

ARDUED, S.A. DE C.V.

ESTUDIO DE CARACTERIZACION Y PROPUESTA DE REMEDIACION

DERRAME DE APROXIMADAMENTE 31,490 LITROS DE DIESEL, OCURRIDO EN EL SITIO IDENTIFICADO COMO KM. 144 + 700 DE LA CARRETERA (2690) TOLUCA – CD. ALTAMIRANO, TRAMO TEMASCALTEPEC – CD. ALTAMIRANO, MUNICIPIO DE TEJUPILCO, ESTADO DE MÉXICO.

ELABORADO POR EL RESPONSABLE TECNICO:
ECOLOGIA 2000, S.A. DE C.V.

AGOSTO / 2019

ARDUED, S.A. DE C.V.

PROPUESTA DE REMEDIACION

CONTENIDO:

- Técnica de remediación propuesta (pág 1).
- Herramientas utilizadas en la remediación (pág 3).
- Niveles de limpieza propuestos (pág 9).
- Método de evaluación (pág 9).
- Procedimiento de remediación (pág 9).
- Plan de monitoreo en el sitio (pág 16).
- Plan de muestreo final comprobatorio propuesto (pág 18).
- Programa calendarizado (pág 31).



ecología 2000[®]

PROPUESTA DE REMEDIACION

PROCEDIMIENTO Y PROPUESTA PARA REMEDIAR EL SUELO CONTAMINADO

LOS HECHOS O RAZONES QUE DAN MOTIVO A LA PETICION.

Debido a la ocurrencia de un derrame accidental de diésel sobre suelo natural, con la finalidad de degradar el contaminante a niveles aceptables por la autoridad ambiental, se solicita la aprobación de la presente propuesta de remediación.

Área de suelo en estudio aproximadamente: _____ 207.00 m²

Volumen de suelo contaminado: _____ 285.30 m³

Las técnicas o procesos de remediación a aplicar, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 143 Fracción I, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

LA TÉCNICA DE REMEDIACIÓN QUE UTILIZAREMOS PARA CON ESTE SUELO CONTAMINADO SERÁ BIOREMEDIACIÓN POR LANDFARMING A UN LADO DEL SITIO CONTAMINADO.

Las actividades a realizar durante la remediación ambiental del suelo contaminado con diésel, será mediante "bioremediación on situ", en esta ocasión por ser diésel, el tratamiento biológico puede realizarse "on situ" debido a que se extrae el suelo contaminado y se coloca sobre una celda de tratamiento, por lo tanto la técnica seleccionada se denomina **BIOREMEDIACION POR LANDFARMING A UN LADO DEL SITIO CONTAMINADO** para la dosificación de bacteria biodegradante en toda la cama de tratamiento y recolección de los lixiviados para su recirculación.

BIOREMEDIACIÓN "ON SITU"

Este tipo de tratamiento requiere de la excavación del suelo contaminado para ser tratado a un lado del sitio contaminado.

La bioremediación es el proceso de tratamiento que usa microorganismos naturales (levaduras, hongos, bacterias) para degradar sustancias peligrosas en productos menos tóxicos o sustancias no tóxicas. Los microorganismos como los seres humanos comen y digieren sustancias orgánicas para obtener nutrientes y energía. En términos químicos, los compuestos orgánicos son aquellos que contienen átomos de hidrógeno y carbono. Ciertos organismos pueden digerir sustancias como combustibles o solventes que son peligrosos para los seres humanos. Los microorganismos transforman los contaminantes orgánicos en productos no peligrosos – principalmente en bióxido de carbono y agua –. Una vez que el contaminante ha sido degradado, la población microbiana empieza a descender debido a que carece de su fuente de alimento.

Los microorganismos muertos o una pequeña población con la ausencia de comida no presentan riesgo alguno.

En el proceso biológico propuesto, el rol principal lo desempeñan los microorganismos, pero estos necesitan un medio adecuado para poder sobrevivir, desarrollarse y cumplir su función, que es la de degradar los hidrocarburos presentes en el sitio en el cual habitan, por lo cual, para obtener este medio se deben adicionar agentes externos que proporcionen las condiciones necesarias.

Para que la bioremediación proporcione los resultados esperados es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:



PROPUESTA DE REMEDIACION

- Aireación
- Incorporación de nutrientes
- Inoculación

AIREACIÓN Y HUMIDIFICACION

La aireación consiste en permitir el contacto del aire con el suelo contaminado, pero preferentemente con los microorganismos degradadores, ya que el medio aerobio permite su desarrollo en forma óptima, esta actividad prepara el suelo para la adición y adecuada impregnación de los nutrientes y de la bacteria, además, la degradación realizada por los microorganismos es una actividad estrictamente aerobia, lo cual significa que requiere oxígeno para su adecuado funcionamiento, condiciones anaerobias inhiben considerablemente su desarrollo y actividad.

La humidificación del suelo permite la subsistencia de la bacteria y su actividad degradante. La falta de humedad puede originar inactividad.

OXIGENO: Por lo menos debe de existir de 3 a 4 ppm.

HUMEDAD: Se requiere entre el 40 y 60%.

INCORPORACIÓN DE NITRIENTES

Para lograr un medio adecuado para el buen funcionamiento y desarrollo de la bacteria, se requiere de una preparación previa del terreno mediante la incorporación de nutrientes.

NUTRIENTES

Los nutrientes son principalmente nitratos que sirven para el desarrollo adecuado de la bacteria y son esenciales en la preparación para la inoculación, los nutrientes que servirán de preparación para la inoculación de la bacteria.

NUTRIENTES: Nitrógeno, fosforo (suficiente para estimular la bacteria).

Los nutrientes se dosifican por medio de los compuestos:

GROFOL L, HUMITRON 60 S Y LOBI 44

INOCULACIÓN

Esta actividad representa la parte sustantiva de la biorremediación, ya que consiste en la adición de microorganismos al suelo contaminado y previamente preparado con los nutrientes.

La cantidad de bacteria a dosificar contendida en el compuesto Abr Biotrack Dol así como los nutrientes se determinan en base a los resultados de laboratorio del muestreo inicial.

ABR BIOTRACK DOL

Compuesto orgánico que contiene por cada galón de Abr Biotrack Dol una flora bacteriana de 7.6×10^9 colonias de bacterias degradadoras de hidrocarburos.

El compuesto y la bacteria pseudomona que aquí presentamos (Abr Biotrack Dol), también depende, aunque poco significativamente de la temperatura del área donde se va a incorporar.

TEMPERATURA: El rango óptimo para obtener buenos resultados se encuentra entre 17 y 24 °C.

Este compuesto trabaja con normalidad a temperaturas que pueden oscilar entre los 5 y 45° C. aunque alcanza a desarrollar los mejores resultados de 17 a 24° C.



PROPUESTA DE REMEDIACION

El éxito logrado en las biorremediaciones de suelos contaminados, se avalan con los resultados obtenidos en las múltiples remediaciones realizadas.

*La descripción del equipo a emplear en la remediación, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción III**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPO QUE USAREMOS PARA LA REMEDIACION DEL SUELO CONTAMINADO SE MENCIONA A CONTINUACION

- | | |
|--|------------------------|
| ➤ Retroexcavadora | ➤ Hielera |
| ➤ Tractor con arado | ➤ Cámara fotográfica |
| ➤ Equipo de análisis de campo petroflag | ➤ Calculadora |
| ➤ Potenciómetro de campo | ➤ Franelas |
| ➤ Equipo de perforación manual de 4" Ø | ➤ Mascarillas |
| ➤ Equipo Kelway HB-2 para Humedad y pH | ➤ Guantes |
| ➤ Bomba mochila | ➤ Botas de hule |
| ➤ Geoposicionador | ➤ Espátulas |
| ➤ Frascos de vidrio boca ancha | ➤ Palas |
| ➤ Membrana de polietileno de alta densidad | ➤ Picos |
| ➤ Etiquetas | ➤ Azadones |
| ➤ Termómetro digital | ➤ Cinta métrica |
| ➤ Anemómetro | ➤ Garrafas, botes |
| ➤ Marcador | ➤ Tambos de 200 litros |
| ➤ Brújula | |

*La descripción de los parámetros de control del equipo a emplear, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción III**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

Los parámetros de control son los que se indicaron al momento de llevar a cabo el trámite para la obtención de nuestra Autorización para el Tratamiento de Suelos Contaminados, siendo los siguientes:

PARÁMETROS DE CONTROL DEL EQUIPO A EMPLEAR:

- Retroexcavadora.

Se verifica que la maquina se encuentre en condiciones óptimas de funcionamiento, checando que:

- El vehículo cuente con diésel suficiente en el tanque.
- Que el motor cuente con aceite suficiente y necesario para el correcto funcionamiento.
- Que la retroexcavadora tenga los servicios de mantenimiento adecuados.
- Verificar que el sistema de escape este correctamente funcional.
- Revisar que las partes mecánicas estén perfectamente engrasadas.
- Verificar la funcionalidad de los sistemas eléctricos y mecánicos del vehículo.
- Revisar que las llantas estén en buenas condiciones y tengan la presión adecuada.
- Que el operador esté debidamente capacitado para el manejo de la maquinaria.

- Tractor con arado.



PROPUESTA DE REMEDIACION

Se verifica que el tractor que arrastra el arado se encuentre en condiciones óptimas de funcionamiento, checando que:

- El tractor cuente con diésel suficiente en el tanque.
 - Que el motor cuente con aceite suficiente y necesario para el correcto funcionamiento.
 - Que el tractor tenga los servicios de mantenimiento adecuados.
 - Verificar que el sistema de escape este correctamente funcional.
 - Revisar que las partes mecánicas estén perfectamente engrasadas.
 - Verificar la funcionalidad de los sistemas eléctricos y mecánicos del tractor.
 - Revisar que las llantas estén en buenas condiciones y tengan la presión adecuada.
 - Que el operador esté debidamente capacitado para el manejo del tractor.
 - Checar que el arado se encuentre en buenas condiciones de funcionamiento.
- Equipo analizador de Hidrocarburos en campo Petroflag.

Se prepara la calibración con reactivos (blanco de calibración y estándar) de la siguiente forma:

- a. Se identifican dos tubos de ensayo, uno como "Blanco" y otro como "Estándar".
 - i) Al tubo identificado como "Blanco", se le agrega el solvente de extracción (extraction solvent).
 - ii) Al tubo identificado como "Estándar", se le agrega el estándar de calibración (calibration standar).
 - iii) Enseguida se procesan el blanco y el estándar de igual manera que las muestras de suelo como se indica a continuación.
- b. La preparación de las muestras a analizar se lleva a cabo de la siguiente manera:
 - i) Se identifican los tubos de ensayo como muestra 1, muestra 2, hasta completar la cantidad de muestras a analizar.
 - ii) Se preparan los viales de vidrio con capacidad de 6 ml (que contienen liquido transparente), identificando claramente cada uno (no escribir en el vidrio del vial, ya que puede interferir en las lecturas, a partir de este paso se incluyen el blanco y el estándar).
 - iii) Se agregan 10 gramos (± 0.1 gramo) de muestra a los tubos identificados como muestra 1, muestra 2, hasta la cantidad de muestras requeridas, (si se desea realizar la calibración con suelo, se agregan 10 gramos de suelo limpio a cada uno de los tubos blanco y estándar, si no se tiene la certeza de que el suelo sea limpio, se puede llevar a cabo la calibración sin muestra de suelo).
 - iv) Se agrega el líquido del vial de solvente de extracción (extraction solvent) al primer tubo de ensayo (y a cada uno de los tubos restantes, el solvente debe mojar todo el suelo), se inicia el reloj en 5 minutos y se agita por 15 segundos.
 - v) Agitar los tubos intermitentemente durante los primeros cuatro minutos.
 - vi) Dejar reposar el último minuto.



