cuerpo cilíndrico)	100°C a 210°C
Horno de desorción (cuerpo cilíndrico)	350°C a 560°C
Cámara secundaria	950°C a 1100°C

Tabla 41 Temperaturas de operación

Secador rotatorio	
Temperatura de operación	320°C a 1010°C
Peso aproximado (incluido plataforma)	29 toneladas
Alimentación	20 a 28 toneladas/hora
Combustible:	Diesel
Tiempo de operación	24 horas de manera continua

Tabla 42 Especificaciones secador rotatorio

A) Horno Rotatorio

Características del horno rotatorio para secado de suelos	
Tipo de Horno	Continuo Tipo Rotatorio con cargadores mecánicos
Tipo de Calentamiento	Aprovechamiento de calor residual de Cámara de Incineradora de Humos
Capacidad de Producción	18.4 a 24.9 toneladas por hora.

Temperatura Máxima de Servicio	180 ° C.
Temperatura Promedio de Operación	140 ° C. inicial a 60°
Número de Zonas de Control Automático de Temperatura del Horno	1 Zona
Tiempo de Ciclo de entrada a salida.	0:06 a 0:12 Horas.
Velocidad Promedio de avance de carga.	0:12 a 0:15 Metros / rotación.
Rotaciones regulables	8 a 32 rpm
Promedio de toneladas dentro de horno	de 2.6 a 4 toneladas
Longitud del Horno	16.00 m
Ancho Exterior	2.10 m (soportes de horno y mecanismo tractor)
Diámetro Exterior	1.20 m
Diámetro Interior	0.95 m
Altura desde el piso al nivel de la Carga	3.80 m

Tabla 43 Características horno rotatorio

B) Horno de Desorción

Características del horno de desorción térmica	
Tipo de Horno	Continuo tipo rotatorio con cargadores mecánicos
Tipo de Calentamiento	Combustión con quemador de flama cónica
Capacidad de Producción	18.4 a 24.9 toneladas por hora.
Temperatura Máxima de Servicio	680 ° C.
Temperatura Promedio de Operación	560 ° C. inicial a 360°
Número de Zonas de Control Automático de Temperatura del Horno	1 Zona
Tiempo de Ciclo de entrada a salida.	0:06 a 0:12 Horas.
Velocidad Promedio de avance de carga.	0.12 a 0.15 Metros / rotación.
Rotaciones regulables	8 a 32 rpm
Promedio de toneladas dentro de horno	de 2.3 a 3.2 toneladas
Dimensiones aproximadas del horno	
Longitud del Horno	12.00 m
Ancho Exterior	2.50 m (soportes de horno y mecanismo tractor)
Altura Exterior	2.60 m
Diámetro Exterior	1.50 m
Diámetro Interior	1.22 m
Altura desde el piso al nivel de la carga	3.80 m

Tabla 44 Características horno de desorción

Estructura metálica.

El horno llevará una cubierta metálica fabricada con placa de acero al carbón, calibre 3/8", con refuerzos perimetrales y perfiles estructurales en las secciones que demande el diseño final del

equipo, para garantizar su rigidez con el mínimo peso posible. Así mismo contará con alineación con base en dos rodamientos libres y uno más para transmisión.

El horno contará con un cargado sellado para evitar fugas de emisiones de gases de combustión.

Material aislante térmico.

La pared del horno rotatorio será fabricada de una capa de fibra cerámica en una capa de 4” pulgadas con estructura metálica de acero inoxidable 304 con levantadores de carga, para una temperatura de servicio máximo de 330° C en la zona de alta temperatura. El sello lateral (empalmes del horno) será fabricado con fibra cerámica para 2800 °f equivalente, en 4” de espesor.

Soportes de alineación

El horno contará con tres soportes de acero, montados éstos a su vez sobre una mocheta de carga con zapatas para contener la alineación el esfuerzo mecánico y el peso, con zapatas y excavación para distribuir de mejor forma el peso.

Descarga de suelos

El horno contará con una descarga con trampa de gases para detener las emisiones fugitivas del interior del horno y desplazar el producto mediante un helicoidal sellado, hacía el horno de desorción térmica, helicoidal con funcionamiento on –off.

Ducto de gases hacia lavado

En la parte de carga del horno rotatorio, tendrá su Damper de acción mecánica manual, el sistema de manejo de los gases de combustión tipo “Yugo” ó colector de gases tendrá un revestimiento aislante de fibra cerámica en forma de micromódulo de 2” y 4” de espesor.

Mecanismos

El sistema motriz del horno está diseñado para tener regulación en la velocidad de rotación del horno, haciendo un paso regulable del equipo, a fin de tener versatilidad según la humedad y

características variadas que tengan los suelos diversos que se traten, variando la velocidad de rotación y por ende el tiempo de residencia del equipo.

Equipo de combustión

El quemador principal del horno funciona con diésel, integrando monitoreo de presencia de flama, control de regulación de flujo de aire-de combustible, ajuste de calibración fino, para mejorar la relación aire-combustible y optimizar el comportamiento de consumo. El quemador en cuestión se compone de los siguientes elementos.

- Motor de aire de combustión de 2 HP. Alimentación a 220V
- Capacidad nominal por hora de 2.2 millones de BTU/hr
- Control de quemador de secuencia de purga y revisión de flama.
- Control desde tablero de control para reseteo de quemador e indicador de forma.

C) CÁMARA INCINERADORA DE HUMOS

La cámara de combustión de gases es de temperatura mayor y tiene un ducto donde se canalizan los gases inmediatamente después del horno de desorción, donde en la cámara de combustión se termoxidan; los humos vaporizados de los suelos destruyen la mayoría de los componentes mediante temperatura.

La temperatura de operación es de mínimo de 950°C, para componentes sencillos, y cuenta con alimentación de aire secundario con el objetivo de mantener el balance de oxigenación completa, a fin de reducir las emisiones al mínimo. Para residuos con bifenilos policlorados (PBC; por sus siglas en inglés) se recomienda la cámara incineradora de humos a 1100°C. Posterior a la termoxidación de los gases, el calor generado junto con esos gases son enviados por un ducto aislado hacia su aprovechamiento en el horno secador con el cual se reduce el consumo de combustibles.

Estructura metálica

La estructura metálica de dicha cámara se compone de perfiles estructurales negros con lámina calibre 14 y 16 y soportes desde el piso para carga dicha cámara por encima del Horno de desorción.

Materiales refractarios y de aislamiento térmico

El material aislante del equipo es de fibra cerámica con anclaje de varilla de acero inoxidable cubierta de con recubrimiento de rigidizante de polvo cerámico y aislamiento de 8".

El acomodo del mismo se hace en Macromódulo a fin de reducir el cambio por desprendimiento y asegurar su funcionalidad a largo plazo del aislamiento.

Mecanismos

El principal mecanismo es un ventilador de aire secundario, cuya función es inyectar el complemento de aire para lograr la combustión de gases y oxidarlos, éste tendrá toberas de inyección sumergidas dentro de aislamiento, a fin de reducir el enfriamiento por introducción de gases a temperaturas ambiente.

Equipo de combustión

El quemador principal del horno para nuestra aplicación se empleará diésel como combustible. con monitoreo de presencia de flama, control de regulación de flujo de aire y de gas, y ajuste de calibración fino para mejorar la relación aire gas y mejorar el comportamiento del consumo. El quemador en cuestión se compone de los siguientes elementos.

- Motor de aire de combustión de 2 HP. Alimentación a 220V
- Capacidad nominal por hora de 2.6 millones de BTU/hr
- Control de quemador de secuencia de purga y revisión de flama.
- Control desde tablero de control para reseteo de quemador e indicador de forma.

D) UNIDAD DE LAVADO DE GASES INTERCAMBIADOR DE CALOR

Los gases de combustión que salgan de la cámara incineradora de humos pasarán al equipo de enfriamiento de gases de combustión conocido como Water Quenching, en esta etapa a los gases de combustión se les bajará la temperatura, entrando a cerca de los 800°C y saldrán de entre 360°C a 270°C. Misma temperatura en la ingresarán al horno secador a fin de evitar vaporizar componentes que lo harán en el horno de desorción, ya que los componentes que se vaporizan en el horno de desorción deben pasar a cumplir su termoxidación, por lo cual solo es un secado a menor temperatura como se explicó en la introducción del proceso.

El Water Quenching será fabricado en acero inoxidable para prevenir la corrosión y tendrá un recubrimiento de fibra de vidrio. Esta etapa es anterior el proceso de secado. Después del secado de suelos, se opera el horno secador y el ciclón.

Ciclón de retención de partículas suspendidas

Para el control de partículas suspendidas se tienen dos ciclones, para que la fuerza centrífuga de los mismos pueda retener los polvos que provengan al momento de manejar los cuerpos secos de los suelos, por lo que se colocará en la secuencia de equipos, posterior al secador, y posterior al horno de desorción, bajo los cuales se recuperan sólidos que se reprocesan hacia el cargador principal del horno de secado.

Lavador de gases de combustión.

Posterior a la cámara de enfriamiento, los gases de combustión pasarán a un proceso de lavado continuo, ingresando de forma lineal a la lavadora de gases o scrubber. El diseño de lavadora de gases a instalar se le conoce como lavadora tipo scrubber, con las características siguientes:

Características lavadora tipo scrubber	
Caída de Presión:	6" Columna de Agua
Eficiencia de Retención:	95%
Ø de Partículas Removida:	2 a 5 Micras
Recirculación del Agua.	

Tabla 45 Características Scrubber

La lavadora de gases tendrá la capacidad de lavar los metros cúbicos de gases generados del proceso de evaporación de humedad, incineración de RP, incineración y enfriamiento de humos, etc., provenientes de las distintas etapas de la línea continua para incineración de RP. La lavadora tipo scrubber será fabricada en acero inoxidable para prevenir la corrosión y tendrá un recubrimiento de fibra de vidrio.

Extractor y chimenea.

Habilitada con un ventilador de extracción tipo Dust & Steam Fan de 5 HP trifásico 220/440 Volts, instalado al pie de la misma. La chimenea será de 10 m de altura x 0.90 m de $\varnothing$, fabricada en lámina negra calidad A-36 de 1/8" de grosor, con remate superior con sombrero "chino" de 1.10 m de $\varnothing$, con acabado en pintura color aluminio de alta temperatura.

E) TOLVAS

Capacidad de tolva: Estimado de 3 a 5 toneladas por hora, en función de la consistencia, humedad y tipo de suelo. Suelo de bajo contenido de roca, aumentan la capacidad de horno.

Medidas de equipo:	
Largo	3.50 metros
Ancho:	2.20 metros
Alto:	2.30 metros
Altura de Cargador:	Se recomienda a nivel de piso, para empuje con mini cargador o descarga directa de góndola.

Tabla 46 Características tolvas

No	Concepto	Sistema motriz
1	Banda transportadora de lodos: Banda ahulada, con refuerzo metálico, para una carga en tránsito de 3 toneladas, máximo, ancho de banda 50 cm con rodillos de transmisión cada 30 cm, largo total de 12 metros, inclinación máxima de 5°. Velocidad de desplazamiento 5 a 12 metros por minuto.	Motorreductor de 7.5 hp, con alimentación trifásica 220V
2	Tolva de alimentación Uno: Capacidad de 5 toneladas de almacenamiento máximo, medidas de 2.5 metros de largo. 1.2 metros de ancho, y 2.3 metros de alto máximo. Ajuste de velocidad de rotación para cambiar flujo de dosificado mediante variador de frecuencia.	Motorreductor de 5 hp, para helicoidal de distribución con alimentación trifásica 220V
3	Banda transportadora de lodos: Banda ahulada, con refuerzo metálico, para una carga en tránsito de 3 toneladas, máximo, ancho de banda 50 cm con rodillos de transmisión cada 30 cm, largo total de 5 metros, inclinación máxima de 5°. Velocidad de desplazamiento 5 a 12 metros por minuto.	Motorreductor de 5 hp, con alimentación trifásica 220V

4	Cargador de transportador cangilonado: Cargador con cangilón, cada uno de capacidad de 12 a 15 kilogramos con dimensiones de 60 cm de ancho con cadena reforzada de acero negro, con guías para elevación a altura de carga de Horno secador y sistema de alimentación doble.	Motorreductor de 10 hp, con alimentación trifásica 220V
5	Banda transportadora de lodos: Banda ahulada, con refuerzo metálico, para una carga en tránsito de 3 toneladas, máximo, ancho de banda 50 cm con rodillos de transmisión cada 30 cm, largo total de 8 metros, inclinación máxima de 5°. Velocidad de desplazamiento 5 a 12 metros por minuto.	Motorreductor de 5 hp, con alimentación trifásica 220V

Tabla 47 Sistema conectivo de tolvas

F) ALIMENTADORES

Tipo de alimentador	Distancia
Alimentador de retorno de sólidos de ciclón 1 a cargador Cangilonado 1, tipo helicoidal sin fin, de motorreductor de 2 hp	12 m
Alimentador de retorno de sólidos de ciclón 2 a cargador Cangilonado 1 tipo helicoidal sin fin, de motorreductor de 2 hp	12 m
Salida de suelos procesados de Horno de Desorción a salida, tipo banda ahulada reforzada de rodillos, con motor de 3 hp	16 m

Tabla 48 Tipos de alimentador

G) Equipo de Control de Temperatura

El control de la línea de tratamiento de suelos contará con controles operados a distancia y controles presenciales para la operación simultánea del todo del equipo anteriormente listado. Para la completa coordinación del equipo está misma se tiene un control maestro enlazando todos los equipos, para que empiece la operación completa y continuada del tratamiento de suelos. Contando con elementos adaptados a un PLC con control en consola de computadora y control por pantalla táctil en sitio, con control integrado en la HMI (Human Machine Interface), donde se controlan variadores de frecuencia y diversos controles.

Control de temperatura: ciclo continuo

El control del proceso completo se tendrá en un tablero maestro con un programador lógico marca Delta Electronics, con interface de comunicación tipo Modbus, para conexión remota por

Ethernet o vía RS248, para control secuencial del proceso, integrándose en dicha consola los siguientes elementos:

- Control de variadores de frecuencia que ajustan la velocidad del flujo de proceso, para rotación de los dos hornos, para velocidad de bandas y transportadores helicoidales.
- Controles de límites de operación como emisiones máximas, temperaturas máximas, pesos máximos, entre otros.
- Encendido de motores y secuencias de encendido de equipos.
- Controles de quemadores para secuencias de purgas y otros parámetros de operación para la combustión.

Equipos portátiles para monitoreo en campo de pH, temperatura y humedad.

Los parámetros del proceso como temperatura y humedad son reportados por la consola de control del equipo, que reciben la señal de los lectores del equipo.

Equipo de control de temperatura

El control de la línea de tratamiento de suelos contará con controles operados a distancia y controles locales para la operación simultánea de todo el equipo anteriormente listado. Para la completa coordinación del equipo, se tendrá un control maestro, enlazando todos los equipos para que inicie la operación completa y continua del tratamiento de suelos. Contando con elementos adaptados a un PLC con control en consola por computadora y control por pantalla táctil, en sitio con control integrado en la HMI (Human Machine Interface), donde se controlan variadores de frecuencia y diversos controles.

Control de temperatura ciclo continuo: El control del proceso completo se tendrá en un tablero maestro con un programador lógico marca Delta Electronics, con interface de comunicación tipo Modbus, para conexión remota por Ethernet o vía RS248, para control secuencial del proceso, integrándose en dicha consola los siguientes elementos:

- Control de variadores de frecuencia que ajustan la velocidad del flujo de proceso, para rotación de los dos hornos, para velocidad de bandas y transportadores helicoidales.
- Controles de límites de operación como emisiones máximas, temperaturas máximas, pesos máximos entre otros.
- Encendido de motores y secuencias de encendido de equipos.
- Controles de quemadores, para secuencias de purgas y otros parámetros de operación para la combustión.

II.5 Pruebas de verificación

El proveedor de los equipos será la empresa Lobo Hornos Industriales, recomiendan realizar verificación del equipo antes del inicio de cada operación.

Las recomendaciones del proveedor son las siguientes:

PREPARACION PARA LA OPERACIÓN

Antes de iniciar la secuencia del arranque de la línea de proceso, inspeccione el equipo y prepárelo para operar.

Esta lista deberá usarse para preparar la línea de proceso para el ciclo de operación.

1. Inspeccionar el interior de la línea de proceso y elimine todo objeto ajeno al proceso, así como todo material extraño o despojo de procesos anteriores.
2. La línea de proceso al inicio de la operación debe permanecer vacío, es decir sin contar con elementos diferentes a los componentes de la línea de proceso.
3. Verifique la interconexión de energía eléctrica al equipo.
4. Verifique el amperaje individual de cada motor y el funcionamiento en vacío
5. Revise la acidez del scrubber y rectique sus valores preestablecidos.
6. Identifique el tipo de suelo contaminado para preparar las variaciones del suelo y cambiar el tiempo de residencia.

