

# ***PROPUESTA DE REMEDIACION***

## CONTENIDO:

- Técnica de remediación propuesta (pág 1).
- Herramientas utilizadas en la remediación (pág 3).
- Niveles de limpieza propuestos (pág 7).
- Método de evaluación (pág 7).
- Procedimiento de remediación (pág 8).
- Plan de monitoreo en el sitio (pág 17).
- Plan de muestreo final comprobatorio propuesto (pág 19).
- Programa calendarizado (pág 33).



ecología 2000<sup>®</sup>

# PROPUESTA DE REMEDIACION

## PROCEDIMIENTO Y PROPUESTA PARA REMEDIAR EL SUELO CONTAMINADO

Área de suelo en estudio aproximadamente: \_\_\_\_\_ 588.00 m<sup>2</sup>

Volumen de suelo contaminado: \_\_\_\_\_ 764.40 m<sup>3</sup>

*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 REMEDIACION QUE UTILIZAREMOS PARA CON ESTE SUELO CONTAMINADO SERA BIOVENTEO AEROBIO EN EL SITIO CONTAMINADO.**

### REMEDIACIÓN AMBIENTAL DEL AREA IMPACTADA

El proceso de tratamiento denominado Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado, es aplicable a suelos contaminado con hidrocarburos fracción media y HAP's, contenidos en el material derramado que fue diésel, por lo cual, en ésta ocasión y de acuerdo con lo establecido en nuestra autorización para el tratamiento de suelos contaminados No. ASEA-ATT-SCH-0060-19 (anexa en la sección 6), las actividades a realizar durante la remediación ambiental del área contaminada con diésel, será mediante el método de "biorremediación in situ", por lo tanto la técnica seleccionada se denomina **BIOVENTEO AEROBIO EN EL SITIO CONTAMINADO**, con la cual se realiza la dosificación de bacteria biodegradante en el área de suelo en tratamiento, los pasos a seguir en el proceso de remediación se mencionan a continuación:

### BIORREMEDIACIÓN "IN SITU"

Este tipo de tratamiento requiere llevarse a cabo en el mismo sitio donde se encuentra el contaminante sin necesidad de llevar a cabo trabajos de excavación.

La biorremediación es el proceso de tratamiento que usa microorganismos naturales (levaduras, hongos, bacterias) para degradar sustancias peligrosas en productos menos tóxicos o sustancias no toxicas. 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 hidrogeno y carbón. 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 biorremediación proporcione los resultados esperados es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

- Aireación
- Incorporación de nutrientes
- Inoculación



# PROPUESTA DE REMEDIACION

---

## 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 aditivos 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 contenida 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  $7.6 \times 10^9$  colonias de bacterias degradadoras de hidrocarburos.

El compuesto y la bacteria seudomona 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.

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



# PROPUESTA DE REMEDIACION

*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

- |   |  |
|---|--|
| ➤ Generador portátil de energía Eléctrica 5000W | ➤ Hielera                                |
| ➤ Compresor de aire 60 litros                   | ➤ Franelas                               |
| ➤ Analizador de hidrocarburos petroflag         | ➤ Mascarillas                            |
| ➤ Equipo para determinar Oxígeno                | ➤ Guantes                                |
| ➤ Medidor de pH y Humedad Kelway HB-2           | ➤ Botas de hule                          |
| ➤ Perforador manual de 3"                       | ➤ Espátulas                              |
| ➤ Geoposicionador                               | ➤ Palas                                  |
| ➤ Termómetro digital                            | ➤ Cinta métrica                          |
| ➤ Anemómetro                                    | ➤ Bidones, garrafas, botes               |
| ➤ Cámara fotográfica                            | ➤ Tambos de 200 litros                   |
| ➤ Calculadora                                   | ➤ Tubería de pvc de 1" Ø, cedula 40      |
| ➤ Brújula                                       | ➤ Tapón de pvc hermético de 1" Ø         |
| ➤ Frascos de vidrio boca ancha                  | ➤ Tubería de pvc de 4" Ø, cedula 40      |
| ➤ Etiquetas                                     | ➤ Accesorios (tes, coples, niples, etc.) |
| ➤ Marcador                                      | ➤ Válvulas de paso o de cierre           |

*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:**

- Generador portátil de energía Eléctrica 5000W.  
Se verifica que el equipo esté en condiciones óptimas para su operación, checando que:
  - La palanca de arranque se encuentre en buenas condiciones.
  - El nivel de aceite del motor este a nivel y en buenas condiciones.
  - El nivel de gasolina en el depósito se encuentre a nivel máximo y que no tenga fisuras o fugas.
  - Los contactos se encuentren en buen estado y que no estén fisurados.
- Compresor de aire 60 litros.  
Se verifica que el equipo esté en condiciones óptimas para su operación, checando que:
  - El cable de alimentación eléctrica no esté agrietado o roto.
  - El nivel de aceite del motor este a nivel y en buenas condiciones.
  - La conexión rápida de la salida de aire se encuentre en buen estado y que no presente fugas.