PROPUESTA DE REMEDIACION

- vii) Verificar que el disco de la jeringa, este apretado y remover la tapa del vial de 6 ml.
- viii) Transferir contenido del solvente en fase libre del tubo de ensayo, a la jeringa (por la parte superior o boca, evitando que entre suelo a la jeringa porque puede tapar el filtro).
- ix) Descartar las primeras gotas del filtro a un contenedor de desechos.
- x) Filtrar el solvente al vial de 6 ml en forma de goteo hasta el nivel de menisco del cuello del vial.
- xi) Agitar vial por 10 segundos.
- xii) Iniciar el reloj con 10 minutos y proceder a la siguiente muestra.
- xiii) Si el medidor está apagado, prenderlo presionando "READ/ON" y calibrar (opcional).
- xiv) Después de los 10 minutos colocar el vial en el PetroFlag (asegurarse que el vial está limpio).
- xv) Tomar la lectura en el equipo PetroFlag, presionado "READ/ON" (no dejar viales por más de 20 minutos sin tomar lecturas).

- Potenciómetro de Campo.

El potenciómetro de campo cuenta con un sistema de calibración de dos puntos, siendo el punto uno para realizar el ajuste de la calibración para pH 7.0 y el punto dos para ajustar la calibración para un pH de 4.0 ó pH de 10.0 y se realizara de la siguiente forma:

- 1) Se utiliza la solución reguladora de referencia de pH 7.0.
- 2) Se enjuaga el electrodo del potenciómetro de campo con agua desionizada y con cuidado se seca con papel secante cuidando de no dañar el electrodo.
- 3) En un frasco nuevo de vidrio de boca ancha de 125 ml, se colocan 50 ml de solución reguladora de pH 7.0.
- 4) Posteriormente se introduce el electrodo del potenciómetro de campo en la solución reguladora de pH 7.0, se deja hasta que la lectura del pH se estabilice, en caso de que la lectura sea diferente de 7.0, en el punto uno de calibración, se ajusta hasta obtener una lectura estable de pH 7.0.
- 5) Enseguida se enjuaga el electrodo del potenciómetro de campo con agua desionizada y con cuidado se seca con papel secante teniendo la precaución de no dañar el electrodo.
- 6) De acuerdo al pH que se requiera controlar, se utilizan soluciones reguladoras de referencia, ya sea de pH 10.0 o de pH 4.0.
- 7) En un frasco nuevo de vidrio de boca ancha de 125 ml, se colocan 50 ml de solución reguladora de pH 10 o de pH 4.0.
- 8) Para obtener el otro punto de calibración, se introduce el electrodo del potenciómetro de campo en la solución reguladora de pH 10 o de pH 4.0, se deja hasta que la lectura del pH se estabilice, en caso de que la lectura sea diferente de 10.0 o de 4.0, en el punto dos de calibración, se ajusta hasta obtener una lectura de pH 10.0 o de pH 4.0.
- 9) Después se enjuaga el electrodo del potenciómetro de campo con agua desionizada y con cuidado se seca con papel secante teniendo la precaución de no dañar el electrodo.



PROPUESTA DE REMEDIACION

- 10) Nuevamente se introduce el electrodo del potenciómetro de campo en la solución reguladora de pH 7.0, se deja hasta que la lectura del pH se estabilice, en caso de que la lectura sea diferente de 7.0, se repiten nuevamente los pasos del 4) al 10).
 - 11) Entre cada lectura realizada de las muestras a analizar y al final del análisis de todas las muestras se lavará con agua desionizada el electrodo y con papel secante se elimina el exceso de agua, cuidando de no dañar el electrodo.
- Perforador manual de 4" (Hand Auger).

Se verificará físicamente que el perforador manual y sus extensiones, se encuentren en condiciones aceptables para realizar las perforaciones en el suelo en tratamiento verificando que:

 - Entre cada toma de muestra y al final del muestreo se lave el equipo de perforación manual utilizado detergente biodegradable y agua con el fin de evitar el potencial de contaminación cruzada.
 - Al término de las actividades, el equipo de perforación manual se desarmará en piezas individuales y se guardará en el estuche diseñado para transportarlo con seguridad.
 - Kelway HB-2 Medidor de Humedad y pH en Suelo.
 - Se verifica que las placas metálicas estén libres de químicos y de contaminación
 - De lo contrario se limpian las placas metálicas con una lámina de plástico o con servilletas de papel absorbente.
 - Se verifica que suelo que se va a checar este suelto y libre de pasto, grava, hojas, o cualquier desecho.
 - Se debe introducir suavemente el medidor en el suelo suelto, para después aprisionar el suelo para que las placas metálicas estén en contacto directo con el suelo.
 - Presionar el botón rojo con que cuenta el equipo, mantener presionado entre 2 y 3 minutos hasta que se estabilice la lectura de la humedad y leer en la parte baja de la escala.
 - Se debe de esperar entre 2 o 3 minutos para obtener la lectura de pH, en la parte alta de la escala, si la aguja medidora no se mueve de la lectura de 7, se tendrá que agregar 70 ml de agua destilada al suelo y esperar de 2 a 3 minutos
 - Bomba mochila.
 - Se verifica que no existan fisuras tanto en el recipiente como en la manguera.
 - Se verifica que la boquilla se encuentre en condiciones aceptables para su operación
 - Geoposicionador.
 - Se verifica que las baterías funcionan correctamente.
 - Se prende el GPS y se espera unos segundos hasta que recibe la señal del satélite.
 - Se ajustan los datos de navegación de acuerdo al sistema de coordenadas que se requieran.
 - Se coloca en el punto deseado y se espera unos segundos para que el satélite indique las coordenadas de dicho punto.
 - Frascos de vidrio boca ancha.
 - Se revisan para corroborar que son nuevos.



PROPUESTA DE REMEDIACION

- Se verifica que no estén rotos o estrellados.
- Se verifica la tapa que no esté golpeada o tenga alguna abolladura.
- Se verifica que el sello de la tapa sea de PTFE (politetrafluoretileno)
- Termómetro digital.
 - Se verifica que las baterías funcionan correctamente.
 - Se verifica que el termopar funcione de manera adecuada.
- Anemómetro.
 - se verifica que las baterías funcionen correctamente.
 - Se hace la calibración correcta.
 - Se revisa que el medidor gire correctamente.
- Brújula.
 - Se verifica que funcione correctamente.
- Cámara fotográfica.
 - Se verifica que las baterías funcionen correctamente.
 - Se limpia la lente de la cámara.
- Calculadora.
 - Se revisan las baterías.

FACTORES USADOS EN LA DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE ABR BIOTRACK DOL QUE SE UTILIZARA EN LA REMEDIACION DEL SUELO CONTAMINADO

- 1) Concentración de Hidrocarburos en el suelo contaminado.
- 2) Área total contaminada.
- 3) Volumen total de suelo contaminado.
- 4) Concentración de bacterias pseudomonas por galón de Abr Biotrack Dol.
- 5) Temperatura existente en el área.

*El listado de insumos empleados en la técnica o proceso de tratamiento, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción III**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

LA CANTIDAD DE INSUMOS A USARSE POR SIEMBRA SE MENCIONAN A CONTINUACION

Insumos \ Tiempo	Siembras			
	Septiembre / 2019		Oct/2019	Nov/2019
	Día 10	Día 24	Día 15	Día 05
Agua (Lts)	15,000	15,000	15,000	15,000
Humitron 60s (Kgs)	3.14	1.57	0.78	0.78
Grofol L (Lts)	3.23	1.62	0.81	0.81
Lobi 44 (Kgs)	3.23	1.62	0.81	0.81
ABR Biotrack Dol (Lts)	34.95	17.47	8.74	8.74

Tabla 1.- Listado de insumos.



PROPUESTA DE REMEDIACION

*Hojas de seguridad de insumos, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción III**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

Los insumos a utilizar durante la remediación del suelo afectado por el hidrocarburo derramado, son los autorizados por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos a Ecología 2000, S. A. de C. V., mediante la Autorización para el Tratamiento de Suelos Contaminados No. ASEA-ATT-SCH-0060-19, por lo cual, las hojas de seguridad de los insumos que se utilizaran durante este proceso de remediación del suelo impactado se ingresaron al momento de llevar a cabo el trámite para la obtención de nuestra Autorización antes indicada (en anexo 6 ANEXO DOCUMENTOS DE INTERES, se incluyen copias de las hojas de seguridad de los insumos utilizados).

*Constancia de Laboratorio, fabricante o formulador sobre la no patogenicidad de microorganismos, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción III**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

La constancia de laboratorio referente a la no patogenicidad de microorganismos, se ingresó en la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, al momento de realizar el trámite para obtener la Autorización para el Tratamiento de Suelos Contaminados, teniendo una respuesta favorable (en anexo 6 ANEXO DOCUMENTOS DE INTERES, se incluye copia de la constancia de laboratorio sobre la no patogenicidad de los microorganismos utilizados en el producto Abr Biotrack Dol).

*La concentración, nivel o límite de remediación a alcanzar en el sitio contaminado, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción IV**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLE DE HIDROCARBUROS, SEGUN LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Contaminante diésel	USO DE SUELO PREDOMINANTE		
	Agrícola, Forestal Pecuario y de Conservación	Residencial y Recreativo	Industrial y Comercial
Hidrocarburos Fracción Media	1 200	1 200	5 000
Benzo(a)pireno	2	2	10
Dibenzo(a,h)antraceno	2	2	10
Benzo(a)antraceno	2	2	10
Benzo(b)flouranteno	2	2	10
Benzo(k)flouranteno	8	8	80
Indeno(1,2,3-cd)pireno	2	2	10

Tabla 2.- Límites Máximos permisibles.