7. Verifique el suministro de agua tratada hacia el equipo y los niveles de presión.
8. Energice el tablero de control. Verifique su estado en el indicador del tablero. Esto inicia el monitoreo de señales en la Pantalla PLC y las mediciones digitales.
9. Si no se presenta ningún problema la línea de proceso está lista para operar.
10. Reporte cualquier falla al supervisor.

REVISIÓN PRE-ENCENDIDO

Lista de actividades para verificar el estado de la línea de proceso antes del inicio de sus funciones.

1. Revise que los instrumentos del control estén encendidos y trabajando adecuadamente.
2. Revise que los termopares del control de cada zona este trabajando adecuadamente.
3. Revise que los transductores de presión el control de cada zona este trabajando adecuadamente.
4. Revise que los medidores de PH el control de cada zona este trabajando adecuadamente.
5. Revise que la temperatura a la cual se programó el control de temperatura.
6. Revise que no se presente fugas en la línea de proceso.
7. Que el personal que labore no se encuentre expuesto a las zonas de movilidad y respete la señalización del equipo para zonas de riesgo, y este en una supervisión ordena del personal.
8. Verificar que cada una de las llaves de esfera colocadas a la salida de cada etapa esté abierta antes de iniciar el proceso, ya que estas son las permisibles para generar el paso del producto efluente, por lo que está es una parte física qué se debe de resolver antes de iniciar la programación automática del programador lógico.
9. Reporte cualquier falla a su supervisor.

III. CONDICIONES DE OPERACIÓN

III.1.a Condiciones de operación de la planta

Las condiciones básicas de operación en los diferentes procesos son:

Proceso	Variable	Valor
Oxidación química	Humedad	25% a 30%
	pH	1.5 a 4 suelos ácidos 5.5 a 8.0 óptimo
	Temperatura	15°C a 45°C Optima 10°C a 75°C
	Unidades formadoras de colonias	—
	Concentración de hidrocarburos	Con base en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Neutralización química	pH	4 (Shock alcalino)
Biorremediación por biopilas	Temperatura	15°C a 45°C
	pH	5.5 a 8.0
	Humedad	25 y 30 %.
	Densidad de poblaciones microbianas	>1.000 UFC/gramo de suelo
	Concentración de hidrocarburos	Con base en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Procesos térmicos	Temperatura	Horno secador 320°C a 1010°C Horno de desorción 350°C a 560°C Cámara secundaria 950°C a 1100°C Enfriador de gases: entra a 800°C salen entre 360°C – 270°C

Tabla 49 Condiciones básicas de operación en los diferentes procesos.

III.1.b. Diagramas de flujo de proceso, donde se indiquen los equipos principales y auxiliares, así como los balances de masa.

A continuación, se presentan los diagramas de flujo de los siguientes procesos:

- Oxidación Química **OXIQ-FS**
- Neutralización Química **NEUQ-FS** para suelos o materiales semejantes a suelos contaminados con ácidos
- Neutralización Química **NEUQ-FS** para suelos o materiales semejantes a suelos contaminados con álcalis
- Biorremediación por Biopilas **PILA-LS**

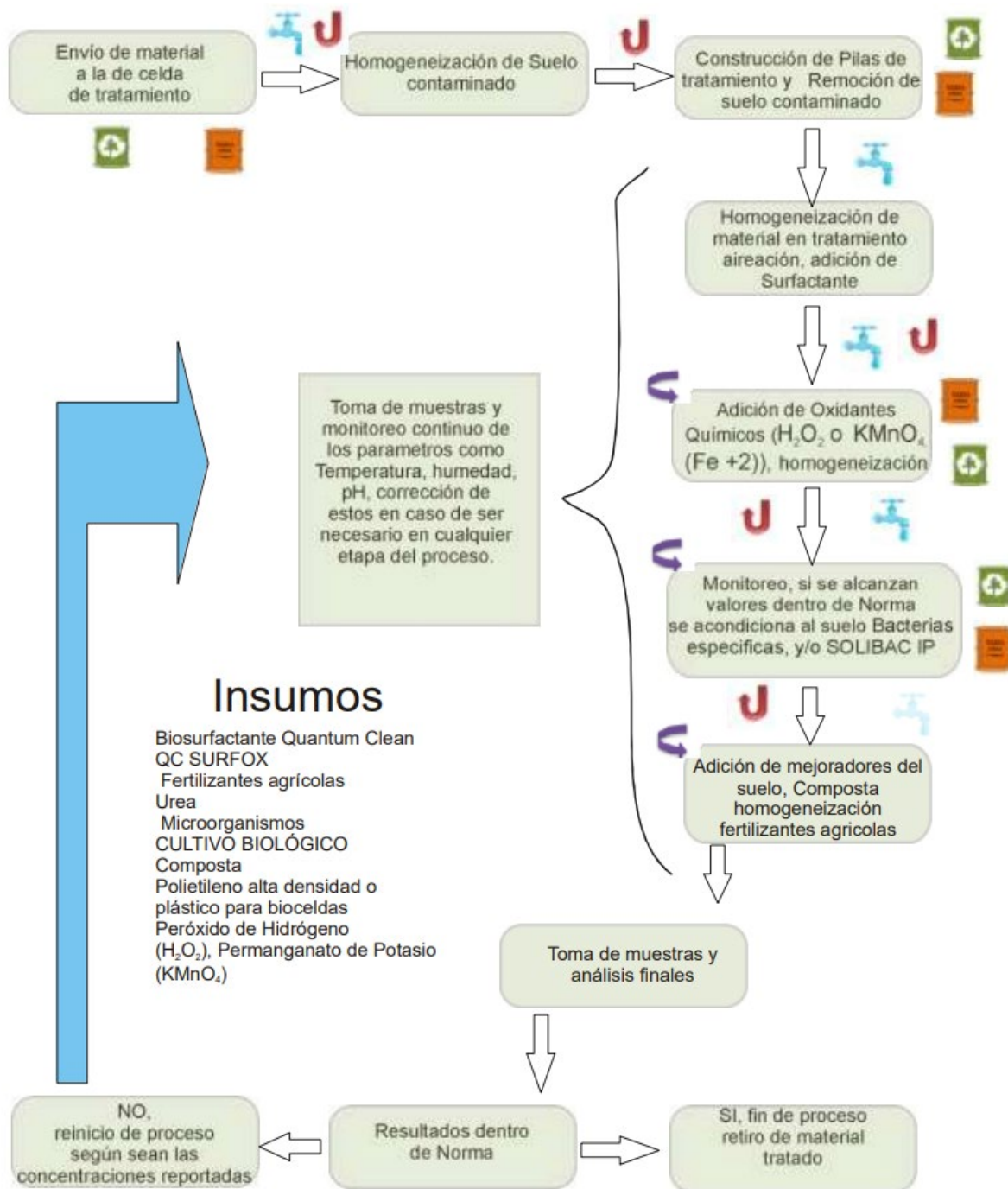


Figura 26 Diagrama de flujo Oxidación Química OXIQ-FS.

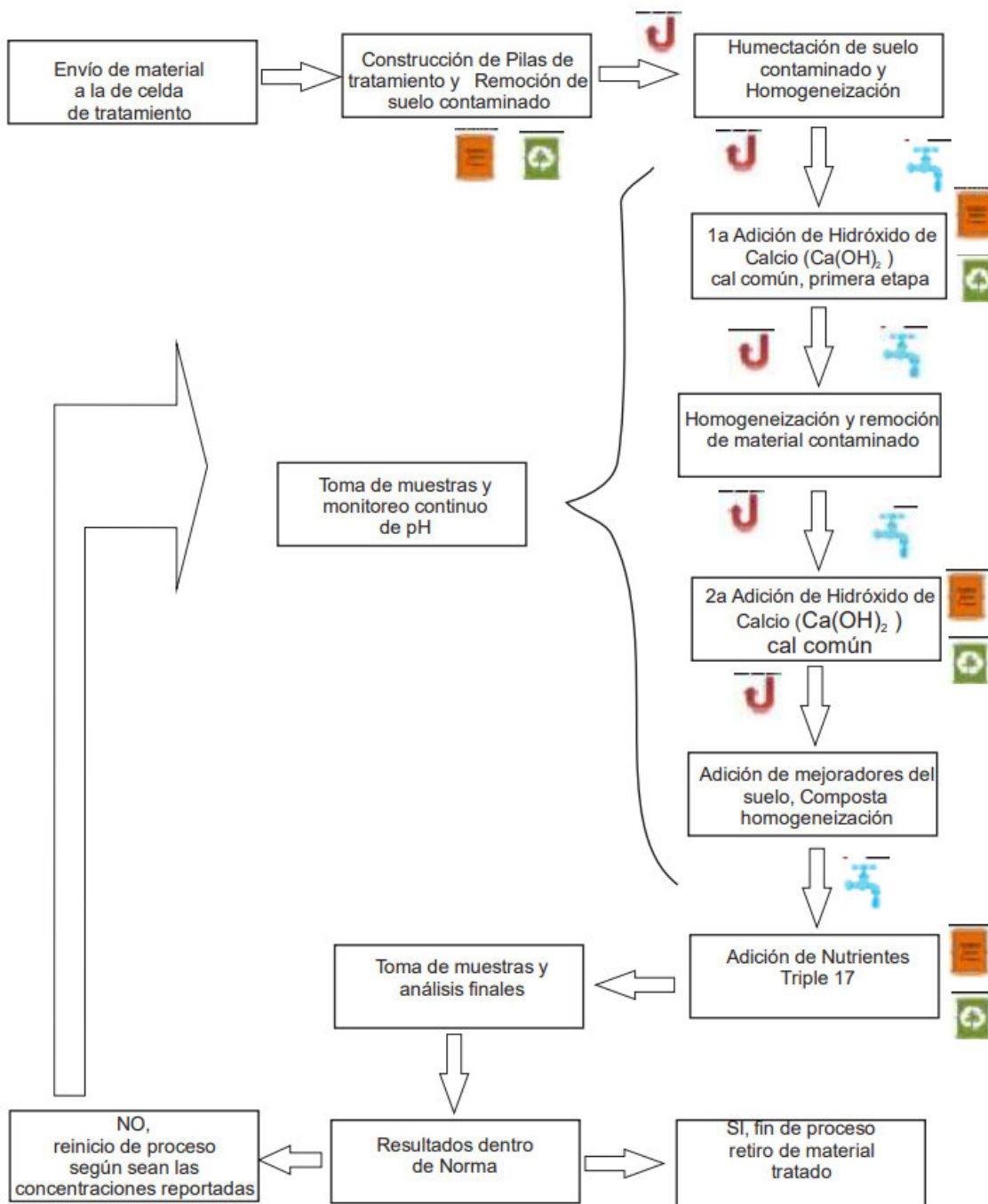


Figura 27 Diagrama de flujo Neutralización Química NEUQ-FS para suelos o materiales semejantes a suelos contaminados con ácidos.

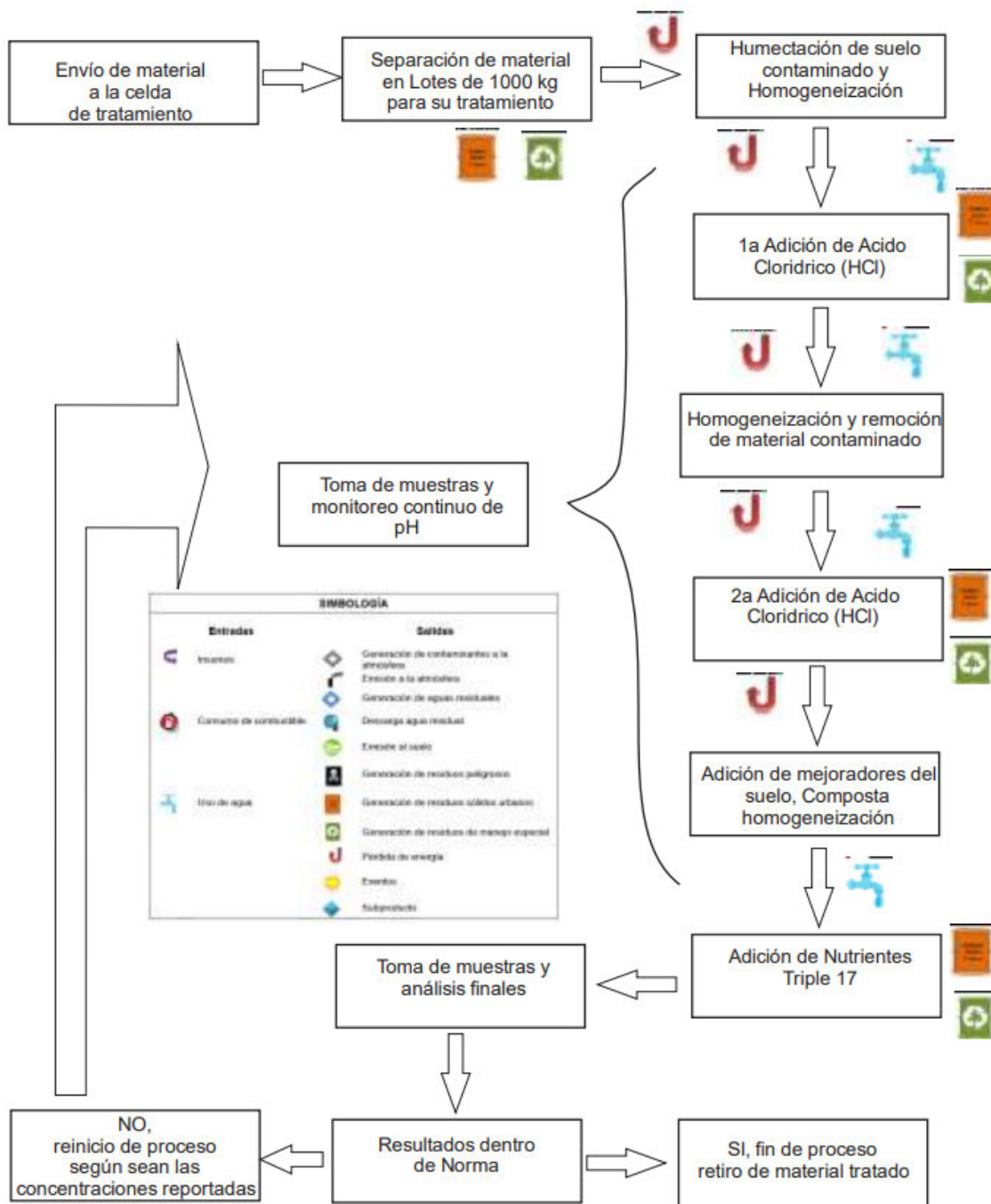


Figura 28 Diagrama de flujo Neutralización Química NEUQ-FS para suelos o materiales semejantes a suelos contaminados con álcalis.

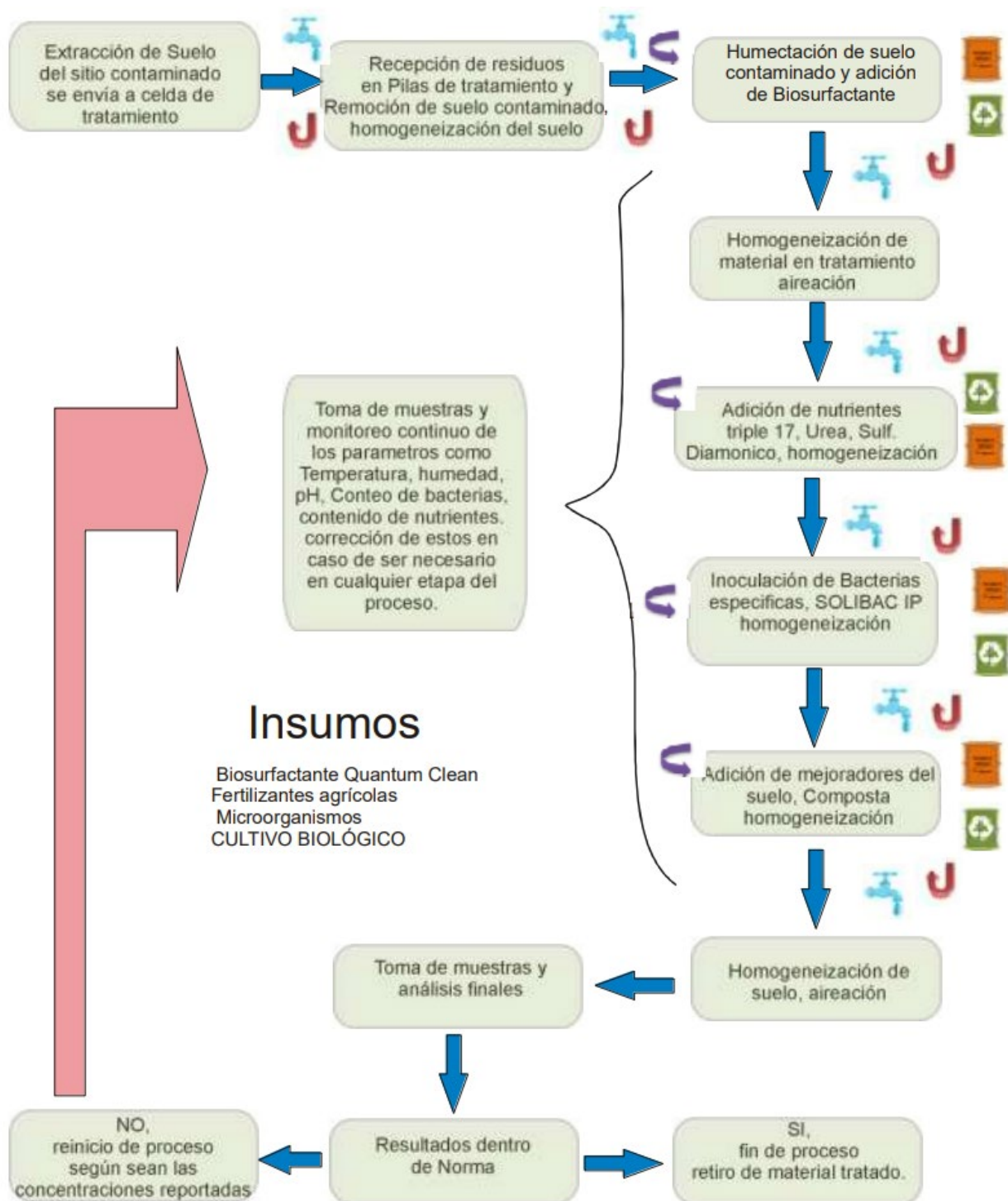


Figura 29 Diagrama de flujo Biorremediación por Biopilas PILA-LS.

5.1.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN.

IV.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

Las condiciones básicas de operación en los diferentes procesos son:

Proceso	Variable	Valor
Oxidación química	Humedad	25% a 30%
	pH	1.5 a 4 suelos ácidos 5.5 a 8.0 óptimo
	Temperatura	15°C a 45°C Óptima 10°C a 75°C
	Unidades formadoras de colonias	---
	Concentración de hidrocarburos	Con base en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Neutralización química	pH	4 (Shock alcalino)
Biorremediación por biopilas	Temperatura	15°C a 45°C
	pH	5.5 a 8.0
	Humedad	25 y 30 %.
	Densidad de poblaciones microbianas	>1.000 UFC/gramo de suelo
	Concentración de hidrocarburos	Con base en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Procesos térmicos	Temperatura	Horno secador 320°C a 1010°C Horno de desorción 350°C a 560°C Cámara secundaria 950°C a 1100°C Enfriador de gases: entra a 800°C salen entre 360°C – 270°C

Tabla 50 Condiciones de operación

IV.2 DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN (DTI'S) LEGIBLES Y CON LA NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA CORRESPONDIENTE

Tubería de instrumentación (secreto industrial). Información protegida bajo los artículos 113 fracción II de la LFTAIIP y 116 de la LGTAIP.

LISTADO DE PARTES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Numero de parte	Descripción	Numero de parte	Descripción	Numero de parte	Descripción
1	GRANADORA DE ALTA FRECUENCIA DE ACERO PARA SEPARACIÓN DE PIEDRA DE 30 CM. CON TOLVA DE ALIMENTACIÓN, MOTOR DE TRANSMISIÓN DE 30 HP ABEV 3 F. DE 3600 RPM CAPACIDAD DE 1000 LITROS POR HORA	30	CONJUNTO DE BOMBAS DE SALIDA, DOS PULSOS CON MOTORREDUCTORES DE 30 HP ABEV 3 F. DE 3600 RPM PARA MOVIMIENTO DE CARGA DE BANDA ALIMENTADA DE PRODUCTO VISCOSOS PROVENIENTES DE 30 METROS POR MINUTO.	20	TREN DE VÁLVULAS DE REGULACIÓN PARA QUIMADOR INTEGRADO POR REGULADOR DE DIESEL PARA UNA PRESIÓN DE SALIDA DE 0-30 PSI, CON MANÓMETRO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN, VÁLVULAS SELECCIONADAS DE ALTA SEGURIDAD PARA INTEGRACIÓN DE FUNCIONAMIENTO COORDINADO POR EL CONTROL DE TEMPERATURA
2	CARGADOR CARGANDO DE ACERO, 30 CM DE ANCHO PARA PRODUCTO REDUCIDO, CON MOTORREDUCTOR DE TRANSMISIÓN DE 30 HP ABEV 3 F. CON UNA RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE 1:84 RPM CON CARGA REDUCTORA PARA UNA RELACIÓN POR CADENA DE 3 A 32 REVOLUCIONES POR MINUTO	31	BOMBAS DE SALIDA, UNA PULSA CON MOTORREDUCTORES DE 30 HP ABEV 3 F. DE 3600 RPM PARA MOVIMIENTO DE CARGA DE BANDA ALIMENTADA DE PRODUCTO VISCOSOS PROVENIENTES DE 30 METROS POR MINUTO, PARA LEVANTAMIENTO DE PRODUCTO A UNA ALTURA FINAL DE 6 METROS PARA MONTICULO DE DESCARGA.	21	TREN DE VÁLVULAS DE REGULACIÓN PARA QUIMADOR INTEGRADO POR REGULADOR DE DIESEL PARA UNA PRESIÓN DE SALIDA DE 0-40 PSI, CON MANÓMETRO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN, VÁLVULAS SELECCIONADAS DE ALTA SEGURIDAD PARA INTEGRACIÓN DE FUNCIONAMIENTO COORDINADO POR EL CONTROL DE TEMPERATURA PARA MANTENER LA EXCLUSIÓN DE TEMPERATURA
3	TOLVA DESHIDRATADORA BICAMARA DE 30 CM DE ANCHO, CONTROL DE LIMITE DE SOBRECARGA OPTICO, CON CARGADOR DE 1000 LITROS POR HORA	32	CONJUNTO DE CERRAJES PARA COLECTAR VOLÁTILES DE EL HORNO DE SECADO Y EL HORNO DE DESORCIÓN TÉRMICA PARA LA CÁMARA INCINERADORA DE HUMOS.	22	TREN DE VÁLVULAS DE REGULACIÓN PARA QUIMADOR INTEGRADO POR REGULADOR DE DIESEL PARA UNA PRESIÓN DE SALIDA DE 0-40 PSI, CON MANÓMETRO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN, VÁLVULAS SELECCIONADAS DE ALTA SEGURIDAD PARA INTEGRACIÓN DE FUNCIONAMIENTO COORDINADO POR EL CONTROL DE TEMPERATURA PARA MANTENER LA EXCLUSIÓN DE TEMPERATURA
4	CARGADOR CARGANDO DE ACERO, 30 CM DE ANCHO PARA PRODUCTO REDUCIDO, CON MOTORREDUCTOR DE TRANSMISIÓN DE 30 HP ABEV 3 F. CON UNA RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE 1:84 RPM CON CARGA REDUCTORA PARA UNA RELACIÓN POR CADENA DE 3 A 32 REVOLUCIONES POR MINUTO	33	TABLERO DE CONTROL, MANEJO CON P.C. CON FUNCIONAMIENTO CONECTADO EN DIVERSAS UNIDADES PARA GESTIONAR EL CONTROL COMPLETO Y TENER COMARCACIÓN TIPO MODULO MEDIANTE CABLE DE ETHERNET PARA VERIFICACIÓN A MAYA DEL LA OPERACIÓN, TABLERO DE CONTROL, TIPO MAMA 4		
5	QUIMADOR TIPO CONJUNTO CON SISTEMA ALUMINAR DE AIRE PARA UNA FLUJO DIRECTA A FLUJO PARALELO DE LA CARGA, QUIMADOR DE 2.2 MILLONES DE BTU/H CON VENTILADOR DE AIRE DE 50 HP ABEV 3 F.	34	VENTILADOR DE AIRE EQUIPADO PARA ALIMENTAR LA CÁMARA INCINERADORA DE HUMOS, PARA AUMENTAR LA DILATACIÓN DE CONTAMINANTES IMPURIFICADOS Y AUMENTAR SU TEMPERATURA.		
6	MOTOR REDUCTOR DE SECADO DE MATERIALES, CON CARGADOR DE 2.4 A 4 TONELADAS DE RESISTENCIA POR CICLO DE TRABAJO DE 30 MIN A 12 MIN, CON UNA CAPACIDAD DE 3.4 A 3.8 TONELADAS POR HORA, CON MOTORREDUCTOR DE 30 HP ABEV 3 F. CON UNA RELACIÓN DE 1:84 RPM CON CARGA REDUCTORA DE REDUCCIÓN DE 30 HP ABEV 3 F.	35	CÁMARA INCINERADORA DE HUMOS, FUNCIONAMIENTO PARA PRODUCIR UN VOLUMEN DE 1000 LITROS MENOS CON FUNCIONAMIENTO REGULADO PARA OPTIMIZAR LOS FLUJOS Y TENER UNA DISTRIBUCIÓN COMPLETA DE LOS VOLÁTILES QUIMADOS EN LOS PRODUCTOS DE SECADO Y DESORCIÓN TÉRMICA.		
7	CARGADOR CARGANDO DE ACERO, 30 CM DE ANCHO PARA PRODUCTO REDUCIDO, CON MOTORREDUCTOR DE TRANSMISIÓN DE 30 HP ABEV 3 F. CON UNA RELACIÓN DE REDUCCIÓN DE 1:84 RPM CON CARGA REDUCTORA PARA UNA RELACIÓN POR CADENA DE 3 A 32 REVOLUCIONES POR MINUTO	36	QUIMADOR TIPO INDUSTRIAL, CON SISTEMA ALUMINAR DE AIRE PARA UNA FLUJO DIRECTA A FLUJO PARALELO DE LA CARGA, QUIMADOR DE 2.2 MILLONES DE BTU/H CON VENTILADOR DE AIRE DE 50 HP ABEV 3 F.		
8	QUIMADOR TIPO CONJUNTO CON SISTEMA ALUMINAR DE AIRE PARA UNA FLUJO DIRECTA A FLUJO PARALELO DE LA CARGA, QUIMADOR DE 2.2 MILLONES DE BTU/H CON VENTILADOR DE AIRE DE 50 HP ABEV 3 F.	37	CHIMENEA DE SALIDA PARA GASES CHIMENEA CON AISLAMIENTO DE 6 PULGADAS PARA UNA TEMPERATURA DE MÁXIMA DE 800 GRADOS CENTÍGRADOS		
9	MOTOR REDUCTOR DE SECADO DE MATERIALES, CON CAPACIDAD DE 2.4 A 4 TONELADAS DE RESISTENCIA POR CICLO DE TRABAJO DE 30 MIN A 12 MIN, CON UNA CAPACIDAD DE 3.4 A 3.8 TONELADAS POR HORA, CON MOTORREDUCTOR DE 30 HP ABEV 3 F.	38	CHIMENEA DE SALIDA DE GASES PARA MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN SENCILLA, PARA DESHACER EL FLUJO DE GASES VA HACIA EL EXTERIOR, CON ESPECIFICACIONES BASO NORMAS DE NORMAS DE SEGURIDAD		
10	MOTOR REDUCTOR DE SECADO DE MATERIALES, CON CAPACIDAD DE 2.4 A 4 TONELADAS DE RESISTENCIA POR CICLO DE TRABAJO DE 30 MIN A 12 MIN, CON UNA CAPACIDAD DE 3.4 A 3.8 TONELADAS POR HORA, CON MOTORREDUCTOR DE 30 HP ABEV 3 F.	39	TREN DE VÁLVULAS DE REGULACIÓN PARA QUIMADOR INTEGRADO POR REGULADOR DE DIESEL PARA UNA PRESIÓN DE SALIDA DE 0-40 PSI, CON MANÓMETRO DE ALTA Y BAJA PRESIÓN, VÁLVULAS SELECCIONADAS DE ALTA SEGURIDAD PARA INTEGRACIÓN DE FUNCIONAMIENTO COORDINADO POR EL CONTROL DE TEMPERATURA PARA MANTENER LA EXCLUSIÓN DE TEMPERATURA		

Figura 30 Diagrama de Tubería Instrumentación (DTI) de Desorción Térmica.

Ver DTI de Desorción Térmica en Anexo 5.

IV.3 ESPECIFICACIÓN DEL CUARTO DE CONTROL

No se contará con cuarto de control, se tendrá con una caseta desmontable como oficinas. Para el control de los equipos de desorción térmica se utilizará el tablero de control del equipo.

Tablero de control para desorción térmica

Para el proceso de Desorción Térmica se contará con un tablero de control con las siguientes características:

- Control del sistema de carga
- Control de cámara primaria y secundaria
- Control de mecanismos

Características: Tablero de control maestro con PLC, con funcionamiento conectado en diversas unidades para gestionar el control completo y tener comunicación tipo MODBUS mediante cable de ethernet para verificación remota de la operación. Tablero de control Tipo NEMA 4.

Fuerza: 440 volts trifásico

Control: 110 volts

Línea y neutro: 148 Amperes

Carga: 72 KW

V ANALISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

V.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.

Fecha	Lugar	Descripción	Afectación
19 de mayo de 2017	Pueblo Nuevo, Dgo.	La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) atendió el derrame de Ácido Clorhídrico en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, debido al volcamiento de una pipa que lo transportaba, por lo que afectó aproximadamente 1,650 m2 de suelo natural. Inspectores de la Delegación Federal de la PROFEPA en la entidad, acudieron al Km. 1545+600 de la supercarretera Durango-Mazatlán, donde la pipa volcó derramando gran parte de su carga, por lo que se solicitó auxilio a Protección Civil de la localidad. Posteriormente, al realizar las labores de reconocimiento y haber controlado la fuga por parte de Protección Civil de Durango, personal de la PROFEPA informó que elementos de Protección Civil, CAPUFE y Policía Federal realizaron las acciones para la contención del derrame y esté no siguiera corriendo sobre suelo natural. El tracto camión de doble semirremolque que transitaba sobre la carretera, tenía una capacidad de 40 mil litros y contenía la sustancia peligrosa Ácido Clorhídrico. Inspectores de la PROFEPA constataron que Transportes Garza Villalón S.A. de C.V. es la empresa responsable del material peligroso. Cabe señalar que los elementos de seguridad informaron que el chofer del camión falleció en el lugar y no hubo personas heridas. Fuente: PROFEPA	El derrame impactó suelo natural en un área de aproximadamente 1,650 m2
30 de marzo de 2023	Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina	La minera Livent volcó ácido clorhídrico en Catamarca Se desconoce si hubo sanciones para la empresa, o las consecuencias a largo plazo de la contaminación. Tras el derrame en el Salar del Hombre Muerto, en el departamento Antofagasta de la Sierra, Catamarca/12 accedió a un informe que detalla que se derramaron 1032 litros de ácido clorhídrico. Hasta el momento no se conocían las características del material derramado, ni su cantidad. Según el informe realizado por Livent al que tuvo acceso a este diario, se derramaron 1032, de 1732 litros que transportaba el camión. Con la ayuda de "bandejas", y una bomba, se pudieron recuperar 700 litros del total que transportaba la cisterna.	El primer derrame fue más profundo "tomando contacto con el nivel freático salino, que por las intensas lluvias penetró aún más". El informe no establece consecuencias a largo plazo de la contaminación en el lugar, o si las tareas de remediación fueron suficientes y adecuadas

Fecha	Lugar	Descripción	Afectación
30 de marzo de 2023	Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina	Catamarca/12 pudo conocer algunos de los detalles del derrame de ácido. Fuentes confirmaron este diario que se trata de uno de los líquidos más peligrosos que se utilizan para la disolución de metales. Oficialmente se dijo que la investigación por las responsabilidades de la empresa en la contaminación ambiental "continúa". Y que la Policía Minera verificó días pasados el lugar, y constató que la empresa realizó las "remediaciones solicitadas por el Estado, siguiendo los protocolos que establece el organismo minero". Afirman que se "determinó y constató que el PH del lugar está en los parámetros normales, y que la remediación general cumple con las condiciones que se exigen". El accidente fue protagonizado por un camión proveedor de la empresa Minera del Altiplano SA-Livent. Fuentes oficiales confirmaron que "la investigación sumarial continúa vigente por parte de la Dirección Provincial de Gestión Ambiental Minera (DIPGAM)". El evento se registró el sábado 4 de febrero de 2023 a las 19.45, cuando un camión cisterna de la empresa FMF que transportaba ácido clorhídrico al 30% con destino a la Minera, volcó. El accidente se produjo a 2 km del control policial en el límite del Salar del Hombre Muerto con la provincia de Salta. Las causas del siniestro habrían sido que las condiciones de circulación "estaban más complicadas de lo habitual", debido a que la calzada se encontraba con barro, y la banquina estaba blanda por efecto de las lluvias de ese día, y una maniobra inadecuada del chofer. Según la empresa minera, el derrame se produjo en el mismo Salar, en la zona conocida como rugoso, por su morfología exterior de mezcla de sal y arcillas. "Es un lugar de muy baja actividad biológica y de pH mayores a 8, por lo que tienen también una capacidad buffer natural (la resistencia que tiene el suelo a cambiar el pH cuando se le adicionan sustancias ácidas o básicas)", aseguran. Además, afirman que no es un lugar con vegetación ni cursos de agua asociados a la misma, y que en el momento de los trabajos que demoraron más de 3 días, "no se avistaron ejemplares de fauna". Los sectores de derrame fueron dos: uno en donde estaba la primera tapa de carga del camión cisterna, y otro a la altura de la apertura realizada para la maniobra de trasvase del ácido al otro camión. El análisis determinó que el primer derrame fue más profundo "tomando contacto con el nivel freático salino, que por las intensas lluvias penetró aún más".	