PROPUESTA DE REMEDIACION

LOS NIVELES DE LIMPIEZA QUE PROPONEMOS A ESA DEPENDENCIA DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, PARA EL HIDROCARBURO DENOMINADO DIESEL, CON UN USO DE SUELO FORESTAL SON:

Hidrocarburos Fracción Media	Inferior a:	1 200 mg/Kg B. S.
Benzo(a)pireno	Inferior a:	2 mg/Kg B. S.
Dibenzo(a,h)antraceno	Inferior a:	2 mg/Kg B. S.
Benzo(a)antraceno	Inferior a:	2 mg/Kg B. S.
Benzo(b)flouranteno	Inferior a:	2 mg/Kg B. S.
Benzo(k)flouranteno	Inferior a:	8 mg/Kg B. S.
Indeno(1,2,3-cd)pireno	Inferior a:	2 mg/Kg B. S.

Tabla 3.- Niveles de limpieza propuestos.

LOS MÉTODOS PROPUESTOS PARA EVALUAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 SON:

CONTAMINANTE	MÉTODO ANALÍTICO:
Hidrocarburos Fracción Media	NMX-AA-145-SCFI-2008
Benzo(a)pireno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Dibenzo(a,h)antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo(a)antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo(b)flouranteno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo(k)flouranteno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Indeno(1,2,3-cd)pireno	NMX-AA-146-SCFI-2008

Tabla 4.- Métodos de evaluación propuestos.

*La descripción de las acciones de remediación con base en las concentraciones, niveles o límites propuestos, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción V**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

EL PROCEDIMIENTO PARA REMEDIAR EL SUELO CONTAMINADO SE DESCRIBE A CONTINUACIÓN:

De acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente en la materia, se realiza una caracterización del sitio y se construye una celda de tratamiento con base en lo establecido en la autorización para el tratamiento de suelos contaminados No. ASEA-ATT-SCH-0060-19 que otorgo la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos a "ECOLOGIA 2000, S. A. de C. V.", de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización del sitio y al volumen total de suelo a tratar, se estima la cantidad de insumos (Grofol L, Humitron 60 S, Lobi 44, Abr Biotrack Dol) y agua a utilizar

La construcción de la celda de tratamiento se realiza de la siguiente manera:

- ❖ Se limpia de manera superficial el área donde se construirá la celda de tratamiento.



PROPUESTA DE REMEDIACION

- ❖ Las dimensiones de la celda de tratamiento serán de acuerdo al volumen de suelo a tratar.
- ❖ Se prepara el terreno, dejando una pendiente en la base (de 1 a 2%), suficiente para captar los posibles lixiviados que se generen.
- ❖ La base de la celda se construirá con una capa de material de arcilla de 0.30 m. de espesor, compactada por lo menos al 80% de prueba Proctor o de la prueba de compactación AASHTO estándar.
- ❖ Sobre la base compactada, se coloca una membrana de polietileno de alta densidad de 40 milésimas de pulgada (1mm de espesor).
- ❖ Se construye un cárcamo para la captación de lixiviados con, al menos, la capacidad suficiente para captar escurrimientos que se puedan generar durante el proceso de tratamiento, este se cubrirá con membrana de polietileno de alta densidad.
- ❖ Se construyen bordos perimetrales de la celda de tratamiento que no excedan una altura de 1.50 m como máximo, compactados y cubiertos de polietileno de alta densidad.

Durante las acciones de urgente aplicación llevadas a cabo con la finalidad de evitar la migración del contaminante, se realizó la extracción del suelo contaminado, colocándolo sobre una celda de tratamiento construida a un lado del área impactada.

La superficie de la cual se extrajo el suelo contaminado, tiene un área total de aproximadamente 207.00 m².

La cantidad de suelo contaminado extraído y colocado en la celda de tratamiento fue de aproximadamente 285.30 m³.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización del sitio y muestreo inicial, se estima la cantidad de reactivos (Abr Biotrack Dol, Grofol L, Humitron 60 S, Lobi 44) y agua a utilizar.

Las actividades a realizar durante la Biorremediación por landfarming a un lado del sitio contaminado se detallan a continuación:

1. Debido a que el contaminante es diésel, este proceso de tratamiento es aplicable para suelos contaminados con Hidrocarburos Fracción Media e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, de acuerdo con lo que establece la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
2. En este caso, no se encontraron hidrocarburos intemperizados.
3. Con el apoyo de una retroexcavadora, se realizó la extracción del suelo contaminado, colocándolo dentro de la celda de tratamiento construida a un lado del área afectada.
4. Con la retroexcavadora se realizó la homogenización y distribución del suelo contaminado contenido en la celda de tratamiento, con una altura aproximada de 1.00 m.
5. Al suelo contaminado contenido en la celda de tratamiento se le aplica agua hasta humectar el material contaminado y mediante el empleo de un tractor agrícola se mezcla hasta homogenizarlo.
6. Previo a la adición de los insumos, se realiza la medición de los parámetros de pH, humedad, temperatura, oxigenación y conteo bacteriano.
7. Posteriormente se adiciona en solución acuosa los insumos Abr Biotrack Dol, Grofol L, Lobi 44 y Humitron 60 S y materia orgánica que se encuentre disponible en la región (sin exceder el 6% del volumen total de suelo en tratamiento), los insumos son mezclados con el apoyo de un tractor agrícola.

Habiendo alcanzado la humedad requerida y contando con el equipo de protección personal necesario para el caso, se realiza la preparación de los insumos que se utilizaran



PROPUESTA DE REMEDIACION

para realizar la degradación de la contaminación, la preparación se realizara de la siguiente manera:

- Humitron 60 S, utilizando un tambor de 200 litros, se agregan 100 litros de agua al tambor de 200 L, después se añaden 40 gramos de Humitron 60 S y se mezcla hasta que la solución sea homogénea, enseguida la solución ya mezclada se coloca en una bomba mochila de 20 litros y se aplica al suelo en tratamiento contenido en la celda.

Para el manejo de cantidades diferentes de las indicadas, se utilizaran partes proporcionales de Humitron 60 S y agua

- Grofol L, en un tambor de capacidad de 200 litros, se colocan 100 litros de agua, enseguida se agregan 350 mililitros de Grofol L y se mezclan perfectamente hasta tener una solución homogénea, posteriormente la mezcla homogénea se pasa a una bomba mochila de 20 litros de capacidad, por medio de la cual se aplicara la solución ya preparada en el suelo contaminado que se encuentra en proceso de remediación.

Cuando se requiera preparar soluciones con diferentes cantidades de Grofol L, se utilizara la parte proporcional de agua correspondiente.

- Lobi 44, en un tambor de 200 litros, incluir 100 litros de agua y adicionar 300 gramos de Lobi 44, realizar una mezcla homogénea de los compuestos y posteriormente colocar la solución homogénea en una bomba mochila de una capacidad de 20 litros, por medio de la cual se aplicara esta solución al suelo afectado contenido en la celda de tratamiento.

En caso de requerir la preparación de esta solución con cantidades diferentes a las señaladas, se utilizaran partes proporcionales.

- Abr Biotrack Dol, teniendo un tambor de 200 litros, se colocan 100 litros de agua, se añaden 2 litros de Abr Biotrack Dol, enseguida se mezcla hasta que la solución sea homogénea, luego la mezcla homogénea se agrega a una bomba mochila por medio de la cual se aplicara esta solución al suelo que se encuentra en tratamiento de remediación.

Si se requiere preparar esta solución en cantidades diferentes a las mencionadas, la mezcla se llevara a cabo en partes proporcionales.

Al concluir las labores programadas de las siembras de bacteria degradadora de hidrocarburos, el equipo y herramientas utilizados que quedaron impregnados con el suelo que se está remediando, será limpiado y lavado, colocando el material producto de la limpieza sobre el suelo que se encuentra en la celda de tratamiento; dado que dicho material producto de la limpieza contiene las mismas características de Toxico que el suelo que se está remediando, se le aplicara el mismo tratamiento que se esté llevando con el suelo contaminado extraído.

8. La cantidad y concentración de la solución de nutrientes y microorganismos, dependerá del tipo de suelo en tratamiento, tipo y concentración de hidrocarburos a remover.
9. La aplicación de los insumos, la aireación y homogenización de los suelos en tratamiento se repetirá las veces que sean necesarias hasta alcanzar los límites de limpieza establecidos en la normatividad aplicable.
10. Durante todo el proceso de tratamiento se controlaran las condiciones de temperatura, humedad pH, oxigenación y conteo bacteriano.



PROPUESTA DE REMEDIACION

11. Cada 5 días, se realizara el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en el suelo, empleando para ello equipo de campo (analizador de hidrocarburos petroflag).
12. Con base en los resultados obtenidos se evaluara si se requiere o no un nuevo ciclo de aplicación de los insumos ya enunciados.
13. Al final del tratamiento si se generan lixiviados serán manejados como residuo peligroso y serán enviados a tratamiento o disposición final, debiendo cumplir con la normatividad aplicable en la materia.
14. Una vez que se alcancen los niveles de limpieza requeridos se procederá a un Muestreo Final Comprobatorio realizándolo conforme a lo establecido en la normatividad vigente a través de un laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (E.M.A.) y aprobado ante la autoridad competente.
15. La toma de muestras y las determinaciones analíticas de los parámetros se realizara de acuerdo a lo establecido en la normatividad aplicable y conforme a la propuesta de remediación que al efecto se apruebe.
16. Terminado el tratamiento, el suelo limpio será reincorporado a la zona de excavación o podrá disponerse en un sitio autorizado por la autoridad competente.
17. La geomembrana utilizada en la remediación se enviara a disposición final.

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO CON DIESEL, ILUSTRATIVO

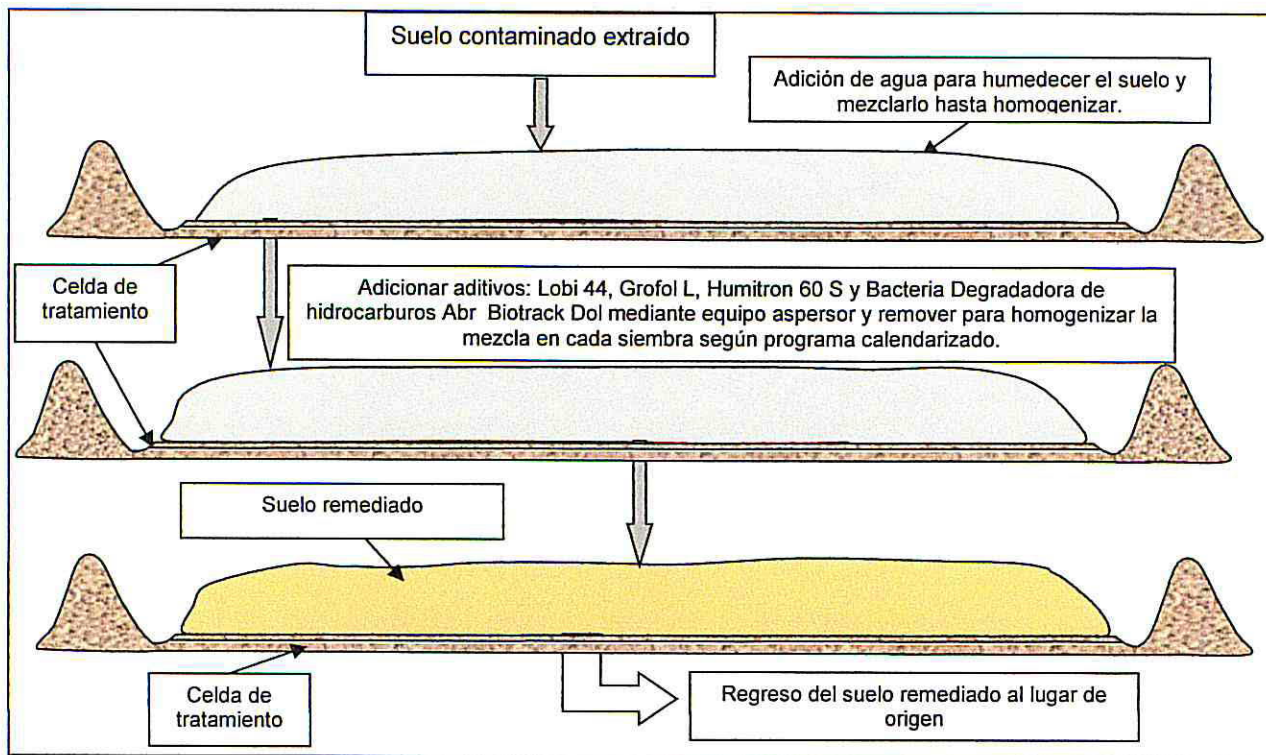


Figura 1.- Diagrama de remediación del suelo contaminado.