Fecha	Lugar	Descripción	Afectación
30 de marzo de 2023	Antofagasta de la Sierra, Catamarca, Argentina	Las tareas de remediación del suelo contaminado que estaba obligada la empresa a realizar, consistieron en cavar y quitar el suelo impactado con ácido y se lo dispuso en contenedores de 1m3 para su almacenamiento temporal y posterior disposición final, que fueron colocados en envases plásticos a la orilla del camino. Hubo zonas que fueron neutralizadas con cal. El informe no establece consecuencias a largo plazo de la contaminación en el lugar, o si las tareas de remediación fueron suficientes y adecuadas. Oficialmente tampoco se informó al respecto. Fuente: Página 12 Argentina	

No indicada	Guadalajara, Jalisco	Controlado y sin daños derrame de ácido clorhídrico en CUCS <i>El percance fue controlado por bomberos de Guadalajara y por las unidades de Protección Civil interna del CUCS y del estado.</i> El percance fue controlado por bomberos de Guadalajara y por las unidades de Protección Civil interna del CUCS y del estado Un derrame accidental de aproximadamente tres litros de ácido clorhídrico, ocurrido a las 14:23 horas en el Laboratorio de Enfermedades Lisosomales, del Instituto de Genética, del Centro Universitario de Ciencias de la Salud (CUCS), fue controlado en una primera instancia por parte de miembros de la Unidad de Protección Civil interna y más tarde por miembros del cuerpo de bomberos de Guadalajara y Protección Civil de Jalisco, cuyas labores concluyeron sin mayores incidentes tras 20 minutos de su arribo, a las 14:50 horas. El Rector del CUCS, doctor Jaime Andrade Villanueva, explicó que “mientras se preparaba una sustancia buffer por parte de una investigadora y su ayudante, se dio el derrame accidental de ácido clorhídrico concentrado a 99%. Esta es una sustancia no explosiva, pero sí cáustica, volátil y corrosiva, que al contacto directo con la piel puede generar quemaduras; si hay exposición, por la volatilidad de este químico, produciría irritación en las conjuntivas de los ojos y de haber exposición prolongada, sangrado en las mucosas”. Añadió que al momento del accidente en el laboratorio solo se encontraban tres personas, en el instituto 25 y en el edificio Q, donde se halla dicho laboratorio, alrededor de 250. “Por seguridad fue evacuado todo el edificio. De inmediato la Unidad de Protección Civil interna del CUCS neutralizó el derrame con bicarbonato y detergente. Luego de la llegada de los bomberos, prosiguieron a combatir el derrame con bicarbonato y arena. Y en un lapso de 20 minutos quedó saneada el área. En este momento ya se labora con normalidad”. Andrade Villanueva informó que durante el percance no hubo lesionados y nadie sufrió ningún malestar o quemadura. Explicó que a las investigadoras se les resbaló el frasco original del producto –de 5 litros–, y que al momento de la preparación contenía tres litros, que fue la cantidad vertida. La caída al piso no fue mayor a una altura de 30 centímetros, y al momento las investigadoras dieron parte a las autoridades para su control. Fuente: Coordinación General de Comunicación Social	No hubo lesionados ni afectaciones
-------------	----------------------	---	------------------------------------

Fecha	Lugar	Descripción	Afectación
7 de agosto de 2015	San Nicolás de los Garza, N.L.	ATIENDE PROFEPA DERRAME DE ÁCIDO CLORHÍDRICO EN SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), atendió la fuga de ácido clorhídrico en el municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, la cual se dio por el rompimiento de la cámara interna de la pipa que lo transportaba, los que afectó 2m² de suelo natural. Inspectores de la Delegación Federal de la PROFEPA en la entidad, acudieron a la Av. Manuel L. Barragán dentro del Parque Industrial Stiva, donde la pipa detuvo su marcha debido a que el chofer de la misma observó por el retrovisor los vapores del ácido saliendo de la unidad, por lo que solicitó auxilio a Protección Civil de la localidad. Posteriormente, al realizar las labores de reconocimiento y haber controlado la fuga por parte de Protección Civil de San Nicolás, personal de la PROFEPA informó que la brigada de la empresa VIAKEM realizó las acciones para neutralizar la reacción del químico, en las que se utilizaron bultos de bicarbonato de calcio (mejor conocido como cal). La carga de ácido fue trasvasada a otra unidad de la empresa Fletes y Materiales Forsis S.A. de C.V., propietaria de la pipa. El tracto camión que venía de Matamoros con destino a la ciudad de Monterrey, tiene una capacidad de 30 mil litros y contenía una carga del 90% de ácido clorhídrico. Inspectores de la PROFEPA informaron que KMG de México S.A. de C.V. es la empresa dueña del material peligroso que era transportado. Cabe señalar que no hubo personas intoxicadas, heridas o muertas. Según el Artículo 130 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos, cuando por caso fortuito o fuerza mayor se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de materiales peligrosos o residuos peligrosos, durante cualquiera de las operaciones que comprende su manejo integral, el responsable del material peligroso deberá ejecutar medidas inmediatas para contener los materiales o residuos liberados, minimizar o limitar su dispersión o recogerlos y realizar la limpieza del sitio. Fuente: PROFEPA	Constata que derrame impactó suelo natural en un área de aproximadamente 2 m ²

Tabla 51 Antecedentes de accidentes e incidentes

V.2 Sistemas de aislamiento

Para el proyecto, todas las áreas contarán con liner plástico que servirá como aislante y protector del subsuelo, una vez termosellado y acomodado el liner en toda el área donde construirá la celda, se reacomodará el material en los costados para cubrir el liner con por lo menos 0.30 m de suelo, aplanado y acomodado con motoconformadora y humedecido por medio de pipas para lograr una rápida compactación, al mismo tiempo de adecuar el área, se van también a nivelar los caminos que ya existían en el área y se colocará la tubería que servirá como paso de drenaje pluvial y desagüe de las áreas de tratamiento.

Descripción	Normas	E 1.5	E2.0
Espesor (mm)	EN 1849-2	1.5 (±5%)	2.0 (±5%)
Masa por unidad de área (kg/cm ²)	EN 1849-2	1.95	2.60
Resistencia a la tracción (N/mm ²)	EN 527-3	> 17.5 (L/T)	
Resistencia a la rotura (%)	EN 527-3	≥ 300	
Doblado en frío (°C)	EN 495-5	≤ -30	
A prueba de agua después de 6 hrs en 0.5 Mpa	EN 1928 (B) EN 14150	A prueba de agua < 10 ⁻⁶ m ³ m ⁻² d ⁻¹	
Resistencia a la perforación por raíces	CEN TS 14416	Sin perforación	
Resistencia a los microorganismos	AFNOR NFX 41514 ASTM G 21-90	Sin perforación	
Resistencia al rasgón (N/mm)	EN 12310-2	≥ 80	
	ISO 34	≥ 45	
Resistencia a la punción estática (N)	EN 12236	> 1800	> 2450
Durabilidad	EN 14575 EN12224	< 25%	
Oxidación, variación en los valores de la tracción			
Intemperismo, variación en los valores de la tracción	EN 14415 (A y B)	< 25	
Resistencia al envejecimiento térmico en el agua			
variación en la resistencia a la tracción (%)			
Pérdida de masa (%)		< 5	

Tabla 52 Características técnicas de liner a utilizar.

V.3 Metodologías de identificación y jerarquización

Los siguientes aspectos se consideran para la selección de la metodología:

- El ácido clorhídrico al 30% (cloruro de hidrógeno) es la sustancia que supera la cantidad de reporte y que hace que la actividad sea considerada altamente riesgosa.
- La cantidad máxima de ácido clorhídrico que se manejará es de 60 litros, en bidones de 20 litros de HCl al 30%.
- El ácido clorhídrico se utiliza en un solo tratamiento donde no intervienen equipos de proceso (no aplican los DTI's)

ETAPA	LISTA DE VERIFICACIÓN	¿QUÉ PASA SI?	¿QUÉ PASA SI?/ LISTA DE VERIFICACIÓN	FMEA	HazOp	AAE-ETA	AAF-FTA	AC
Investigación y Desarrollo		X	X					
Diseño Conceptual	X	X	X					
Operación de Planta Piloto	X	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniería de Detalle	X	X	X	X	X	X	X	X
Construcción y Arranque	X	X	X					
Operación Rutinaria	X	X	X	X	X	X	X	X
Expansión o Modificación	X	X	X	X	X	X	X	X
Desmantelamiento	X	X	X					

Tabla 53 Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso

V.4 Descripción de la metodología what-if jerarquizado

El método utilizado para la identificación de riesgos se denomina ¿Qué pasa si...? (What-If Analysis?). Esta técnica permite identificar riesgos, situaciones riesgosas o acciones que conducen a accidentes específicos que podrían producir una consecuencia no deseable. Con esta técnica es posible identificar situaciones que conlleven a un accidente, pueden determinarse de forma cualitativa sus consecuencias, se analizan las medidas de seguridad consideradas y propone alternativas que permitan minimizar los riesgos.

Este método se aplicará porque permite identificar desviaciones realizadas en cualquier etapa del proyecto, considerando tanto las condiciones normales de operación como condiciones ambientales, errores humanos, factores sociales, entre otros.

El análisis ¿qué pasa si? se realiza de la siguiente forma:

- Se selecciona un sistema.
- Utilizando una lluvia de ideas se elaboran preguntas iniciando con la frase:

¿Qué pasa sí?

- c) Las preguntas deben ir encaminadas a identificar situaciones de peligro.
- d) Se indica para cada una de las preguntas la causa probable y la o las consecuencias de las situaciones de peligro analizadas.
- e) Se indican las medidas de control que tiene el sistema para la situación de peligro determinada y las recomendaciones necesarias para cada una de las situaciones de riesgo identificadas

Para obtener resultados más ilustrativos de este análisis, se cuenta con columnas para evaluar la gravedad del riesgo identificado.

Jerarquización de Riesgos.

Para la jerarquización de riesgos, se utilizaron los criterios establecidos en las Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 2, con fecha del 18/08/2015. la ponderación y/o jerarquización se realizó con el apoyo del grupo multidisciplinario de acuerdo con los siguientes pasos:

Se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción) de acuerdo con la tabla Clasificación por Categorías de Consecuencias.

Los objetivos de la revisión de riesgos de las instalaciones son:

- Identificar, seleccionar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal y/o a la población, el medio ambiente, el producto manejado y la instalación.
- Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos.
- Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

En la siguiente Tabla de categorías de consecuencias, se consideran cinco tipos de consecuencias: daños al personal, efectos en la población, impacto ambiental, pérdida de producción y daños a la instalación.

El grupo multidisciplinario es imprescindible a la hora de asignar categorías de consecuencia, ya que poseen el conocimiento del proceso y la experiencia necesaria; por ejemplo, el personal puede proporcionar información valiosa sobre las variables principales acerca de (1) los efectos en la vida y la salud del personal, (2) el impacto ambiental y (3) la evaluación económica, como pueden ser los costos de reparación o reemplazo de equipos, el tiempo muerto que se necesita para restaurar los sistemas después de paros, el tiempo de paralización necesario para volver a arrancar unidades de proceso y los costos asociados con interrupciones en la producción.

V.5 Resultado de la aplicación de las metodologías

¿Como resultado de la aplicación de la metodología What If? (**ver Anexo 6**), de los eventos analizados se obtuvieron los siguientes resultados:

- 50% Se encuentran en la Zona de Riesgo Aceptable con Controles "ALARP" (Tipo C)
- 25% Se encuentra en la Zona de Riesgo Indeseable (Tipo B)
- 25% Se encuentra en la Zona de Riesgo Tolerable (Tipo D)

Considerando lo anterior y los resultados del Análisis What If?, se evaluarán los siguientes escenarios que pueden presentarse por diferentes causas:

Evento	Descripción del evento
Daño máximo probable (Caso más probable)	Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1
Daño máximo catastrófico (Peor caso)	Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1

Tabla 54 Escenarios de riesgo identificado

ANÁLISIS WHAT IF? (QUÉ PASA SI...?)									
INSTALACIÓN: TRATAMIENTOS INTEGRALES MV, S.A. DE C.V. "PROYECTO ECOLÓGICO MOVA"						PROCESO O ÁREA O ACTIVIDAD: ÁREA 1 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS (BIORREMEDIACIÓN BIOLÓGICA, OXIDACIÓN Y NEUTRALIZACIÓN QUÍMICAS EN PILAS DE TRATAMIENTO).			
¿QUÉ PASA SI...?	CAUSAS	CONSECUENCIAS	PROTECCIONES	FRECUENCIA F	CONSECUENCIA C	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	FECHA DE CUMPLIMIENTO
	la zona donde se ubicará el proyecto no presenta riesgo de deslizamientos de tierra.								
El suelo donde se instalará la bodega de insumos presenta hundimientos.	De acuerdo al mapa de peligros por hundimientos y al Atlas de Riesgos para Veracruz del CENAPRED y del Gobierno del Estado de Veracruz, en la zona donde se localizará el proyecto, no existe riesgo de hundimiento.	No existe riesgo de hundimientos en la zona del proyecto.	No aplica	F1	1	D	Ninguna	No aplica	No aplica
Se presenta una inundación en la zona del proyecto.	Según se establece en el Atlas de Riesgo, el Municipio de Cotaxtla, existe un peligro alto por inundación, principalmente por la colindancia del predio con el Río Cotaxtla, localizado al norte del	La inundación podría afectar el área donde se localiza la Bodega de Insumos. Las sustancias y materiales almacenados, incluido el ácido clorhídrico, podrían ser arrastrados por el agua.	- La Bodega de Insumos se construirá en la parte mas alta del Área 1. - Se cuenta con Estudio Geohidrológico en las Instalaciones del Proyecto Ecologico MOVA donde se indican las elevaciones del terreno.	F5	1	C	Ninguna	No aplica	No aplica

ANÁLISIS WHAT IF? (QUÉ PASA SI...?)									
INSTALACIÓN: TRATAMIENTOS INTEGRALES MV, S.A. DE C.V. "PROYECTO ECOLÓGICO MOVA"					PROCESO O ÁREA O ACTIVIDAD: ÁREA 1 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS (BIORREMEDIACIÓN BIOLÓGICA, OXIDACIÓN Y NEUTRALIZACIÓN QUÍMICAS EN PILAS DE TRATAMIENTO).				
¿QUÉ PASA SI...?	CAUSAS	CONSECUENCIAS	PROTECCIONES	FRECUENCIA F	CONSECUENCIA C	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	FECHA DE CUMPLIMIENTO
		sufrir graves quemaduras. El material derramado puede formar una dispersión tóxica de ácido clorhídrico,, afectando a los trabajadores y proveedores.							
El ácido clorhídrico se almacena en la Bodega de Insumos, sin considerar su incompatibilidad con otras sustancias químicas que se almacenan en la bodega.	Falta de capacitación de los trabajadores.	En caso de manejar sustancias incompatibles en una misma área, estas pueden entrar en contacto y reaccionar violentamente y generar vapores tóxicos.	• No se tienen.	F5	3	B	• Colocar señalamientos en las áreas donde se almacenará cada sustancia de acuerdo a lo establecido en la NOM-018 STPS -2015, o garantizar que la etiqueta de los recipientes de sustancias químicas, cumplan con la norma. • Asignar zonas de almacenamiento dentro de la Bodega de Insumos, considerando la incompatibilidad de las sustancias que se manejarán. • Colocar dentro de la Bodega de Insumos, sistemas de contención (charolas, tarimas contenedoras, etc.) que impidan que las sustancias incompatibles entren en contacto.	• Biol. Victor M. Juárez Damián	• Antes del inicio de las operaciones.
Durante la manipulación de los bidones de ácido clorhídrico para ser utilizado en el proceso de tratamiento, los trabajadores derraman el contenido de un bidón.	Falta de capacitación de los trabajadores. Descuido de los trabajadores.	Las personas que entren en contacto con el ácido, pueden sufrir graves quemaduras. El material derramado puede formar una dispersión tóxica de ácido clorhídrico,,	• No se tienen	F5	2	C	• Colocar en la Bodega de Insumos Húmedos un Kit para derrames. • Capacitar al personal en el manejo del ácido clorhídrico. • Colocar una lavajeros en la la Bodega de Insumos Húmedos. • Proporcionar a los trabajadores equipo de protección personal adecuado para el manejo del ácido clorhídrico, con base en lo establecido en la NOM-017-STPS-2008.	• Biol. Victor M. Juárez Damián	• Antes del inicio de las operaciones.