Derivado de las acciones tendientes a lograr la remediación del suelo contaminado, al terminar cada día las labores de tratamiento, se realiza la limpieza del área, recolectando los residuos sólidos de comida y bebidas, que fueron generados, colocándolos dentro de bolsas de plástico,



PROPUESTA DE REMEDIACION

depositándolos en un contenedor de basura en la primera población que se encuentre en el camino.

El envío para su disposición final en confinamiento controlado de la geomembrana de polietileno de alta densidad, se realizará por medio de empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT.

- Derivado de esta actividad, se obtendrán los manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos del envío de la geomembrana, de los manifiestos de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos debidamente firmados por los involucrados, se incluirán una copia, junto con las autorizaciones correspondientes, en la Conclusión del Programa de Remediación que se presente ante esa Autoridad Ambiental.

Durante la aplicación de la metodología de Biorremediación por Landfarming a un lado del sitio contaminado, se obtendrá MSS (material derivado de las perforaciones, puntos de muestreo y suelo adherido al equipo de perforación y demás herramienta), el material obtenido se colocara en la celda de tratamiento que contiene el suelo contaminado.

El equipo de perforación y demás herramienta utilizados, será limpiado y lavado, por lo cual, el material producto de la limpieza y lavado se colocara dentro de la celda de tratamiento, aplicándoles el mismo proceso de remediación que al suelo contaminado.

Para obtener una humedad entre el 40% y 60% requerida para el tratamiento del total del suelo contaminado, se estima la cantidad de agua necesaria para cada siembra, tomando muestras del suelo en tratamiento y con el Medidor de pH y Humedad en Suelo Kelway HB-2, se determina la humedad de dicho suelo, de acuerdo a lo siguiente:

Para conocer la cantidad de agua necesaria para cada siembra, en el área de suelo en tratamiento se definen puntos de monitoreo cada 16 m², en toda la extensión de la celda de tratamiento, iniciando con 0.30 m. de profundidad, posteriormente cada 0.30 m., hasta la profundidad máxima que tenga la celda de tratamiento. El objetivo de estos puntos de monitoreo es tomar una muestra de suelo en cada uno de ellos y por medio del higrómetro conocer la humedad de cada estrato, para así en base a la formula abajo descrita conocer la cantidad el agua que se requiere añadir para obtener la humedad necesaria de un 40% para que la bacteria degradadora de hidrocarburos y nutrientes puedan abarcar todo el volumen de suelo contaminado contenido en la celda de tratamiento.

El higrómetro se opera de la siguiente manera,

- a. Se verifica que las placas metálicas del equipo Kelway HB-2 estén libres de químicos y de contaminación.
- b. De lo contrario se limpian las placas metálicas con una lámina de plástico o con servilletas de papel secante.
- c. Se verifica que el suelo que se va a checar este suelto y libre de pasto, grava, hojas, o cualquier desecho.
- d. Se debe introducir suavemente el medidor en el suelo suelto, para después aprisionar el suelo para que las placas metálicas estén en contacto directo con el suelo.
- e. Se debe de esperar entre 2 o 3 minutos para obtener la lectura de Humedad, dejando presionando el botón rojo hasta obtener la lectura de la humedad, misma que se puede apreciar en la parte baja de la escala.
- f. La lectura que nos arroja el medidor de humedad es el porcentaje de saturación relativo.



PROPUESTA DE REMEDIACION

	Tipo de Suelo					
	Arena		Limo		Arcilla	
% Humedad	Saturación	Relativa	Saturación	Relativa	Saturación	Relativa
	100.0	25.0	100	45	100	65
	90.0	22.5	90	40.5	90	58.5
	80.0	20.0	80	36.0	80	57.8
	70.0	17.5	70	31.5	70	56.9
	60.0	15.0	60	27.0	60	55.7
	50.0	12.5	50	22.5	50	54.2
	40.0	10.0	40	18.0	40	52.0
	30.0	7.5	30	13.5	30	48.8
	20.0	5.0	20	9.0	20	43.3
	10.0	2.5	10	4.5	10	32.5

Tabla 5.- Relación entre la Humedad de Saturación y la Humedad Relativa.

La cantidad de agua a utilizar se obtiene en base a la siguiente formula.

$$a = \frac{b - c}{100} d$$

donde:

a = Cantidad de agua expresada en litros que se deben de agregar.

b = Porciento de humedad requerida.

c = Porciento de humedad que tiene el suelo a remediar.

d = Volumen de suelo contaminado a remediar en Kg.

- g. Conociendo la cantidad de agua que necesita el suelo en tratamiento por pozo de monitoreo y profundidad, se adicionara agua con el apoyo de una pipa con agua, se dosificara en tambores de 200 litros para poder medir el volumen de agua necesario.

La determinación del pH, se llevara a cabo por medio del Medidor de pH y Humedad en Suelo Kelway HB-2, como se indica a continuación:

En los mismos puntos de monitoreo que se tomaron para calcular el porcentaje de humedad, se toma una muestra de suelo y se realiza lo siguiente:

1. Se verifica que las placas metálicas estén libres de químicos y de contaminación, de lo contrario se limpian las placas metálicas con una lámina de plástico o con servilletas para cocina.
2. Se verifica que suelo que se va a checar este suelto y libre de pasto, grava, hojas, o cualquier desecho.



PROPUESTA DE REMEDIACION

3. Se debe introducir suavemente el medidor en el suelo suelto, para después aprisionar el suelo para que las placas metálicas estén en contacto directo con el suelo.
4. Se debe de esperar entre 2 o 3 minutos para obtener la lectura de pH, la cual se puede observar en la parte alta de la escala.
5. Si la aguja medidora no se mueve de la lectura de 7, se tendrá que agregar 70 ml de agua destilada al suelo y esperar de 2 a 3 minutos.
6. Repetir los pasos 4 y 5.

La medición de la temperatura se realizara con un termómetro digital, en base a lo siguiente:

- Se coloca el termómetro dentro del suelo hasta la profundidad deseada.
- Se dejan pasar de 3 a 4 minutos y enseguida se observa la lectura de la temperatura.
- Esta operación se repite en varios puntos de sondeo dentro del área en tratamiento.

La determinación de oxigenación en el suelo, se llevará a cabo por medio del equipo analizador de gases y oxígeno denominado GASALERTMICRO 5 PID y se realizará, conectando el equipo a una sonda de $\frac{1}{4}$ " de diámetro que se colocará en varios puntos del suelo contenido en la celda de tratamiento.

En la parte baja de la sonda, se colocará una malla con el fin de evitar el ingreso de partículas que puedan tapar el conducto.

Ilustración de la cuantificación de oxígeno durante el tratamiento del suelo contaminado

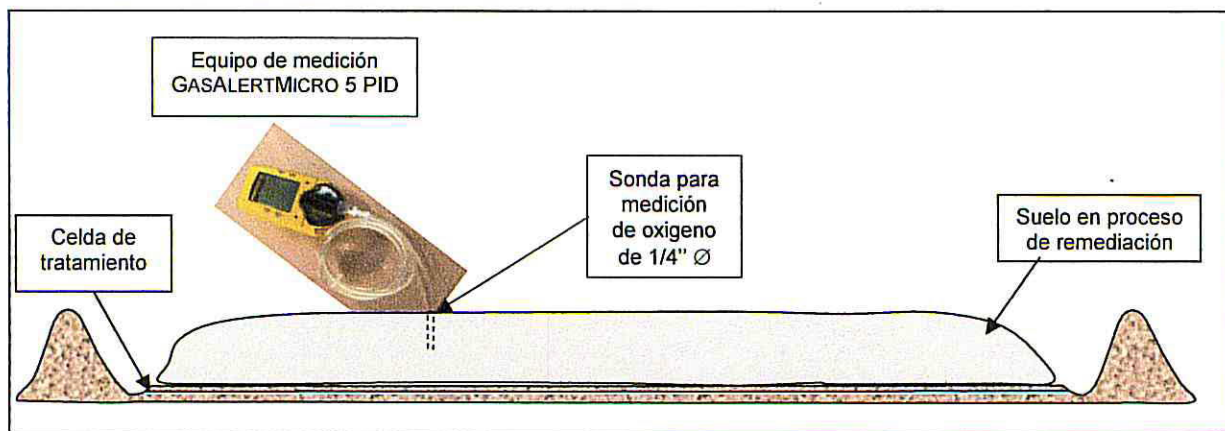


Figura 2.- Determinación de oxígeno en el proceso de tratamiento.

El conteo bacteriano, se verifica por medio de la disminución de los niveles de Hidrocarburos utilizando el equipo analizador de campo Petroflag.

Con equipo de campo analizador de hidrocarburos petroflag, se realizara el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en el sitio, con base en los resultados obtenidos se evalúa si se continua con la aplicación de soluciones de microorganismos y nutrientes ó si el trabajo de remediación se considera concluido y se procederá al muestreo final comprobatorio



PROPUESTA DE REMEDIACION

PERSONAL ENCARGADO DE REALIZAR LA REMEDIACION

ENCARGADO DEL PROYECTO

- Arq. José de Jesús Lerma Sánchez
- Peones

*El plan de monitoreo en el sitio, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción VI**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

Plan de monitoreo intermedio en el sitio

(Seguimiento de la remediación del sitio, los análisis de las muestras de suelo en tratamiento se realizarán con el equipo de campo “PetroFlag”).

De acuerdo al programa calendarizado, los análisis de campo se realizarán los días 10 y 24 de septiembre, 15 de octubre y 05 de noviembre del 2019, tal como se indica en el programa calendarizado contenido en la presente propuesta de remediación, tomando dos muestras del suelo que se encuentra en proceso de remediación, dichas muestras se analizarán en campo cada día que estén programados los análisis.