ANÁLISIS WHAT IF? (QUÉ PASA SI...?)									
INSTALACIÓN: TRATAMIENTOS INTEGRALES MV, S.A. DE C.V. "PROYECTO ECOLÓGICO MOVA"					PROCESO O ÁREA O ACTIVIDAD: ÁREA 1 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS (BIORREMEDIACIÓN BIOLÓGICA, OXIDACIÓN Y NEUTRALIZACIÓN QUÍMICAS EN PILAS DE TRATAMIENTO).				
¿QUÉ PASA SI...?	CAUSAS	CONSECUENCIAS	PROTECCIONES	FRECUENCIA F	CONSECUENCIA C	NIVEL DE RIESGO	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	FECHA DE CUMPLIMIENTO
		afectando a los trabajadores y proveedores.							

Tabla 55 Resultados análisis What If?

VI PRESENTACIÓN DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Para la determinación de los radios potenciales de afectación, se emplea el Software ALOHA, que es un conjunto de herramientas para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y/o inflamables y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones. Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, es necesario utilizar los criterios que se indican en la tabla 35.

Zona	Toxicidad (Concentración)	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.0 lb/plg ²
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV15	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/plg ²

Tabla 56 Criterios para zonas de seguridad

Los escenarios que se evaluarán se enlistan en la tabla 37.

Evento	Descripción del evento	Nodo
Daño máximo catastrófico	Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	1
Daño máximo probable	Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	2

Tabla 57 Escenarios a evaluar

Nodo 1 Daño máximo catastrófico (Peor caso)

Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de 3 bidones de 20 litros en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1

Los datos considerados para el cálculo son los siguientes:

Datos para Simulación	
DATOS DE LA SUSTANCIA	
Nombre de la sustancia	Acido clorhídrico
Concentración de la solución	30% (en peso)
Peso molecular:	36.46 g/mol

IDLH	50 ppm
TWA (TLV)	5 ppm
DATOS ATMOSFÉRICOS (Cotaxtla Veracruz)	
Velocidad del viento	2.2 m/s
Dirección del viento	Sureste
Temperatura ambiente	25°C
Humedad relativa	55%
DATOS DE LA FUENTE	
Evaporación de un derrame	
Área del derrame	10 m²
Volumen del derrame	60 litros
Tipo de suelo	Concreto

Tabla 58 Datos para simulación Nodo 1 (Peor Caso)

(Ver Simulaciones Anexo 7)

Text Summary ALOHA® 5.4.4 

SITE DATA:
 Location: COTAXTLA, VERACRUZ, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.40 (sheltered single storied)
 Time: October 21, 2023 2206 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: HYDROCHLORIC ACID
 Solution Strength: 30% (by weight)
 Ambient Boiling Point: 90.1° C
 Partial Pressure at Ambient Temperature: 0.020 atm
 Ambient Saturation Concentration: 20,106 ppm or 2.01%
 Hazardous Component: HYDROGEN CHLORIDE
 Molecular Weight: 36.46 g/mol
 AEGL-1 (60 min): 1.8 ppm AEGL-2 (60 min): 22 ppm AEGL-3 (60 min): 100 ppm
 IDLH: 50 ppm

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 2.2 meters/second from SE at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths
 Air Temperature: 25° C Stability Class: C
 No Inversion Height Relative Humidity: 55%

SOURCE STRENGTH:
 Evaporating Puddle
 Puddle Area: 10 square meters Puddle Volume: 60 liters
 Ground Type: Concrete Ground Temperature: 25° C
 Initial Puddle Temperature: Ground temperature
 Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
 Max Average Sustained Release Rate: 102 grams/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Hazardous Component Released: 3.56 kilograms

THREAT ZONE:
 Model Run: Gaussian
 Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (50 ppm = IDLH)
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
 make dispersion predictions less reliable for short distances.
 Orange: 38 meters --- (5 ppm)
 Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
 make dispersion predictions less reliable for short distances.
 Yellow: 64 meters --- (1.8 ppm = AEGL-1 (60 min))

Figura 31 Código de simulación Aloha Nodo 1.

Se aplicó el modelo de emisión por evaporación de un derrame, del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

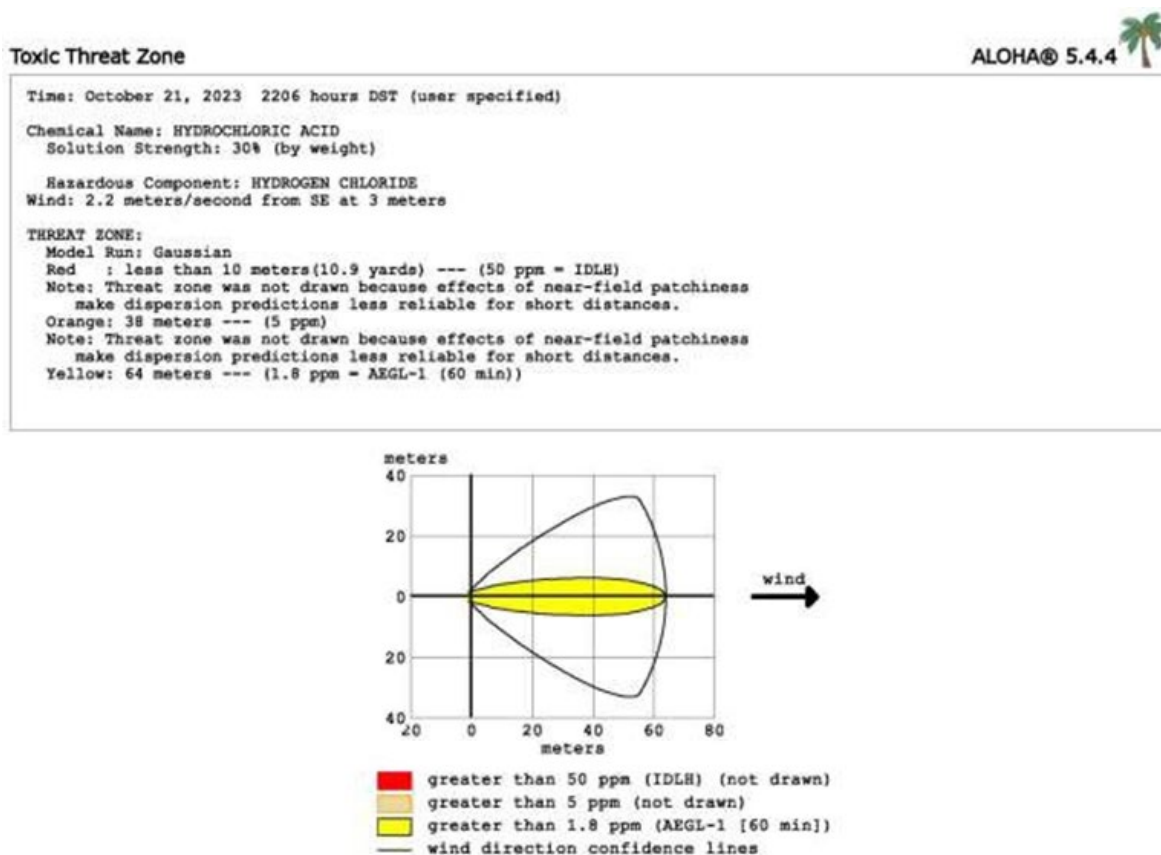


Figura 32 Resultados de simulación de emisión por evaporación Nodo 1.

De acuerdo con los resultados de la modelación, la concentración de 50 ppm (IDLH) correspondiente a la Zona de Alto Riesgo, se localiza a una distancia menor de 10 metros. La concentración de 5 ppm se localiza a una distancia de 38 m en torno al derrame.

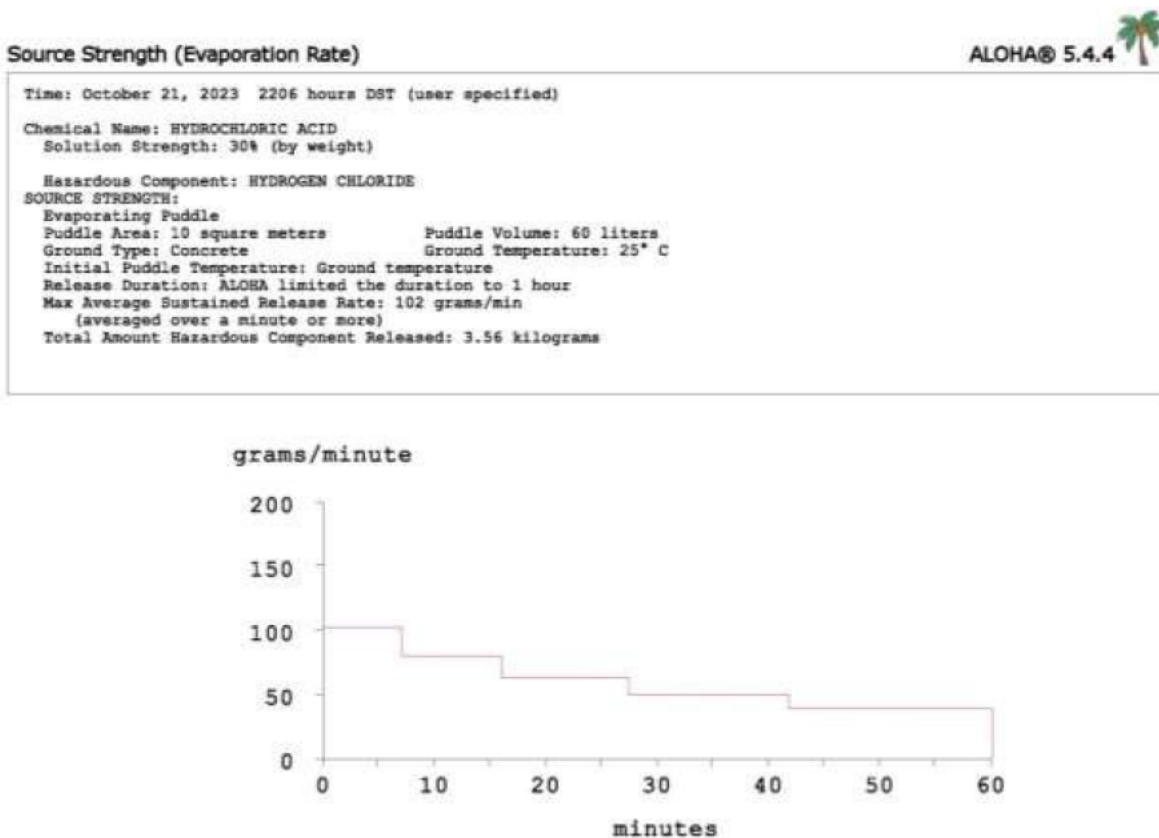


Figura 33 Velocidad de evaporación Nodo 1.

En lo que respecta a la velocidad de evaporación del ácido clorhídrico del derrame, en los primeros 7 minutos aproximadamente, se alcanza la mayor evaporación (100 g/min). Con base en lo anterior, las Zonas de Protección serían las siguientes:

Zonas de Protección para Nodo 1 (Peor caso)		
Zona	Toxicidad (Concentración)	Distancia
Zona de Alto Riesgo	IDLH	< 10 m
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	38.m

Tabla 59 Zonas de protección Nodo 1

Nodo 2 Daño máximo probable (Caso más probable)

Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de un bidón en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1

Datos para Simulación	
DATOS DE LA SUSTANCIA	
Nombre de la sustancia	Acido clorhídrico
Concentración de la solución	30% (en peso)
Peso molecular:	36.46 g/mol
IDLH	50 ppm
TWA (TLV)	5 ppm
DATOS ATMOSFERICOS (Cotaxtla Veracruz)	
Velocidad del viento	2.2 m/s
Dirección del viento	Sureste
Temperatura ambiente	25°C
Humedad relativa	55%
DATOS DE LA FUENTE	
Evaporación de un derrame	
Area del derrame	3 m ²
Volumen del derrame	20 litros
Tipo de suelo	Concreto

Tabla 60 Datos para simulación Nodo 2 (Caso más probable)

Ver Simulaciones Anexo 7

Text Summary

ALOHA® 5.4.4



```

SITE DATA:
Location: COTAXTLA, VERACRUZ, MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.40 (sheltered single storied)
Time: October 21, 2023 2206 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: HYDROCHLORIC ACID
Solution Strength: 30% (by weight)
Ambient Boiling Point: 90.1° C
Partial Pressure at Ambient Temperature: 0.020 atm
Ambient Saturation Concentration: 20,106 ppm or 2.01%
Hazardous Component: HYDROGEN CHLORIDE
Molecular Weight: 36.46 g/mol
AEGL-1 (60 min): 1.8 ppm  AEGL-2 (60 min): 22 ppm  AEGL-3 (60 min): 100 ppm
IDLH: 50 ppm

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 2.2 meters/second from SE at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest      Cloud Cover: 3 tenths
Air Temperature: 25° C                  Stability Class: C
No Inversion Height                     Relative Humidity: 55%

SOURCE STRENGTH:
Evaporating Puddle
Puddle Area: 3 square meters           Puddle Volume: 20 liters
Ground Type: Concrete                   Ground Temperature: 25° C
Initial Puddle Temperature: Ground temperature
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 33.4 grams/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Hazardous Component Released: 1.17 kilograms

THREAT ZONE:
Model Run: Gaussian
Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (50 ppm = IDLH)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.
Orange: 22 meters --- (5 ppm)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.
Yellow: 37 meters --- (1.8 ppm = AEGL-1 (60 min))
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.
    
```

Figura 34 Dataset de simulación

Se aplicó el modelo de emisión por evaporación de un derrame, del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

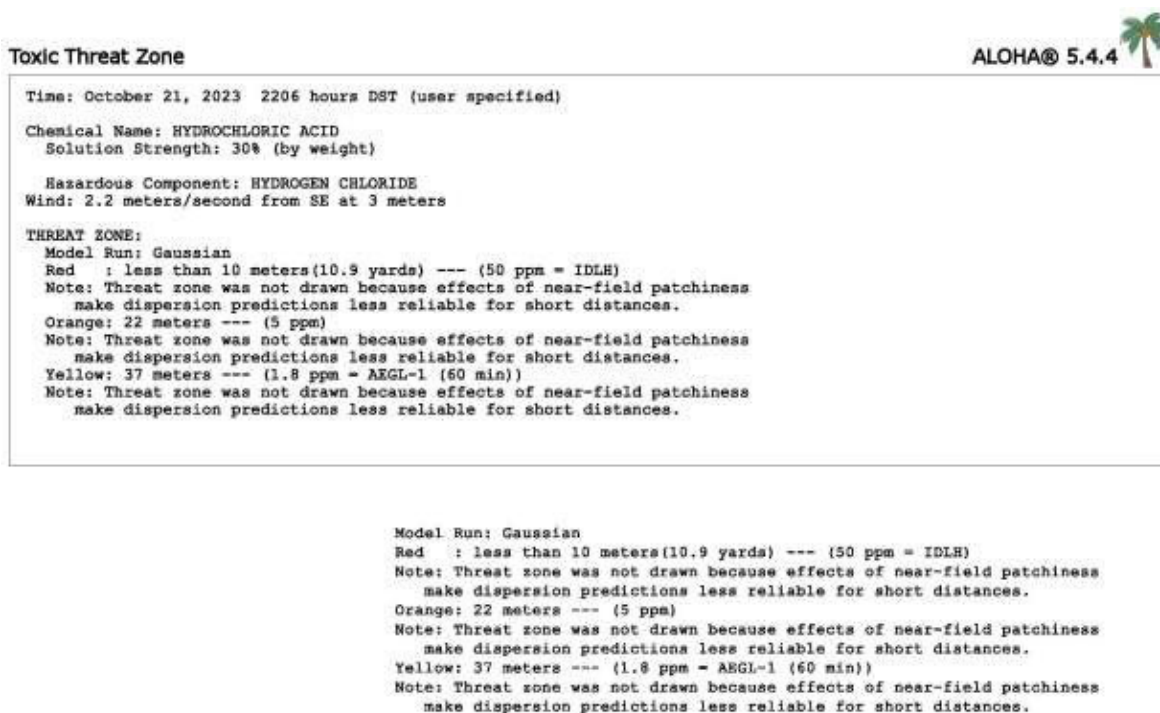


Figura 35 Resultados de simulación fuga de ácido clorhídrico

De acuerdo con los resultados de la modelación, la concentración de 50 ppm (IDLH) correspondiente a la Zona de Alto Riesgo, se localiza a una distancia menor de 10 metros. La concentración de 5 ppm se localiza a una distancia de 22 m en torno al derrame.