El sitio impactado por el contaminante se encuentra en derecho de vía y propiedad privada, siendo en un área de aproximadamente 207.00 m², con una profundidad máxima de 1.50 m.

El muestreo del suelo en tratamiento, se llevará a cabo en la celda de tratamiento donde se esté realizando la remediación del suelo contaminando, tomando muestras a una profundidad de 0.50 m. mismas que se analizarán con nuestro equipo de campo petroflag.

Las muestras de suelo en tratamiento serán tomadas por el personal de Ecología 2000, S. A. de C. V., que lleve a cabo los trabajos de remediación del suelo contaminado.

El equipo de muestreo que se utilizará durante la toma de muestras del suelo en tratamiento, será un auger de perforación manual, una palita de acero inoxidable y material para el lavado del equipo de muestreo utilizado, colocando dichas muestras en un frasco de vidrio de boca ancha de 125 ml de capacidad.

El equipo de muestreo utilizado se lavará entre cada toma de muestras con detergente biodegradable y agua con el fin de evitar el potencial de la contaminación cruzada.

Descripción de la metodología a aplicar durante las pruebas de campo con el fin de dar seguimiento a los trabajos de remediación.

Las pruebas de campo se llevarán a cabo con un **equipo analizador de campo PetroFlag**, el cual determina la concentración de hidrocarburos por medio del **método analítico EPA SW 846 Método 9074**, el cual se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Se prepara la calibración con reactivos (blanco de calibración y estándar) de la siguiente forma:
 - 1.1 Se identifican dos tubos de ensayo, uno como “Blanco” y otro como “Estándar”.
 - 1.2 Al tubo identificado como “Blanco”, se le agrega el solvente de extracción (extraction solvent).
 - 1.3 Al tubo identificado como “Estándar”, se le agrega el estándar de calibración (calibration standar).



PROPUESTA DE REMEDIACION

- 1.4 Enseguida se procesan el blanco y el estándar de igual manera que las muestras de suelo como se indica a continuación.

2.- La preparación de las muestras a analizar se preparan de la siguiente manera:

- 2.1 Se identifican los tubos de ensayo como muestra 1, muestra 2, hasta completar la cantidad de muestras a analizar.
- 2.2 Se preparan los viales de vidrio con capacidad de 6 ml (que contienen liquido transparente), identificando claramente cada uno (no escribir en el vidrio del vial, ya que puede interferir en las lecturas, a partir de este paso se incluyen el blanco y el estándar).
- 2.3 Se agregan 10 gramos (± 0.1 gramo) de muestra a los tubos identificados como muestra 1, muestra 2, hasta la cantidad de muestras requeridas, (si se desea realizar la calibración con suelo, se agregan 10 gramos de suelo limpio a cada uno de los tubos blanco y estándar, si no se tiene la certeza de que el suelo sea limpio, se puede llevar a cabo la calibración sin muestra de suelo).
- 2.4 Se agrega el líquido del vial de solvente de extracción (extraction solvent) al primer tubo de ensayo (y a cada uno de los tubos restantes, el solvente debe mojar todo el suelo), se inicia el reloj en 5 minutos y se agita por 15 segundos.
- 2.5 Agitar los tubos intermitentemente durante los primeros cuatro minutos.
- 2.6 Dejar reposar el último minuto.
- 2.7 Verificar que el disco de la jeringa, este apretado y remover la tapa del vial de 6 ml.
- 2.8 Transferir contenido del solvente en fase libre del tubo de ensayo, a la jeringa (por la parte superior o boca, evitando que entre suelo a la jeringa porque puede tapar el filtro).
- 2.9 Descartar las primeras gotas del filtro a un contenedor de desechos.
- 2.10 Filtrar el solvente al vial de 6 ml en forma de goteo hasta el nivel de menisco del cuello del vial.
- 2.11 Agitar vial por 10 segundos.
- 2.12 Iniciar el reloj con 10 minutos y proceder a la siguiente muestra.
- 2.13 Si el medidor está apagado, prenderlo presionando "READ/ON" y calibrar (opcional).
- 2.14 Después de los 10 minutos colocar el vial en el PetroFlag (asegurarse que el vial está limpio).
- 2.15 Tomar la lectura en el equipo PetroFlag, presionado "READ/ON" (no dejar viales por más de 20 minutos sin tomar lecturas).

Los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de campo, con lo cual se le da seguimiento a los trabajos de remediación, se incluyen en la "Bitácora de Control del Proceso de Remediación del Sitio Contaminado" elaborada el día en que se realizan actividades relacionadas con la remediación del suelo contaminado.



PROPUESTA DE REMEDIACION

*El plan de monitoreo en el sitio, de acuerdo a lo establecido en el **Artículo 143 Fracción VI**, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

El plan de muestreo final comprobatorio propuesto se menciona a continuación:

El siguiente PLAN DE MUESTREO, es elaborado de acuerdo a lo establecido en el numeral 7 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1/2012 y corresponde a la Emergencia Ambiental ocurrida por el derrame accidental de hidrocarburo (diésel).

El numeral 7 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se compone de lo siguiente y debido a que este numeral es para un muestreo de caracterización, en este caso solamente se consideraran los puntos aplicables:

7. Lineamientos para el plan de muestreo en la caracterización.

En caso de derrame o fugas, la caracterización se debe realizar después de haber tomado las medidas de urgente aplicación.

Este muestreo se realizará después de haber llevado a cabo los trabajos de remediación en el sitio impactado por el derrame accidental de diésel.

7.1 El plan de muestreo debe ser elaborado por el responsable de la contaminación o por el responsable técnico y contendrá lo siguiente:

El presente plan de muestreo se elaborará por el responsable técnico que realice los trabajos de remediación del suelo impactado por el hidrocarburo diésel, y cumple con lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR), Artículo 137, fracción II, siendo:

Ecología 2000, S. A. de C. V.

Licencia Ambiental Única No. LAU-09/00317-2002

Número de Registro Ambiental (NRA): EDMM01605311

Autorización para el Tratamiento de Suelos Contaminados

No. ASEA-ATT-SCH-0060-19

Fecha de emisión 01 de marzo de 2019

Vigencia de 10 años a partir de la fecha de emisión

Domicilio, Teléfono y Correo Electrónico del Responsable Técnico del Estudio, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

7.1.1 El objetivo.

El objetivo principal del muestreo del suelo donde se aplicaron los trabajos de remediación, es obtener información con la cual podamos determinar el grado de remediación obtenido de los trabajos de remediación aplicados al suelo en tratamiento.



PROPUESTA DE REMEDIACION

7.1.2 El lugar y la fecha de elaboración.

El presente plan de muestreo se elaborará en la Ciudad de Morelia, Estado de Michoacán y la fecha será de acuerdo al tiempo en que se cuente con información de análisis de campo que indique que los resultados de los trabajos de remediación son aceptables.

7.1.3 El nombre y la firma de los responsables de su elaboración

El nombre de la persona responsable de la elaboración y firma del Plan de Muestreo, se indicará en el escrito de presentación en la fecha en que se elabore el escrito correspondiente.

7.1.4 La descripción de actividades y los tiempos de ejecución.

Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 numeral 9.2.1, el muestreo de suelo será realizado por personal integrante de un laboratorio acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), A. C. y aprobado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

El muestreo del suelo se realizará de la siguiente manera:

- a. Con el equipo limpio y descontaminado y utilizando guantes de látex ó nitrilo se procede a realizar el sondeo respectivo en cada punto de muestreo seleccionado, considerando las siguientes observaciones:
 - i. Para la toma de muestras se debe apegar a este plan de muestreo considerando las observaciones realizadas por el personal de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (AGENCIA).
 - ii. Se evitará el uso de fluidos de perforación y la utilización de equipo que permita la pérdida de hidrocarburos volátiles y la contaminación cruzada.
 - iii. Durante la perforación para la obtención de muestras no se afectarán los acuíferos (en caso de que existan).
 - iv. Considerando que el tipo de suelo no es compacto y que las muestras a tomar son superficiales se retirará primeramente todo el material orgánico ajeno al suelo ya formado para posteriormente tomar las muestras de suelo con el uso de cucharillas, pala ó cavahoyos.
 - v. Considerando que el tipo de suelo es compacto ó que las muestras a tomar son a profundidad y no solo superficiales, se realizará la perforación ó sondeo a la profundidad deseada con el uso del taladro (perforador) manual (Hand Auger). Desde el momento en que con el taladro manual (Hand Auger) se llegó a la profundidad de muestreo deseada, lentamente y con cuidado de no perder el material contenido en su interior, pues este es el material de interés, se retirará éste mismo del interior del sondeo.
 - vi. Debido a que a las muestras **NO SE LES ANALIZARAN COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES** y en cumplimiento a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 numeral 7.3.3.1, se procederá de la siguiente forma:
 1. Si la muestra extraída presenta homogeneidad en cuanto a su textura se envasará directamente del muestreador al frasco de vidrio boca ancha con contratapa o sello de PTFE, utilizando una cucharilla de acero inoxidable y llenando el recipiente hasta el tope o su capacidad máxima sin dejar espacios vacíos.



PROPUESTA DE REMEDIACION

2. Si la muestra extraída no presenta homogeneidad en cuanto a su textura (sobre todo en muestras superficiales) se cribará con una malla de +/- 1 mm, con objeto de separar la fracción fina (considerada como suelo) para realizar el análisis.
3. Si la muestra extraída NO ES UNIFORME en cuanto a su textura y además, su contenido de humedad (semisaturada o saturada) NO permite hacerla pasar por el tamiz, se procederá a separar manualmente la fracción gruesa como piedras, hierbas secas, basura, producto libre sólido, etc., es decir, elementos que no se consideren suelo; procurando enviar al laboratorio suelo constituido por partículas lo más homogéneas o uniformes posible.
4. Una vez separada la fracción fina de la muestra se homogeneizará empleando una bandeja y cucharilla de acero inoxidable y se coloca directamente en un frasco de vidrio limpio, de boca ancha con contratapa o sello de PTFE, llenando el recipiente hasta el tope o su capacidad máxima sin dejar espacios vacíos.

El tiempo durante el cual se realizará el Muestreo Final Comprobatorio, análisis de Laboratorio y de gabinete para la elaboración y entrega de la Conclusión del Programa de Remediación en la AGENCIA, se tiene programado realizar en 6 semanas, de acuerdo al siguiente programa calendarizado de actividades:

Concepto \ Semana	1	2	3	4	5	6
Muestreo Final Comprobatorio de suelo remediado con laboratorio acreditado y aprobado, en presencia de personal de la AGENCIA.						
Análisis en Laboratorio y recepción de resultados en oficina de Ecología 2000.						
Trabajos en gabinete para la elaboración de la Conclusión del Programa de Remediación.						
Entrega de la Conclusión del Programa de Remediación en las oficinas de la AGENCIA.						

7.1.5 La definición de las responsabilidades del personal involucrado en cada actividad.

Las responsabilidades del personal que estará presente durante el muestreo del suelo remediado por el derrame de hidrocarburo (diésel), serán:

- a) Personal de la AGENCIA que verifique las actividades relacionadas con la toma de muestras de suelo.
- b) Personal de la empresa ARDUED, S. A. DE C. V., como responsable del derrame y Representante Legal, atendiendo al personal de la AGENCIA.
- c) Personal de la empresa Ecología 2000, S. A. de C. V., como testigo del evento y como responsable técnico que llevo a cabo la remediación del suelo impactado.



PROPUESTA DE REMEDIACION

- d) Personal de Laboratorio debidamente acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. y aprobado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, realizando la toma de muestras del suelo remediado.

7.1.6 Las características del sitio de muestreo consideradas para la planeación del muestreo.

El sitio donde se realizará el muestreo se encuentra del lado derecho de la carretera en sentido Toluca – Cd. Altamirano, el área impactada se encuentra en un desnivel de 4.00 metros en relación con la carretera, el tipo de suelo del sitio en estudio hasta 1.00 metro es arcilloso, se impactó suelo natural y parte de un arroyo pluvial, no se observa la presencia de líneas telefónicas ni de energía eléctrica, el sitio impactado es derecho de vía y propiedad privada.

7.1.8 La superficie de la zona o zonas de muestreo.

La superficie de la zona en la cual se realizará el muestreo de suelo, será dentro de la celda de tratamiento donde se llevó a cabo la remediación del suelo afectado que fue extraído de las siguientes áreas:

Área	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m²)
A-1	18.00	8.00	144.00
A-2	18.00	3.50	63.00
Cauce del arroyo	90 metros lineales		
Área Total en Estudio: 207.00 m² y 90 metros lineales del cauce de un arroyo			

Considerando que los resultados de laboratorio de las muestras de suelo tomadas en el sitio impactado (paredes y fondo) donde se llevaron a cabo los trabajos de urgente aplicación consistentes en la extracción del suelo contaminado, indican que se cumple con el numeral 8.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un uso de suelo forestal, en este caso, las muestras de suelo se tomarán solamente en la celda que contiene el suelo al cual se le aplicó el proceso de biorremediación por landfarming a un lado del sitio contaminado.

7.1.9 Los hidrocarburos a analizar en función del contaminante (TABLA 1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012).

Debido a que conocemos que el suelo fue impactado con el hidrocarburo derramado, los parámetros a determinar y los métodos analíticos a emplear en las muestras que se tomarán del suelo ya remediado que se encuentre en la celda de tratamiento son:

TABLA 1.- Hidrocarburos que deberán analizarse en función del producto contaminante

Fracción de Hidrocarburos	Método Analítico
Media (HFM)	NMX-AA-145-SCFI-2008
Hidrocarburos Específicos (HAP)	
Benzo(a)pireno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Dibenzo(a,h)antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo(a)antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo(b)fluoranteno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo(k)fluoranteno	NMX-AA-146-SCFI-2008
Indeno(1,2,3-cd)pireno	NMX-AA-146-SCFI-2008



PROPUESTA DE REMEDIACION

Humedad	NMX-AA-145-SCFI-2008 / NMX-AA-146-SCFI-2008
pH	EPA 9045D-2004
Conteo Total Bacteriano	

7.1.10 El método bajo el cual se diseñó el plan de muestreo (dirigido, estadístico o una combinación de ambos).

Considerando que conocemos que se derramo hidrocarburo (diésel) y que además se tiene información sobre el área de suelo donde se llevaron a cabo los trabajos de remediación por la emergencia ambiental presentada, se llevara a cabo un muestreo dirigido en la celda que contienen el suelo ya remediado.

7.1.11 El tipo de muestreo (aleatorio, aleatorio simple, sistemático, estratificado, entre otros).

Dado que conocemos las características del sitio y que fue evidente la mancha contaminante, en el sitio impactado por el hidrocarburo (diésel) el tipo de muestreo que se aplicara en la celda de tratamiento es el muestreo dirigido a juicio de experto.

7.1.12 El número de puntos de muestreo, el número de muestras incluyendo las muestras para el aseguramiento de la calidad y su volumen

La "Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios", en la página 30, último párrafo especifica:

"Por regla general se debe de requerir que se aplique 1 muestra simple por cada 250 - 300 m³, cuando se trate de tratamiento de remediación por biopilas y Landfarming con aeración mecánica (con excavadora "mano de chango" o similar, sin cribado industrial previo). La densidad de muestreo de las biopilas puede variar en más o menos 10 – 15 %. La densidad de muestreo de todas las biopilas debe de estar siempre alrededor de 5 – 10 % de la regla general (1 muestra / 250 – 300 m³ ± 5 – 10 %)."

Considerando lo antes mencionado y dado que la cantidad de suelo a remediar contenido en la celda de tratamiento es de aproximadamente 285.30 m³, cantidad que aplica para tomar 2 muestras simples de suelo remediado, de acuerdo a lo establecido en la *Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios*, por lo tanto, las muestras quedaran de la siguiente manera:

- En la Celda donde se aplicó el tratamiento al suelo contaminado, misma que contiene aproximadamente 285.30 m³, **se tomaran muestras en 2 (dos) puntos de muestreo**, a una profundidad de 0.50m.

A todas las muestras se les determinaran los siguientes parámetros: Hidrocarburos Fracción Media (HFM), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP), pH y Humedad.

Como medida de aseguramiento de calidad, se tomará una muestra de suelo duplicada por la toma de cada diez muestras, tal como lo establece el numeral 7.2.8 de la Norma Oficial Mexicana antes mencionada, teniendo un total de 1 muestra duplicada.

La cantidad total de muestras a tomar, será de 3 muestras.

La cantidad de suelo que se tomara de cada punto de muestreo y que se requiere para determinar los análisis en función del producto contaminante es de 125 ml.



PROPUESTA DE REMEDIACION

7.1.13 La justificación para la ubicación de los puntos de muestreo y para la profundidad de la perforación, los criterios utilizados y la selección de la técnica de muestreo (manual o mecánica)

La ubicación de los puntos de muestreo se requiere llevar a cabo en puntos donde se obtenga una representatividad del sitio remediado, por lo cual los puntos de muestreo propuestos para la toma de muestras en la celda de tratamiento, se determinaran al momento de concluir los trabajos de remediación, mismos que se indicaran en el plano correspondiente.

Las profundidades propuestas de acuerdo a los trabajos de remediación realizados por personal de la empresa Ecología 2000, S. A. de C. V., son a las cuales se obtendrán muestras representativas del sitio impactado, dichas profundidades serán de acuerdo a los trabajos de remediación realizados en la celda de tratamiento y se proponen las siguientes:

No. muestra	Identificación de la muestra	Profundidad de la muestra (m)	Parámetros a Determinar
1	MS-PM1-MFC-ARD-CT (0.50m) 144+700	0.50	HFM, HAP, pH, Hum. y Conteo Total Bacteriano.
2	MS-PM2-MFC-ARD-CT (0.50m) 144+700	0.50	HFM, HAP, pH y Hum
3	MS-PM2-MFC-ARD-CT (0.50m) 144+700 DUP	0.50	HFM, HAP, pH y Hum

MS = Matriz Suelo

PM1 = Punto de muestreo y Número consecutivo

MFC = Muestreo Final Comprobatorio

ARD = ARDUED, S.A. de C.V.

CT = Celda de Tratamiento

(0.50m) = Profundidad de la muestra

144+700 = Punto kilométrico del sitio en estudio

DUP = Duplicada

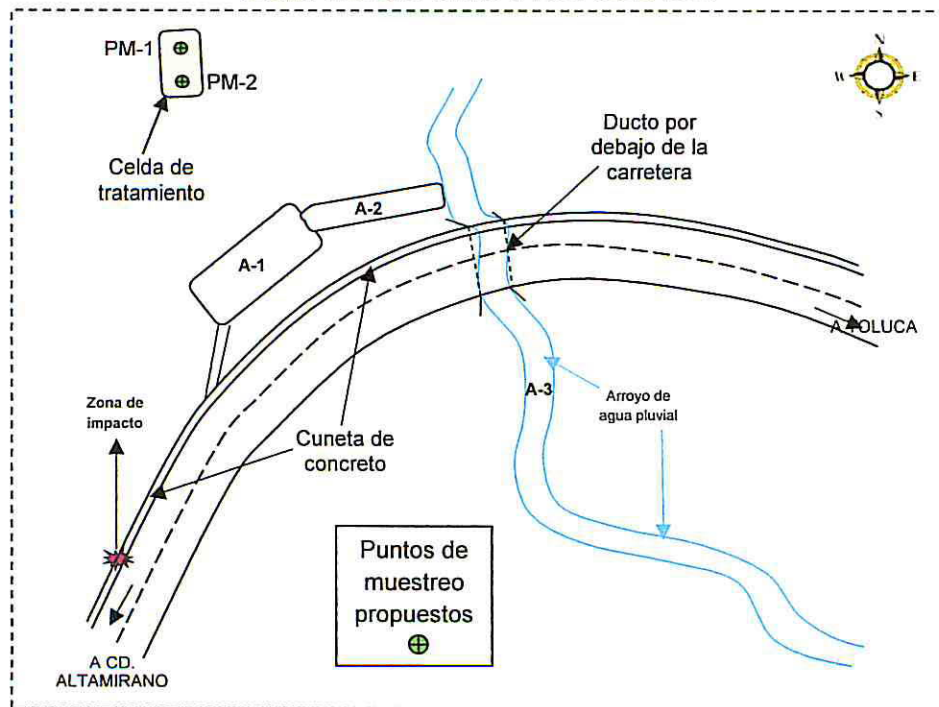
HFM = Hidrocarburos Fracción Media

HAP = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Hum. = Humedad

La técnica de muestreo que se aplicara en el sitio donde se tomaran las muestras de suelo, considerando las características del lugar, es la descrita en el numeral 7.1.4 e incluye la toma de muestras con un perforador manual.

CROQUIS DE LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO PROPUESTOS



PROPUESTA DE REMEDIACION

7.1.14 Los planos georreferenciados en coordenadas UTM, tamaño del plano mínimo 60 cm x 90 cm, en los cuales se indique la superficie del polígono del sitio, la ubicación de puntos de muestreo, las vías de acceso al sitio, así como edificaciones y estructuras en el sitio

El plano correspondiente se anexara al momento de elaborar el escrito mediante el cual se invite a personal de la AGENCIA para que verifique las actividades del Muestreo Final Comprobatorio en la celda de tratamiento donde se realizaron los trabajos de remediación.