Source Strength (Evaporation Rate)

ALOHA® 5.4.4

Time: October 21, 2023 2206 hours DST (user specified)
Chemical Name: HYDROCHLORIC ACID
Solution Strength: 30% (by weight)
Hazardous Component: HYDROGEN CHLORIDE
SOURCE STRENGTH:
Evaporating Puddle
Puddle Area: 3 square meters Puddle Volume: 20 liters
Ground Type: Concrete Ground Temperature: 25° C
Initial Puddle Temperature: Ground temperature
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 33.4 grams/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Hazardous Component Released: 1.17 kilograms

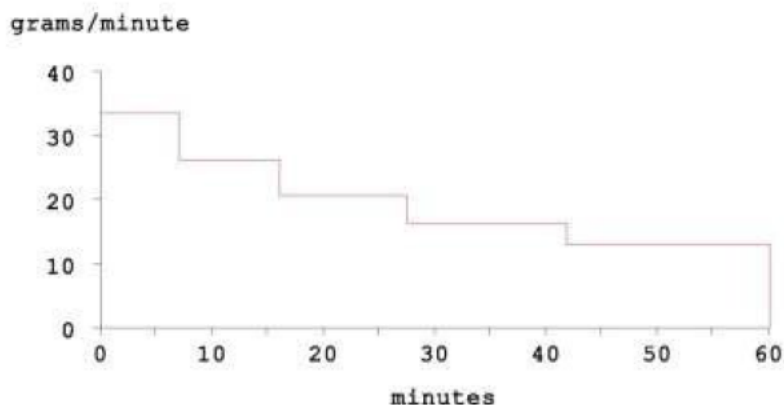


Figura 36 Velocidad de evaporación

En lo que respecta a la velocidad de evaporación del ácido clorhídrico del derrame, en los primeros 5 minutos aproximadamente, se alcanza la mayor evaporación (35 g/min), lo anterior debido a que la cantidad de materia y la superficie del derrame son más pequeños que el caso anterior. Con base en lo anterior, las Zonas de Protección serían las siguientes:

Zonas de Protección para Nodo 2		
Zona	Toxicidad (Concentración)	Distancia
Zona de Alto Riesgo	IDLH	< 10 m
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	22.m

Tabla 61 Zonas de Protección Nodo 2

Los radios de afectación para los eventos analizados se presentan en la siguiente tabla:

Nodo	Sustancia	Evento	Zona de protección	Criterio	Radios (m)
1	Ácido Clorhídrico	Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de 3 bidones de 20 litros en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	Zona de Alto Riesgo	IDLH 50 ppm	< 10 m
			Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅ 5 ppm	38 m
2	Ácido Clorhídrico	Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de un bidón en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	Zona de Alto Riesgo	IDLH 50 ppm	< 10 m
			Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅ 5 ppm	22 m

Tabla 62 Radios de afectación para los eventos analizados

De acuerdo con los resultados obtenidos de la aplicación de los modelos de simulación, se observa que Las afectaciones, tanto para Zona de Alto Riesgo como para Zona de Amortiguamiento, quedan comprendidos dentro de la misma Área 1, es decir, no se tendrían afectaciones a las áreas contiguas ni al entono.

Ver **anexo 8** para más información respecto a los radios de afectación.

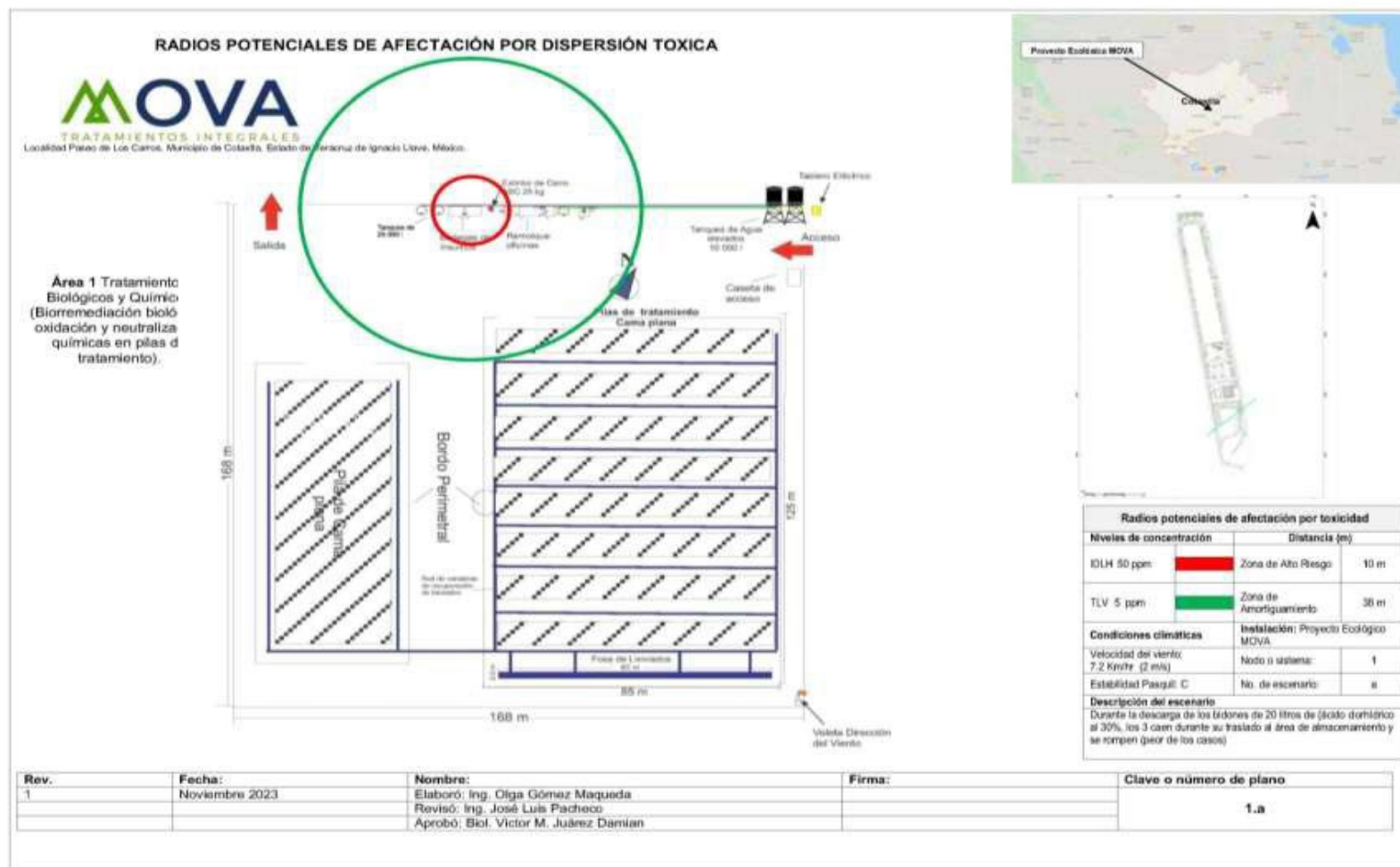


Figura 37 Radios potenciales de afectación por dispersión toxica

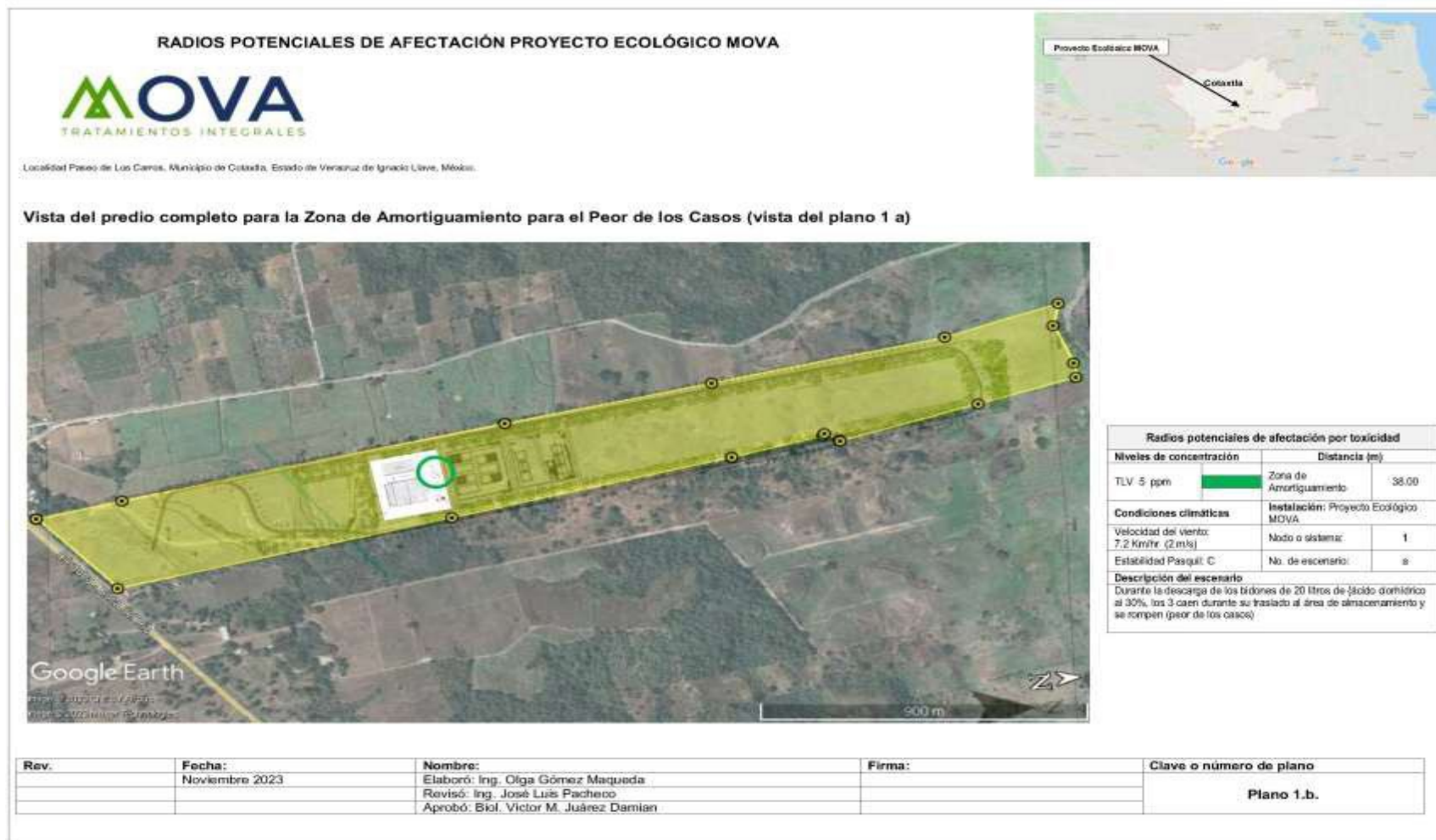


Figura 38 Radios potenciales de afectación proyecto ecológico MOVA

VI.1 Interacciones de Riesgo

Con base en los resultados de la evaluación de los posibles escenarios de riesgo, las posibles interacciones con el entorno, se indica en la siguiente tabla:

Distancia desde el límite del predio	Dirección	Instalación	Interacciones
10 m	Norte	Río Cotaxtla	Los resultados de las modelaciones no indican que el Río Cotaxtla tenga alguna afectación con los eventos evaluados. Sin embargo, el Río Cotaxtla podría causar inundaciones que podrían afectar la Bodega de Insumos.
300 m	Norte y Noroeste	Poblado de Santa Lucía	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
550 m	Noroeste	En poblado Santa Lucía: • Escuela Primaria Rural Prof. Enrique Laubscher • Escuela Preescolar Comunitario Santa Lucía (Las Playas) • Telesecundaria Salvador Días Mirón	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
6 m	Sur	Carretera 150	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
A partir de 50 m	Sur	Campos de cultivo	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
80 m	Sur	Empacadora de Limón (junto a Carretera 150)	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
150 m	Suroeste	Rancho San Carlos (junto a Carretera 150)	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
350 m	Suroeste	Pozo de agua (junto a Carretera 150)	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
450 m	Suroeste	Sobre Carretera 150: • Capilla • Telesecundaria	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
500 m	Suroeste	Granja San Antonio (junto a Carretera 150)	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.
200 m dentro del predio	Norte	Área 3 Desorción Térmica Tanque de Diésel de 10,000 litros	No se tendrá interacción con los eventos evaluados.

Tabla 63 Interacciones de riesgo

VI.2 Efectos Sobre El Sistema Ambiental

Como se observó en los resultados de las simulaciones, las Zonas de Alto Riesgo y Zonas de Amortiguamiento por dispersión Tóxica de ácido clorhídrico quedan dentro del Área 1, lo anterior debido a que, aunque la cantidad de ácido clorhídrico supera la cantidad de reporte (1kg como cloruro de hidrógeno), ésta es una cantidad pequeña: 60 litros como ácido clorhídrico al 30%, lo cual reduce el riesgo de una forma importante.

De lo anterior se puede observar que los eventos de riesgo identificados no tendrán efectos sobre los componentes ambientales del entorno ni sobre los asentamientos humanos.

En lo que respecta a la integridad funcional de los equipos que se localizan en el Área 3 donde se localizarán los equipos para desorción térmica, no se verán afectados ya que éstos se localizarán a una distancia aproximada de 200 m en dirección norte.

VII RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS.

VII.1 Recomendaciones derivadas del Análisis Qué Pasa Si...?

1. Colocar en la Bodega de Insumos Húmedos un Kit para derrames.
2. Capacitar al personal en el manejo del ácido clorhídrico.
3. Colocar un lavaojos en la Bodega de Insumos Húmedos.
4. Colocar en la Bodega de Insumos letreros indicando la prohibición de fumar.
5. Llevar a cabo un programa de mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
6. Capacitar al personal sobre el manejo del ácido clorhídrico.
7. Elaborar procedimientos para el manejo del ácido clorhídrico.
8. Supervisar a los proveedores en el manejo de las sustancias químicas, entre las que se debe incluir el ácido clorhídrico
9. Colocar señalamientos en las áreas donde se almacenará cada sustancia de acuerdo con lo establecido en la NOM-018-STPS-2015, o garantizar que la etiqueta de los recipientes de sustancias químicas, cumplan con la norma.
10. Asignar zonas de almacenamiento dentro de la Bodega de Insumos, considerando la incompatibilidad de las sustancias que se manejarán.
11. Colocar dentro de la Bodega de Insumos, sistemas de contención (charolas, tarimas contenedoras, etc.) que impidan que las sustancias incompatibles entren en contacto.
12. Proporcionar a los trabajadores equipo de protección personal adecuado para el manejo

del ácido clorhídrico, con base en lo establecido en la NOM-017-STPS-2008.

RECOMENDACIONES GENERALES

13. Considerar en el diseño de la obra civil, las medidas necesarias para evitar inundaciones.
14. Instalar una red de tierras y pararrayos, llevar a cabo su mantenimiento y medición, de acuerdo a lo establecido en las normas NOM-001-SEDE-2012 y NOM-022-STPS-2015.
15. Las áreas de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas deberán contar con el equipo contra incendio, un sistema de detección y alarmas para caso de incendio, con base en lo establecido en la NOM-002-STPS vigente.
16. Establecer programas de revisión mensual del equipo contra incendio y equipo de atención a emergencias en general, así como mantenimiento anual.
17. Contar con el estudio para analizar los riesgos potenciales de sustancias químicas peligrosas, conforme a lo establecido en la NOM-005-STPS-1998.
18. Contar con manuales o procedimientos para el manejo de sustancias químicas peligrosas, conforme a lo establecido en la NOM-005-STPS-1998.
19. Poner a disposición del personal las hojas de datos de seguridad, conforme a lo establecido en la NOM-018-STPS-2015.
20. Elaborar, registrar e implementar el Programa Interno de Protección Civil y actualizarlo de acuerdo a lo que establezca la Protección Civil local.
21. Establecer programas de simulacros de acuerdo a los riesgos existentes en la instalación.
22. Capacitar al personal sobre el manejo adecuado de los residuos y sobre el desarrollo adecuado de los procedimientos operativos.
23. Capacitar al personal sobre el manejo adecuado de sustancias peligrosas.
24. Establecer y dar cumplimiento a programas de mantenimiento preventivos de los equipos e instalaciones.
25. Implementar programas de capacitación y entrenamiento para el personal, enfocados a mantener la seguridad de los equipos, los sistemas y de las instalaciones.

VII.2 Sistemas de seguridad

Zonas Vulnerables

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos, en un radio de 1.5 km, el uso de suelo que predomina es agrícola, no se observa industria, zonas comerciales o de alta concentración de personas (Figura 3).

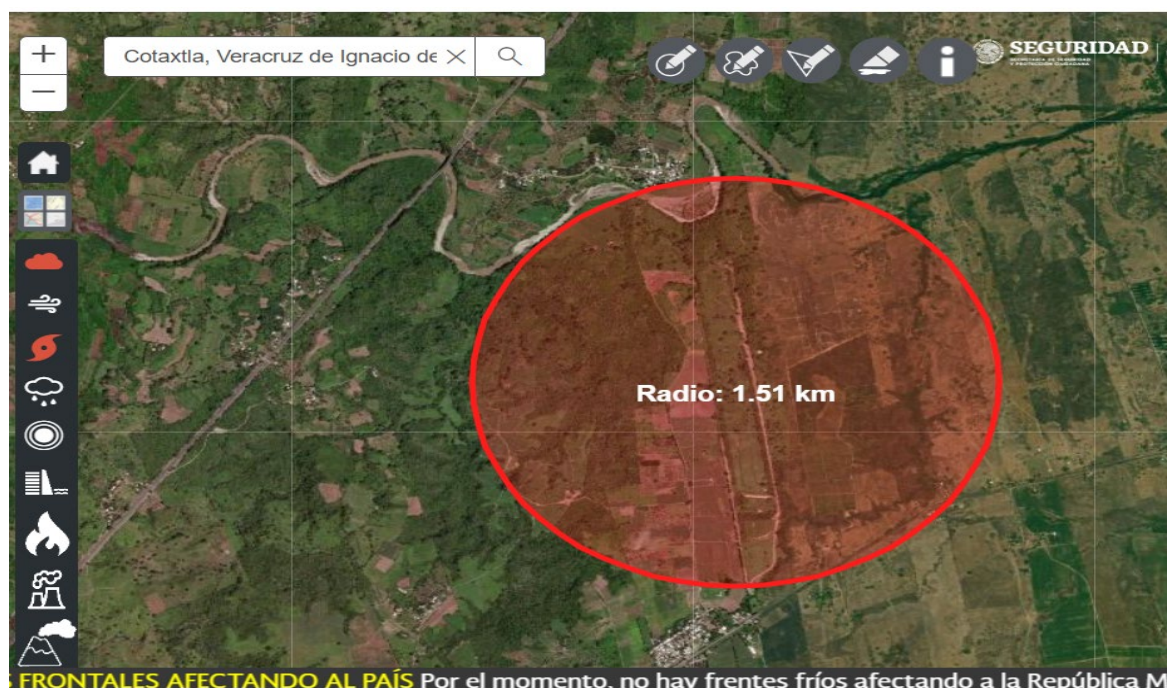


Figura 39 Radio del proyecto.

MEDIDAS DE SEGURIDAD QUE SE TIENE CONSIDERADAS

Previo a la construcción y acondicionamiento de las áreas de trabajo, se tomaron en cuenta para su construcción, las recomendaciones y observaciones que se obtuvieron del estudio Hidrogeológico que se realizó la empresa PHEC Perforaciones de Pozos S.A. de C.V., en el que se recomienda, independientemente de las canaletas que se construirán dentro de cada área de tratamiento, se instalará un drenaje o canaletas según los resultados con respecto a las instalaciones en la cercanía de zonas de inundación, deberán de contar con un sistema de drenajes independiente al drenaje pluvial, de igual forma deberá de tenerse

una red de drenaje diferente para la canalización, contención, neutralización y tratamiento de lixiviados.

Alrededor de las áreas 2 y 3, que son consideradas como las más vulnerables por el tipo de equipos e instalaciones que se encontraran, se construirá un muro perimetral de 1 m de alto para proteger las instalaciones y para desviar alguna crecida de agua de lluvia que pudiera presentarse, en las otras áreas del proyecto, esto además de que, en cada una de estas áreas, se contará con una canaleta y desagüe interior para canalizar alguna posible fuga de lixiviados o productos químicos.

El área 1 por la naturaleza de sus operaciones, desde su construcción como celdas de tratamiento, tendrán un bordo perimetral de 1 a 1.5 m de altura, cubierto con liner para evitar deslave, todo alrededor de la celda de tratamiento, además de las respectivas canaletas y fosa de lixiviados en caso de presentarse estos, esto con la finalidad de desviar el caudal de lluvia que se pudiera presentar en una lluvia torrencial o tormenta.

Las instalaciones, cuyos cimientos se encuentren sobre las tobas consolidadas, serán diseñados considerando las recomendaciones del estudio de mecánica de rocas para su construcción.

Se evitará localizar las instalaciones sobre el cauce del drenaje principal o cauces intermitentes sin las medidas de canalización y/o adecuación de la red de drenaje pertinente. El drenaje interno de las instalaciones del Proyecto Ecológico Mova, considerará un gasto de diseño para un periodo de retorno de 100 años.

Las instalaciones en la cercanía de zonas de inundación contarán con un sistema de drenajes independiente al drenaje pluvial, de igual forma deberá de tenerse una red de drenaje diferente para la canalización, contención, neutralización y tratamiento de lixiviados para cada área de tratamiento. En los sitios donde se almacenen temporalmente residuos peligrosos y/o se puedan generar lixiviados, su superficie estará impermeabilizada, dada la secuencia de materiales permeables y semi-impermeables detectada en el predio.

No se asentarán instalaciones que almacenen temporalmente y/o puedan generarse lixiviados, en las zonas donde se presenta una Vulnerabilidad Acuífera Alta, de acuerdo

con la normalización efectuada para la zona de estudio en particular e identificados en la figura siguiente. Cabe hacer mención que la mayor parte de las instalaciones de acuerdo con los planos presentados se ubicaran en las zonas de baja y moderada vulnerabilidad acuífera.

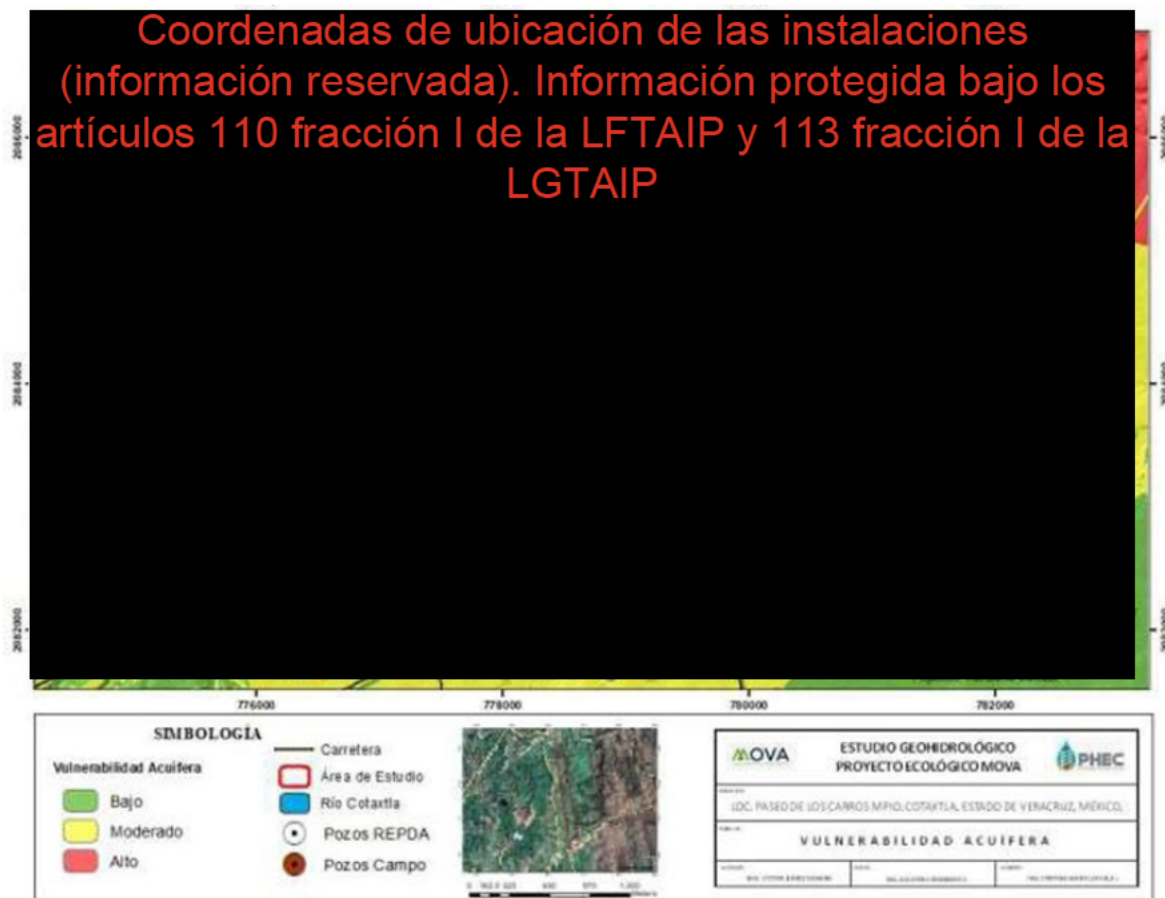


Figura 40 Vulnerabilidad acuífera

Programa de Monitoreo. - Se implementará un programa de monitoreo para la protección de la zona vadosa y acuífero; cuyos objetivos deberán de cumplir entre otros lo siguiente:

- Ser un mecanismo de alerta temprana, que permite controlar, mitigar y eliminar los riesgos,

reduciendo los costos asociados a labores de recuperación y responsabilidades legales.

- Prevenir la emisión de contaminantes al subsuelo.
- Definir focos activos de contaminación y proceder a su Eliminación.
- Detección temprana de procesos de contaminación y conocer la evolución de los contaminantes en el medio.

Establecer Niveles de Aceptación y Establecer medidas de control de conformidad con la legislación aplicable en la materia, cuyos requisitos básicos en cuanto a la información generada será Representatividad, Certidumbre, Confiabilidad y Replicabilidad, para lo cual se desarrollará un procedimiento que dentro de sus acciones a implementar deberá de considerar lo siguiente.

- Construcción de 4 pozos de monitoreo con un diámetro de perforación de 10 pulgadas, ademados con tubería de PVC ced 80 con diámetro interno de 6" cuya profundidad deberá de ser 10 m por debajo del nivel de agua subterránea. Los pozos deberán de ser ranurados en su totalidad con un cedazo de 0.9 mm y un espaciamiento inter-ranura vertical de 1 cm. El espacio anular deberá de ser rellenado con arena sílica de 1/8" a 1/4" pulgada, los primeros 0.5 m deberán de ser cementados y el pozo debe de estar provisto de tapón de fondo. Lo anterior son especificaciones generales en caso de que se decidiese efectuar un diseño particular deberá de recuperarse muestras de la litología cortada a cada 3 m de profundidad y realizar un análisis granulométrico del mismo para efectuar el diseño tanto del filtro como del cedazo.
- Los pozos deberán de ser ubicados, uno en la entrada y uno en la salida del sistema de agua subterráneas (límite sur del predio en acceso e inmediaciones del Rio Cotaxtla, respectivamente), así como aguas arriba y abajo del flujo del agua subterránea con respecto a la zona donde se efectúe el almacenamiento temporal de residuos peligrosos y/o zonas donde se generan lixiviados. Estos pozos deberán de considerar su ubicación en función de la fuente y el receptor, tomando este último como las obras de explotación de aguas subterráneas más cercanas al predio.
- Los pozos una vez instalados deberán de ser desarrollados (acción de remoción de

sedimentos de las ranuras del ademe y acomodo de filtro de grava por tamaño).

- Se efectuará una prueba de bombeo por cada uno de los pozos perforados. La finalidad es obtener los parámetros hidráulicos específicos para cada una de las porciones del sitio, que nos permita evaluar la movilidad del contaminante hacia los receptores, y actualizar el índice de vulnerabilidad acuífera, así como establecer el gasto de operación en caso de necesitar acciones de contención o remediales.

Una vez realizada las acciones anteriores y previo inicio de operaciones, se efectuará una campaña de monitoreo para establecer los niveles de fondo del terreno, esta campaña abarca las determinaciones marcadas en los siguientes puntos.

Para el monitoreo de la fase vadosa, se obtendrán valores del porcentaje del límite inferior de explosividad (%LEL), concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV's) mediante un PID/FID o hidrocarburos en fase volátil por medio de FOC's/GC obtenidos en bolsa Tedlar, esta actividad, cuando es realizada con equipo portátil, deberá de efectuarse diariamente a la misma hora.

Mensualmente se efectuará un perfilaje de C.E. y temperatura. Trimestralmente (Dos por cada una de las temporadas de lluvias-estiaje) se realizará una campaña de muestreo de agua subterránea para la determinación de los siguientes parámetros:

- Hidrocarburos (Hidrocarburos Rango Gasolina – Fracción Ligera, Hidrocarburos Rango Diesel – Fracción Media, Hidrocarburos Fracción Pesada),
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's), Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos (BTEx's), Métil Terbutil Eter (MTBE) y Ter-amil-metil-éter (TAME)
- NOM-127-SSA1-1994 completa, así como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Sr^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- y Br.

Anualmente la campaña de muestreo de agua subterránea además de contemplar los pozos de monitoreo deberá de contemplar los pozos PC2, PC8 y PC11. En caso de que se observe un incremento en 2 campañas consecutivas en las concentraciones de los

compuestos orgánicos volátiles (COV's) y/o hidrocarburos volátiles, deberá:

- Revisar la hermeticidad del contenedor de los pozos de monitoreo, así como sus tapas, para descartar la infiltración superficial de fluidos.
- Revisar la no presencia de residuos peligrosos en drenajes
- Efectuar una auditoria al sistema de drenaje para establecer su correcto funcionamiento y
- Realizar el purgado de los pozos de monitoreo

Si los valores de COV's y/o Hidrocarburos Volátiles una vez realizadas estas acciones continúan aumentando deberán de efectuarse las siguientes medidas de seguridad:

- Realizar un muestreo y aforo de la descarga de aguas residuales y lixiviados producidos, tanto en su descarga final como en su entrada al sistema, para identificar cambios en la concentración de la misma.
- Efectuar una campaña de perfilaje en los pozos de monitoreo y aledaños.
- Realizar una auditoría al procedimiento de recepción y manejo de residuos, para descartar cualquier vicio en operación.

Si una vez efectuado lo anterior las concentraciones continuaran aumentando se deberá:

- Equipar los pozos de monitoreo y trabajar de forma continua al gasto de operación establecido previamente a través de las pruebas de bombeo, cuya finalidad será establecer una barrera hidráulica, que impida la afectación a zonas colindantes.
- El agua tratada deberá de ser conducida al drenaje de lixiviados para su posterior tratamiento.
- Deberá de Verificarse la hermeticidad de los pisos del sitio de almacenamiento temporal de residuos, así como del sistema de drenajes y tratamiento de lixiviados, corrigiendo cualquier falla en los mismos.

Se efectuará una campaña de muestreo de aguas subterránea donde se obtendrán todos los parámetros indicadores.

Una vez reconocida la anomalía que genere dicho comportamiento deberá de efectuarse lo siguiente:

- Campaña de prospección indirecta a través del Georadar, con especial interés en la identificación de discontinuidades estructurales y anomalías de impedancia que pudiesen estar relacionadas con contaminantes.
- Realizar un estudio de Caracterización para determinar la evaluación de la zona contaminada, así como su interrelación con el acuífero y las medidas de remediales pertinentes.

Equipo para la atención a emergencias

Maquinaria y Equipo. - A continuación, se presenta la relación de maquinaria y equipo que se tendrá disponible para la atención a contingencias.