7.1.15 El equipo de muestreo a utilizar

El equipo de muestreo que utilizara el laboratorio encargado de llevar a cabo la toma de muestras de suelo es el siguiente:

- a. Perforador manual (Hand Auger).
- b. Cucharilla de acero inoxidable
- c. Palita de acero inoxidable.
- d. Geoposicionador para ubicar los puntos de muestreo.
- e. Material para el lavado del equipo de muestreo como son: artículos de limpieza (cepillos, fibras, esponjas, etc), agua potable, detergente ambiental biodegradable (Alcanox, Micro 90 ó Extran, liqui-nox).

7.1.16 El procedimiento de lavado del equipo.

Para llevar a cabo el lavado del equipo utilizado durante la toma de muestras de suelo en la celda donde se aplicaron los trabajos de remediación por el derrame de hidrocarburo, se realizara de la siguiente manera:

1. Primer Tiempo: Consiste en remover todos los residuos de suelo impregnados en los equipos con el uso de artículos de limpieza (cepillos, fibras, esponjas, etc.) y utilizando agua potable con detergente ambiental biodegradable (p.e. Alcanox, Micro 90, Extran, Liqui-nox, etc.) ó cualquier detergente equivalente que esté libre de fosfatos. Este puede sustituirse si el equipo de muestreo no va a utilizarse para muestrear fósforo o compuestos fosforados.
2. Segundo Tiempo: Se remueven los remanentes de suelo en el equipo, también con artículos de limpieza y utilizando agua desionizada con detergente ambiental; después se enjuaga con agua desionizada para remover el detergente ambiental del equipo.
3. Tercer Tiempo: El tercer tiempo consiste en el enjuague final del equipo, de nueva cuenta con agua desionizada y se procede a secarlo.
4. Este procedimiento de limpieza de tres tiempos se aplica a todas y cada una de las herramientas utilizadas en cada punto de muestreo (Perforador manual, tamiz con malla de + / - 1 mm, bandeja de acero inoxidable, cucharilla de acero inoxidable y palita de acero inoxidable).
5. Al final de la toma de muestras de la manera ya mencionada, se lavan todas y cada una de las herramientas utilizadas durante el muestreo del suelo.

7.1.17 Los tipos de recipientes, la identificación, la preservación y el transporte de las muestras

De acuerdo al hidrocarburo derramado que fue diésel, el tipo de recipiente a utilizar y la preservación de las muestras será según lo establecido en la Tabla 5 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, la cual indica que se debe utilizar lo siguiente:



PROPUESTA DE REMEDIACION

TABLA 5.- Recipientes para las muestras y temperatura de preservación por tipo de parámetro

Parámetro	Tipo de Recipiente	Temperatura de Preservación (° C)
Hidrocarburos Fracción Media	Frasco de vidrio boca ancha, con contratapa o sello de PTFE, o Cartucho con sello que asegure la integridad de las muestras hasta su análisis.	4
HAP		4

Nota:

1. El tiempo máximo de conservación se refiere al lapso que no debe ser excedido desde que se toma la muestra hasta que se realiza la extracción del analito de interés (para el caso de HAP e HFM) o del análisis del mismo (para el caso de HFP, BTEX e HFL).
2. Para el caso de los HAP, las muestras deben protegerse de los efectos de la luz solar mediante algún tipo de envoltura opaca.
3. Cuando la consistencia de la muestra no permita el uso de cartucho, se permitirá el uso de frascos de vidrio de boca ancha, con contratapa o sello de PTFE.

La identificación de cada una de las muestras, se realizara inmediatamente después de la toma de las mismas, con una etiqueta autoadherible que contendrá la siguiente información:

- I. Identificación de la muestra.
- II. Lugar de muestreo
- III. Fecha del muestreo
- IV. Hora del muestreo
- V. Nombre o iniciales del muestreador
- VI. Parámetros a determinar

Así mismo, inmediatamente después de colocar la etiqueta, a cada muestra se le colocara un sello de seguridad para evitar interpretaciones de manipulación de las muestras antes de la entrega en Laboratorio.

La preservación de las muestras de suelo tomadas, se realizara colocándolas dentro de una hielera y se utilizara hielo para preservarlas a 4 °C a partir de la toma hasta la entrega en el laboratorio para su análisis.

El transporte de las muestras de suelo preservadas, se realizara en un vehículo automotor propio del Laboratorio responsable de llevar a cabo la toma de muestras y su traslado se llevara a cabo vía terrestre desde el sitio de muestreo, hasta el lugar donde se ubiquen las instalaciones del mencionado laboratorio

7.1.18 Las medidas y equipo de seguridad.

Las medidas de seguridad que se aplicaran en el momento del muestreo son las siguientes:

1. Las medidas de seguridad a aplicar en el lugar donde se realizará el muestreo, son de acuerdo al sitio remediado que se encuentra del lado derecho de la carretera en sentido Toluca – Cd. Altamirano, por lo tanto, se utilizarán conos color naranja y banderines de señalamiento para delimitar el lugar de trabajo, así mismo de ser necesario se auxiliará de un banderero para controlar el tráfico vehicular, además el personal utilizara botas de seguridad, casco de seguridad y chaleco reflejante, las personas participantes en el



PROPUESTA DE REMEDIACION

muestreo de suelo, estacionarán su vehículo a un lado de la carretera fuera de la carpeta de rodamiento.

2. El personal que realizara el muestreo del suelo utilizara el equipo de seguridad requerido para el sitio en cuestión, siendo: botas de seguridad, overol o traje tìvek, guantes de latex o nitrilo.

7.1.19 Las medidas de aseguramiento de la calidad del muestreo incluyendo la cadena de custodia

Como medidas de aseguramiento de la calidad durante el muestreo de suelo, se realizará lo siguiente:

- a) Se utilizarán recipientes nuevos libres de contaminación
- b) Entre cada toma de muestra se lavará el equipo de muestreo utilizado, con detergente biodegradable y agua con el fin de evitar el potencial de la contaminación cruzada.
- c) Durante la toma de muestras, se considerará tomar una muestra duplicada
- d) Inmediatamente después de tomar las muestras, cada una se identificará con una etiqueta y se les colocará un sello de seguridad para evitar manipulaciones previas al manejo en laboratorio
- e) Las muestras tomadas se colocarán en una hielera para ser preservadas durante su transporte al laboratorio
- f) Se llenará la cadena de custodia correspondiente.

7.1.20 El procedimiento para el registro de incidencias y desviaciones al plan de muestreo

En caso de que exista alguna incidencia o desviación durante el muestreo de suelo, estas se describirán en el Acta de Inspección que levante el personal de la AGENCIA, anotando de manera detallada la justificación del evento ocurrido, además el personal de la empresa Ecología 2000, S. A. de C. V., indicara en el Acta Circunstanciada que levante de las actividades por el muestreo realizado, los detalles y motivos que ocasionaron las incidencias o desviaciones al plan de muestreo

7.2 Lineamientos para el muestreo.

La persona encargada de realizar el muestreo de suelo deberá tomar algunas consideraciones al respecto.

Antes de efectuar el muestreo de suelo deberán verificarse lo siguiente:

- a) Las características del sitio.
- b) Las condiciones del equipo de muestreo a utilizar.
- c) Que el tipo de envase a utilizar sea el adecuado de acuerdo a las determinaciones a realizar.
- d) Las muestras no deben ser expuestas innecesariamente al aire, la luz, humedad y otros factores que puedan alterarla.
- e) Contar con las etiquetas necesarias.
- f) Verificar que se cuente con el material necesario para preservar las muestras tomadas.
- g) Llenar de forma adecuada la cadena de custodia correspondiente



PROPUESTA DE REMEDIACION

7.2.1 *Se debe aplicar el método de muestreo (dirigido, estadístico o una combinación de ambos) que permita delimitar la distribución horizontal y vertical de los contaminantes en el suelo.*

En este caso en particular, el método de muestreo a aplicar es el método de muestreo dirigido, debido a que durante los trabajos de remediación llevados a cabo por el personal de Ecología 2000, S. A. de C. V., se tomaron datos de las condiciones del sitio como son el área, la profundidad, las características geográficas del sitio, la afectación al suelo, flora y fauna.

7.2.2 *Se debe tomar como mínimo el número de puntos de muestreo en superficie establecidos en la TABLA 4.*

Como ya se mencionó en el numeral 7.1.12 y considerando que las muestras de suelo tomadas en el cajón de extracción del suelo contaminado, cumplen con lo establecido en el numeral 8.1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

La "Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios", en la página 30, último párrafo especifica:

"Por regla general se debe de requerir que se aplique 1 muestra simple por cada 250 - 300 m³, cuando se trate de tratamiento de remediación por biopilas y Landfarming con aeración mecánica (con excavadora "mano de chango" o similar, sin cribado industrial previo). La densidad de muestreo de las biopilas puede variar en más o menos 10 - 15 %. La densidad de muestreo de todas las biopilas debe de estar siempre alrededor de 5 - 10 % de la regla general (1 muestra / 250 - 300 m³ ± 5 - 10 %)."

Considerando lo antes mencionado y dado que la cantidad de suelo a remediar contenido en la celda de tratamiento es de aproximadamente 285.30 m³, cantidad que aplica para tomar 2 muestras simples de suelo remediado, de acuerdo a lo establecido en la *Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios*, por lo tanto, las muestras quedaran de la siguiente manera:

En la Celda donde se aplicó el tratamiento al suelo contaminado, misma que contiene aproximadamente 285.30 m³, **se tomaran muestras en 2 (dos) puntos de muestreo**, a una profundidad de 0.50m las muestras de suelo remediado, se tomaran solamente en la celda donde se aplique el tratamiento de biorremediación por landfarming a un lado del sitio contaminado, siendo de la siguiente manera:

- En la Celda donde se aplicó el tratamiento al suelo contaminado, misma que contiene aproximadamente 273.00 m³, se tomaran muestras en 2 puntos de muestreo.

Así mismo y como medida de aseguramiento de calidad, se tomara una muestra duplicada.

7.2.5 *Las muestras de suelo deben ser simples.*

En este caso por tratarse de un derrame de hidrocarburo, las muestras de suelo que se tomaran en la celda que contiene el suelo remediado, serán muestras simples (de un solo punto de muestreo).

7.2.6 *En el muestreo estadístico no se debe tomar muestras en los mismos puntos que los utilizados en el muestreo dirigido.*

Debido a que se conocen las características del sitio en estudio y la superficie de suelo remediada, el muestreo a realizar en este caso es un muestreo dirigido a juicio de experto, y no se aplicara el muestreo estadístico.



PROPUESTA DE REMEDIACION

7.2.7 *Evitar el uso de fluidos de perforación y la utilización de equipos y recipientes que ocasionen la pérdida de hidrocarburos volátiles y la contaminación cruzada.*

Durante la toma de muestras de suelo, al momento de realizar la perforación para obtener las muestras, no se utilizará ningún tipo de fluido, además de que las muestras de suelo se tomaran en la celda de tratamiento donde se aplicaron los trabajos de remediación.

Los equipos a utilizar durante el muestreo de suelo son los indicado en el numeral 7.1.15 y los recipientes en los cuales se envasaran las muestras tomadas, son los establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, tal como se indica en el numeral 7.1.17 del presente plan de muestreo.