- Camión Pipa, unidad de presión y vacío, 22 m³ de capacidad, Marca Kenworth 2 unidades (Rentadas, con opción a compra)
- Camión Internacional 4300-195, modelo 2003, equipado con grúa articulada (Hiab), marca con capacidad de 13.75 Ton, 1 unidad. Equipos rentados con opción a compra.
- Retroexcavadora Jumbo 3964 de $\frac{3}{4}$, modelo 1986, 1 unidad. Equipos rentados con opción a compra.
- Retroexcavadora Popclain Modelo LC-80, 1 unidad. Equipos rentados con opción a compra.
- Retroexcavadora Caterpillar Modelo 320-B, modelo 2004, 2 unidades. Equipos rentados con opción a compra.
- Camioneta 3 Toneladas, 2 unidades. Equipos rentados con opción a compra.
- Camioneta 1 Tonelada, 1 unidad. Equipo Propio.
- Automóvil compacto, 2 unidades. Equipo Propio.

- Bomba de doble diafragma autónoma, 2 unidades. Equipo Propio.
- Bomba de doble diafragma neumática, 2 unidades. Equipo Propio.
- Compresor, 2 unidades. Equipo Rentado con opción a compra.
- Torre de iluminación, 1 unidad. Equipo Propio.
- Lancha de 18 y 21 pies, 2 unidades. Equipo Propio.
- Barrera contenedora para derrames, 200 mts lineales.
- Cordón oleofílico, 400 m lineales.
- Musgo absorbente, 3 toneladas.
- Herramienta manual, 2 lotes.
- Casa de campaña, 2 unidades.
- Mesa de trabajo portátil, 6 piezas.

Material absorbente. - Musgo, aserrín, o cualquier otro material absorbente disponible en la zona. El material absorbente utilizado deberá ser almacenado en recipientes cerrados y etiquetados para su envío a disposición final.

Tambos de 200 litros. - Con tapa y engargolado, limpios y bolsas de plástico y porrones de 20 litros en las mismas condiciones, en número suficiente para contener lo derramado.

Radios bidireccionales. - Servicio público de telefonía celular o radios bidireccionales. Cada brigada de trabajo de TRATAMIENTOS INTEGRALES MV S.A. DE C.V. presente en los sitios de tratamiento de suelos y lodos cuenta con al menos dos de este tipo.

Extintores químicos de polvo seco. - En cada sitio de trabajo se tienen al menos dos extintores de este tipo, siempre disponibles en lugares estratégicos. Uno al menos junto al almacén de materiales peligrosos y reactivos.

Directorio actualizado local de servicios de emergencia. - Bomberos, Protección Civil, Seguridad Pública, Servicios Municipales y Estatales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales estatal, Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Centro Nacional de Prevención de Desastres, SETIQ, ANIQ, etc.

Agua. - Para servicios y formulación se tiene un suministro constante de agua. En los sitios

de trabajo se tiene un tanque de 20,000 litros de agua, y los equipos e implementos para su dosificación.

Arena. - Del banco de material más cercano, en caso de estar disponible.

Botiquín.- Botiquín médico completo de primeros auxilios.

Los recursos humanos asignados para estas labores son los siguientes:

- Ingeniero residente (responsable del proyecto).
- Dos técnicos auxiliares.
- Personal de apoyo brigadistas y personal local.

Capacitación

Programa de capacitación del personal involucrado en el tratamiento de los diversos residuos a recibir en la planta:

Personal	Tipo de curso	Periodicidad
Administrativos	Procedimientos administrativos.	Al inicio de operaciones de la empresa
	Normatividad vigente	En caso de cambios en las normas o leyes
	Gestoría ambiental	Al inicio de operaciones de la empresa
Personal Técnico	Normatividad vigente	En caso de cambios en las normas o leyes
	Tecnologías utilizadas por la empresa	Al inicio de operaciones de la empresa
	Primeros auxilios, atención contraincendios	Al inicio de operaciones de la empresa
	Manejo de emergencias ambientales	Al inicio de operaciones de la empresa
	Operación de equipos utilizados en la ejecución de los proyectos de remediación	Al inicio de operaciones de la empresa
	Capacitación técnica sobre el manejo de equipos específicos.	Adquisición de equipos especializados

Tabla 64 Cursos de capacitación para el personal

Cada una de las distintas áreas de los procesos sus propios programas de capacitación sobre procedimientos ante contingencias y seguridad industrial, y además se manejará uno general para toda la planta, al cual el personal de la compañía acudirá oportunamente a dichas capacitaciones. Los temas antes mencionados serán complementados con los que

se tomarán con una empresa especializada en impartir estos cursos de capacitación, estos serán tomados por el responsable técnico de la empresa y al menos 2 intendentes de la planta para cada área.

Este personal a su vez se encargará de transmitir la capacitación correspondiente al personal que vaya a laborar en cada una de las áreas, para reforzar la tecnología que se utilizará, así como la logística de los procedimientos para llevar a cabo esta.

Operación de equipos especializados.

Además de la capacitación de temas ambientales, primeros auxilios y atención a contingencias, se dará una capacitación especial al personal operativo de los distintos sistemas de tratamiento.

Los proveedores de cada uno de los equipos darán capacitación y asesoría en la operación de equipos como Incinerador, equipo de pirolisis y Equipo de desorción térmica.

Además de la operación y manejo de maquinaria pesada utilizadas en el tratamiento de diversos residuos, se capacitará al personal para el manejo de manuales o procedimientos para el manejo de sustancias químicas peligrosas.

VII.3 Medidas Preventivas

En la etapa en que se encuentra el Proyecto Ecológico MOVA, se tienen consideradas las siguientes medidas preventivas, las cuales se adecuarán una vez que inicie la operación del proyecto.

- Procedimientos para atención a emergencias (plan de contingencias)
- Programas de mantenimiento
- Programas de simulacros
- Programas de capacitación
- Pláticas de seguridad al personal
- Botiquín de primeros auxilios
- Kit contra derrames

Ver **anexo 9** para más información respecto al programa de mantenimiento, capacitación y simulacros.

SISTEMA CONTRA-INCENDIO

Las instalaciones del Proyecto Ecológico MOVA, contará con extintores distribuidos en las diferentes áreas:

Cantidad	Tipo	Capacidad	Ubicación	Área
1	ABC	Carretilla 25 Kg	Junto a remolque de oficina	Área 1
1	ABC	4.5 Kg	Caseta de vigilancia	Área 2
1	ABC	Carretilla 25 Kg	Junto a remolque de oficina	Área 3
2	ABC	Carretilla 25 Kg	Horno de pirolisis	Área 3
2	ABC	Carretilla 25 Kg	Horno de desorción térmica	Área 3
2	ABC	Carretilla 25 Kg	Horno de incineración	Área 3

Tabla 65 Equipos contra incendio

Ver Anexo 3 Planos Equipo de Emergencia

El equipo de extinción portátil se encontrará apropiadamente señalizado conforme lo establece la NOM-026-STPS-1998 "Colores y Señales de Seguridad Industrial, e Identificación de Riesgos por Fluidos conducidos en Tuberías", y cumple con los requerimientos marcados en la NOM-002-STPS-2010 "Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo".

Mensualmente se llevarán a cabo inspecciones a las condiciones físicas y de seguridad para los extintores a fin de garantizar su permanente servicio realizado por personal capacitado para tal efecto. La revisión de los extintores es visual y comprende:

- Que se encuentren en la ubicación;
- Que su ubicación sea en lugares visibles, de fácil acceso y libres de obstáculos;
- Que se encuentren señalizados, de conformidad con lo que establece la NOM-026-STPS-2008 o la NOM-003-SEGOB-2002, o las que las sustituyan;
- Que cuenten con el sello o fleje de garantía sin violar;

- e) Que la aguja del manómetro indique la presión en la zona verde (operable), en el caso de extintores cuyo recipiente esté presurizado permanentemente;
- f) Que mantengan la capacidad nominal indicada por el fabricante en la etiqueta, en el caso de extintores con bióxido de carbono como agente extintor;
- g) Que no hayan sido activados, de acuerdo con el dispositivo que el fabricante incluya en el extintor para detectar su activación, en el caso de extintores que contengan como agente extintor polvo químico seco, y que se presurizan al momento de operarlos, por medio de gas.

VIII CONCLUSIONES

Las actividades de identificación de peligros y análisis de riesgos de proceso se desarrollaron con base en las Leyes y Normas Oficiales Mexicanas en la materia, aplicando metodologías cualitativas y cuantitativas reconocidas y con validez internacional, utilizando para ello herramientas computacionales con software especializado para la simulación.

La integración del Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER) se logró con la participación y aportación técnica de cada uno de sus integrantes, lo que fortaleció el proceso de identificación y análisis de peligros y riesgos.

Se desarrolló el Análisis de Riesgos de Procesos (ARP) cualitativo, mediante la metodología ¿Qué pasa si? (What-If), para lo cual se realizó una visita a los sitios en los que se ejecutará el proyecto bajo análisis y para este análisis se aplicó la herramienta computacional Aloha y la Guía para la elaboración del Análisis de Riesgos para el Sector Hidrocarburos, elaborado por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).

Durante la aplicación de la Técnica What if?, ¿Qué pasa si?, se analizaron 2 Nodos y se propusieron un total de 25 recomendaciones. Las recomendaciones emitidas por el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos (GMAER), se fundamentan en la normatividad actual, enfocadas en las buenas prácticas de ingeniería y a la disminución del peligro durante el desarrollo del proyecto.

Cualquier cambio en la documentación y equipos que forman parte de lo programado

deberá ser analizada en todos aquellos rubros en los cuales puede impactar u ocasionar un riesgo adicional a los ya analizados en el presente estudio.

Asegurar el monitoreo constante de variables de operación especialmente cuando se trabaje por largos periodos de tiempo o por largos periodos de paro, para efectuar las acciones oportunas incluidas en los procedimientos operativos respectivos.

Señalar Las Conclusiones Del Estudio

De la aplicación del Análisis What If? (Qué pasa sí?) para el Proyecto Ecológico MOVA, del total de los eventos analizados se obtuvieron los siguientes resultados:

- 50% Se encuentran en la Zona de Riesgo Aceptable con Controles "ALARP" (Tipo C)
- 25% Se encuentra en la Zona de Riesgo Indeseable (Tipo B)
- 25% Se encuentra en la Zona de Riesgo Tolerable (Tipo D)

Considerando lo anterior y los resultados del Análisis What If?, se evaluaron los siguientes escenarios que pueden presentarse por diferentes causas:

Evento	Descripción del evento
Daño máximo probable	Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1
Daño máximo catastrófico	Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1

Tabla 66 Descripción de eventos

Los resultados de las modelaciones se indican en la siguiente tabla:

Nodo	Sustancia	Evento	Zona de protección	Criterio	Radios (m)
1	Ácido Clorhídrico	Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de 3 bidones de 20 litros en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	Zona de Alto Riesgo	IDLH 50 ppm	< 10 m
			Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅ 5 ppm	38 m
2	Ácido Clorhídrico	Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de un bidón en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	Zona de Alto Riesgo	IDLH 50 ppm	< 10 m
			Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅ 5 ppm	22 m

Tabla 67 Radios de afectación para los eventos analizados

De acuerdo con los resultados obtenidos de la aplicación de los modelos de simulación, se observa que los radios de afectación quedan, tanto para Zona de Alto Riesgo como para

Zona de Amortiguamiento, quedan comprendidos dentro de la misma Área 1, es decir, no se tendrían afectaciones a las áreas contiguas ni al entono.

Con base en las características del proyecto, los resultados de las simulaciones y el alcance de los eventos, así como las medidas de seguridad que se tienen consideradas, se puede concluir que el “Proyecto Ecológico MOVA” es factible desde el punto de vista de riesgo ambiental, siempre y cuando se lleve a cabo el proyecto como fue descrito y se implementen las recomendaciones derivadas del análisis que permitan administrar dichos riesgos.

RESUMEN EJECUTIVO

El “Proyecto Ecológico MOVA” de Tratamientos Integrales MV, S.A. de C.V., se construyó en la localidad de Paseo de Los Carros, Municipio de Cotaxtla, Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, México, limitando al norte con el Río Cotaxtla, al sur con la Carretera 150 Boca del Río – Córdoba, al este con terrenos agrícolas y lotes baldíos, y al oeste con terrenos agrícolas. El objetivo es establecer un complejo industrial que brinde servicios a diversos sectores que generen residuos peligrosos o industriales que requieran tratamiento o manejo especial. El proyecto constará de tres áreas diferenciadas según el tipo de residuos que recibirán y los tratamientos que se aplicarán a los mismos.

En la región se generan grandes cantidades de residuos peligrosos derivados de actividades petroleras, como fondos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, suelos contaminados, residuos sedimentados en cárcamos y cunetas, y lodos aceitosos o con hidrocarburo emulsionado. Estos residuos provienen de procesos de exploración, producción, refinación y petroquímica, y exceden los límites establecidos por normativas ambientales. Se generan principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche. El proyecto busca ofrecer un servicio integral para tratar, recuperar, reutilizar, reciclar y optimizar estos recursos, contribuyendo a una gestión adecuada de estos materiales peligrosos. El Área 1 estará destinada a los tratamientos biológicos y químicos, incluyendo procesos de biorremediación, oxidación y neutralización en pilas de tratamiento.

El área 2 fungirá como almacén temporal o área de recepción y de residuos y materiales a tratar. Por último, el Área 3 se dedicará a los tratamientos térmicos, como la desorción térmica, para gestionar de manera integral los residuos peligrosos.

Las sustancias por utilizar en el proceso (como el ácido clorhídrico) condicionan el proyecto como Actividad Altamente Riesgosa. Paralelamente, el diésel no se encuentra considerada en el "Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas", tampoco encaja en las características de sustancias mencionadas en el artículo 4° sección VIII y IX del mencionado listado debido a que presenta una temperatura de inflamación mayor a 45. La inversión estimada para el proyecto en general, incluyendo todos los estudios y análisis previos a la adquisición del terreno, así como la planificación de los distintos procesos que se pretenden instalar, \$86,955,000.00 (Ochenta y seis millones novecientos cincuenta y cinco mil pesos 00/100 M.N.).

Etapas	Monto Estimado \$ M.N
Operación y Mantenimiento.	57,765,000.00
Medidas de mitigación	29,190,000.00
Total:	86,955,000.00

VIII.1 Señalar Las Conclusiones Del Estudio

De la aplicación del Análisis What If? (Qué pasa si?) para el Proyecto Ecológico MOVA, del total de los eventos analizados se obtuvieron los siguientes resultados:

- 50% Se encuentran en la Zona de Riesgo Aceptable con Controles "ALARP" (Tipo C)
- 25% Se encuentra en la Zona de Riesgo Indeseable (Tipo B)
- 25% Se encuentra en la Zona de Riesgo Tolerable (Tipo D)

Considerando lo anterior y los resultados del Análisis What If?, se evaluaron los siguientes escenarios que pueden presentarse por diferentes causas:

Evento	Descripción del evento
Daño máximo probable	Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1
Daño máximo catastrófico	Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1

Tabla 68 Descripción de eventos

Los resultados de las modelaciones se indican en la siguiente tabla:

Nodo	Sustancia	Evento	Zona de protección	Criterio	Radios (m)
1	Ácido Clorhídrico	Derrame de 60 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de 3 bidones de 20 litros en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	Zona de Alto Riesgo	IDLH 50 ppm	< 10 m
			Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅ 5 ppm	38 m
2	Ácido Clorhídrico	Derrame de 20 litros de ácido clorhídrico al 30% por la ruptura de un bidón en la Bodega de Insumos Húmedos del Área 1	Zona de Alto Riesgo	IDLH 50 ppm	< 10 m
			Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅ 5 ppm	22 m

Tabla 69 Radios de afectación para los eventos analizados

De acuerdo con los resultados obtenidos de la aplicación de los modelos de simulación, se observa que los radios de afectación quedan, tanto para Zona de Alto Riesgo como para Zona de Amortiguamiento, quedan comprendidos dentro de la misma Área 1, es decir, no se tendrían afectaciones a las áreas contiguas ni al entono.

Con base en las características del proyecto, los resultados de las simulaciones y el alcance de los eventos, así como las medidas de seguridad que se tienen consideradas, se puede concluir que el “**Proyecto Ecológico MOVA**” es factible desde el punto de vista de riesgo ambiental, siempre y cuando se lleve a cabo el proyecto como fue descrito y se implementen las recomendaciones derivadas del análisis.

VIII.2 Resumen De La Situación General Que Presenta El Proyecto En Materia De Riesgo Ambiental

Ver anexo 10

VIII.3 Informe Técnico

Ver anexo 11