Para evitar el potencial de la contaminación cruzada durante el muestreo de suelo, el equipo de muestreo utilizado se lavara con detergente ambiental biodegradable y se enjuagara con agua, entre cada toma de muestra, de acuerdo al procedimiento indicado en el numeral 7.1.16 del presente plan de muestreo.

7.2.9 *En los casos en que se sospeche la presencia de hidrocarburos ajenos al problema de contaminación que se esté evaluando, se podrán tomar muestras que sirvan para establecer niveles de fondo.*

Durante los trabajos de remediación aplicados al suelo impactado que se requiere demostrar que los parámetros de remediación obtenidos se encuentran por debajo de los límites permisibles en la normatividad ambiental aplicable, no se observó la presencia de algún hidrocarburo o material ajeno al problema por lo cual en este caso no fue necesario tomar muestras de fondo en el sitio.

7.2.10 *Cuando se pueda recuperar una muestra de un producto contaminante desconocido, debe entregarse al laboratorio para su identificación.*

En el sitio donde se realizará el muestreo de suelo, el producto derramado es un hidrocarburo (diésel) que se encuentra regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, por lo que, en este caso, conociendo sus características y por no existir en estado líquido, no se requiere recuperar una muestra del producto derramado.

7.3 *Especificaciones sobre la integridad, identificación y manejo de las muestras.*

La integridad de una muestra es una cualidad que se debe conservar entre la toma de la muestra y el análisis en laboratorio para evitar alteraciones en la determinación del parámetro requerido.

La identificación de las muestras se debe realizar con códigos que identifiquen claramente la muestra en cuestión, utilizando un sistema de identificación que garantice que las muestras no se confundan al momento de realizar los registros.

Durante el manejo de las muestras deben tomarse las máximas precauciones utilizando los materiales y el equipo adecuado para evitar la alteración de los parámetros a determinar.

7.3.2 *Los recipientes deben ser nuevos o libres de contaminantes.*

Para la toma de muestras de suelo se utilizaran recipientes nuevos libres de contaminación, mismos que garantizaran resultados confiables durante la determinación de los parámetros requeridos

7.3.3.1 *Cuando se tengan que utilizar frascos, se deberán tomar las muestras de tal manera que el frasco sea llenado al tope o a la capacidad total del recipiente, sin dejar espacio.*

En esta ocasión las muestras se colectarán en frascos de vidrio boca ancha con contratapa o sello de PTFE y como ya se mencionó en el numeral 7.1.4 del presente plan de muestreo, al momento



PROPUESTA DE REMEDIACION

de tomar las muestras, los recipientes utilizados se llenarán hasta el tope, evitando dejar espacios vacíos.

7.3.4 *Los recipientes con muestras deben ser sellados y etiquetados inmediatamente después de haber sido tomada la muestra y entregados para su análisis a un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado en los términos de lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*

Al concluir la toma de cada muestra, el personal del laboratorio encargado de llevar a cabo la toma de las mismas, colocara el sello y la etiqueta correspondientes a las muestras tomadas, dicho laboratorio, se encontrara acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. y estará aprobado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

7.3.4.1 *No se debe analizar muestras cuyos sellos hayan sido violados.*

El laboratorio al momento de recibir las muestras, verificara que los sellos que se utilizaron durante la toma de muestras, para la identificación y seguridad de las mismas, no hayan sido violados y procederá al análisis de dichas muestras.

En caso de que el personal de laboratorio que recibe las muestras observe alguna anomalía en los recipientes contenedores, deberá reportarlo a su jefe inmediato y tomaran las acciones correspondientes para investigar lo sucedido, informando a la empresa Ecología 2000, S. A. de C. V. de las anomalías encontradas.

En base al reporte proporcionado por el Laboratorio, la empresa Ecología 2000, S. A. de C. V., informara a la AGENCIA del suceso ocurrido y propondrá un plan de acción.

7.3.4.2 *Todos los sellos deben contar con el número o clave única de la muestra.*

Las etiquetas y los sellos de seguridad que se colocan en las muestras de suelo tomadas en el sitio donde se llevó a cabo el muestreo, cuentan con una clave única de la identificación de la muestra, así mismo, la información adicional para la identificación de las muestras es la indicada en el numeral 7.1.17 del presente plan de muestreo.

7.3.4.3 *Todas las etiquetas deben contar con la siguiente información como mínimo: fecha y hora en que se tomó la muestra, número o clave única, la cual debe ser la misma que la del sello de la muestra y las iniciales de la persona que tomó las muestras, las cuales deben coincidir con los datos asentados en la cadena de custodia.*

La identificación de cada una de las muestras, se realizara inmediatamente después de la toma de las mismas y la etiqueta autoadherible que se coloca en cada muestra contiene la información señalada en el numeral 7.1.17 de este plan de muestreo, siendo la siguiente:

- I. Identificación de la muestra.
- II. Lugar de muestreo
- III. Fecha del muestreo
- IV. Hora del muestreo
- V. Nombre o iniciales del muestreador
- VI. Parámetros a determinar

7.4 *La cadena de custodia debe contener como mínimo la siguiente información:*



PROPUESTA DE REMEDIACION

La Cadena de Custodia es el documento mediante el cual se registra el control de los movimientos de las muestras, desde su recolección, transportación, hasta su ingreso en laboratorio.

De acuerdo a lo señalado en este numeral de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, la Cadena de Custodia debe contener al menos la siguiente información:

- 1) El nombre de la empresa y responsable del muestreo.
- 2) Los datos de identificación del sitio de muestreo.
- 3) La fecha y hora en que se tomó la muestra y el nombre completo y las iniciales de la persona que la tomó.
- 4) El número o clave única de cada muestra.
- 5) Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
- 6) Las determinaciones analíticas requeridas para cada muestra.
- 7) El número de envases consignados.
- 8) La identificación de las personas que participan en las operaciones de entrega y recepción en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha, hora y firma de los participantes.
- 9) La temperatura y condiciones de preservación en las que se reciben las muestras.
- 10) Observaciones en caso de que se requieran.

La cadena de custodia que utilizara el personal del laboratorio debidamente acreditado ante la EMA y aprobado por la PROFEPA, contiene la información antes descrita.

El uso futuro del sitio remediado, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 143 Fracción VIII, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Debido a que el área donde ocurrió el derrame y que se aplicaron los trabajos de remediación, pertenece a derecho de vía, se observa que en un futuro puede ser una ampliación propia de la carretera con derecho de vía, por lo cual, el sitio seguirá teniendo un uso de suelo forestal, el suelo contenido en la celda de tratamiento, será devuelto al área de extracción para devolver la topografía original de la zona.

La disposición final del suelo remediado, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 149 Fracción V, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

El destino final del suelo remediado que cumple con los Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos, establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, será en el mismo sitio donde ocurrió el derrame accidental y que se le aplico el tratamiento de remediación.



PROGRAMA CALENDARIZADO

El programa calendarizado de actividades a realizar, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 143 Fracción VII, del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

PROGRAMA CALENDARIZADO PARA REMEDIAR EL SUELO CONTAMINADO POR EL DERRAME DE DIÉSEL, EN EL KM. 144 + 700 DE LA CARRETERA (2690) TOLUCA – CD. ALTAMIRANO, TRAMO TEMASCALTEPEC – CD. ALTAMIRANO, MUNICIPIO DE TEJUPILCO, ESTADO DE MÉXICO.

Mes	Sept / 19			Octubre / 2019					Nov/19				
Actividad	Día		10	17	24	01	08	15	22	29	05	19	
Agregar agua en forma de lluvia al suelo en tratamiento, mezclar para homogenizar y checar pH, humedad, temperatura y oxigenación.													
Aplicar los productos Grofol L, Humitron 60 S, Lobi 44 y Abr Biotrack Dol diluidos con agua y mezclar para homogenizar.													
Muestreo y análisis de seguimiento de la remediación en campo.													
Realizar muestreo final comprobatorio con presencia de personal de la AGENCIA.											*		
Al comprobar que el suelo remediado cumple con la norma ambiental, se regresa el suelo remediado al sito de donde fue extraído y se retira la infraestructura utilizada.													**

* SE CONTEMPLA REALIZAR EL MUESTREO FINAL COMPROBATORIO (MFC) EN LA FECHA PROPUESTA, SI EN DICHA FECHA SE CARECE DE LA APROBACION DE LA PROPUESTA DE REMEDIACION, EL MFC SE REPROGRAMARÁ AVISANDO CON ANTERIORIDAD A LA AUTORIDAD COMPETENTE.

** EL RETIRO DE LA INFRAESTRUCTURA UTILIZADA SE LLEVARÁ A CABO 6 SEMANAS DESPUES DEL MFC, AL COMPROBAR QUE EL SUELO REMEDIADO CUMPLE LO ESTABLECIDO EN LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, NOTIFICANDOLO CON ANTELACION A LA AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS

LAS ACTIVIDADES DESCRITAS EN ESTE PROGRAMA CALENDARIZADO QUEDARAN SUJETAS A LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL LUGAR, ASÍ COMO A LA DISPONIBILIDAD DE LAS PERSONAS Y AUTORIDADES INVOLUCRADAS, EN CASO DE QUE SE REQUIERA MODIFICAR LAS FECHAS INDICADAS, SE HARÁ DEL CONOCIMIENTO DE LA AUTORIDAD COMPETENTE.



ARDUED, S.A. DE C.V.

ANEXO
MEMORIA
FOTOGRAFICA



ecología 2000[®]

ANEXO FOTOGRAFICO

IMÁGENES DEL AREA DE SUELO IMPACTADA POR EL DERRAME ACCIDENTAL DE DIESEL, ASI MISMO SE MUESTRA EL DUCTO POR DEBAJO DE LA CARRETERA POR DONDE PASA EL CAUCE DE UN ARROYO DE AGUA PLUVIAL.



ANEXO FOTOGRAFICO

VISTA DE LA CONSTRUCCION DE LA CELDA Y EXTRACCION DEL SUELO AFECTADO DURANTE LAS LABORES DE EMERGENCIA.



ANEXO FOTOGRAFICO

ACTIVIDADES LLEVADAS A CABO DURANTE LAS LABORES DE EMERGENCIA
(LAVADO DEL EQUIPO Y HERRAMIENTA UTILIZADA; CARCAMO PARA LA CAPTACION
DE LIXIVIADOS; VISTA DE LAS AREAS DESPUES DE LA EXTRACCION).



ANEXO FOTOGRAFICO

MUESTREO DE SUELO EN EL AREA EN ESTUDIO DE ACUERDO AL PLAN DE MUESTREO PRESENTADO EN LA AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCION AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS.



ANEXO FOTOGRAFICO

ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL MUESTREO DE SUELO EN ESTUDIO
DESPUES DE REALIZAR LAS LABORES DE EMERGENCIA.



VISTA DE LA FORMA COMO SE PRESERVAN LAS MUESTRAS DE SUELO Y AGUA.