## PROPUESTA DE REMEDIACION

- Checar que los manómetros funcionen correctamente.
- 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 ( $\pm 0.1$  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.
    - 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).



# PROPUESTA DE REMEDIACION

---

xv) Tomar la lectura en el equipo PetroFlag, presionado "READ/ON" (no dejar viales por más de 20 minutos sin tomar lecturas).

- Medidor de pH y Humedad en Suelo Kelway HB-2.
  - 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.
- Perforador manual de 3" (Hand Auger).

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

  - Entre cada toma de muestra y al final del muestreo se lave el equipo de perforación manual utilizado con 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
- 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 arroje las coordenadas de dicho punto.
- 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.
- Cámara fotográfica.
  - Se verifica que las baterías funcionen correctamente.
  - Se limpia la lente de la cámara.



# PROPUESTA DE REMEDIACION

- Calculadora.
  - Se revisan las baterías.

## FACTORES USADOS EN LA DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE ABR BIOTRACK DOL QUE SE USARA 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			
	MES 1		MES 2	MES 3
	SEMANA 1	SEMANA 3	SEMANA 2	SEMANA 1
Agua (Lts)	20,000	20,000	20,000	20,000
Grofol L (Lts)	3.67	1.84	0.92	0.91
Humitron 60s (Kgs)	3.71	1.85	0.93	0.92
Lobi 44 (Kgs)	3.71	1.85	0.93	0.92
ABR Biotrack Dol (Lts)	49.65	24.82	12.42	12.41

Tabla 1.- Listado de insumos.

*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



# PROPUESTA DE REMEDIACION

DE INTERES, se incluye copia de la constancia de laboratorio sobre la no patogenicidad de los microorganismos utilizados en el producto Abr Biotrack Dol).

## LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS, SEGÚN 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.

*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.*

**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 METODOS PROPUESTOS PARA EVALUAR LA CONCENTRACION DE LOS CONTAMINANTES SEGÚN LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 SON:**

CONTAMINANTE	MÉTODO ANALÍTICO:
Hidrocarburos Fracción Media	NMX-AA-145-SCFI-2008

# PROPUESTA DE REMEDIACION

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 CONTINUACION:**

De acuerdo a lo establecido en la normatividad vigente en la materia, se realiza una caracterización del sitio y se procede a realizar el tratamiento del suelo contaminado con base a 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.

El procedimiento para aplicar la técnica de Bioventeo Aerobio en el sitio contaminado es el siguiente:

1. En caso de encontrar en el sitio de trabajo residuos impregnados con el material peligroso derramado, dichos residuos se colocarán dentro de un costal de rafia plastificado para ser enviado a disposición final por medio de empresas debidamente autorizadas por la autoridad ambiental.
  2. Se limpia la superficie afectada y se agregan Bacterias degradadoras de hidrocarburos contenidas en el producto Abr biotrack dol, diluido con agua en proporción 1:25, aplicándolo sobre la superficie de suelo contaminado.
  3. El tratamiento se realizará en el sitio donde se encuentra el suelo contaminado, por lo que no se deberá remover o transferir a un sitio diferente al original.
  4. Este proceso únicamente podrá aplicarse al tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos de fracción ligera a media, BTEX y HAP's.
- En este caso el material contaminante contiene hidrocarburos fracción media y HAP's.
5. Con herramienta manual se perforarán pozos de 3" de diámetro hasta la profundidad requerida que es:

En las áreas identificadas como A-1 y A-2 hasta 1.30 m.

Cantidad de Pozos de Inyección de aire.

En base al documento Gestión de residuos tóxicos. Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos, escrito por Michel D. LaGrega, Phillip L. Buckingham y Jeffrey C. Evans, año 1996, mismo que indica que dependiendo de las condiciones del suelo, los radios efectivos de los pozos de inyección varían de los 6 m. que representa una



## PROPUESTA DE REMEDIACION

superficie de 113.04 m<sup>2</sup>, hasta mayores de 45 m., que abarcan una superficie de 6,358.50 m<sup>2</sup>.

Por lo cual, para este caso y debido a que el sitio impactado cuenta con una permeabilidad considerada como media y que además al área impactada se le suministrara aire por medio de un compresor, inyectando el aire a baja velocidad, se considera contar con un radio de trabajo de 3.00 m, mismo que abarca 28.27 m<sup>2</sup>, por lo tanto la ubicación de los pozos de inyección de aire sería equidistante a una distancia de 6.00 m entre cada pozo, con esta consideración, tendríamos un riesgo con espacios vacíos donde no existirá influencia de aire.

Para evitar dichos espacios vacíos, en el área denominada A-1, la distancia entre cada pozo se reduciría de acuerdo a las distancias mencionadas en la figura No. 1a, dado que el radio de trabajo se mantiene distribuyendo el aire de igual manera en toda el área de tratamiento, con esta configuración, en el área impactada A-1, se colocarían un total de 2 tubos.

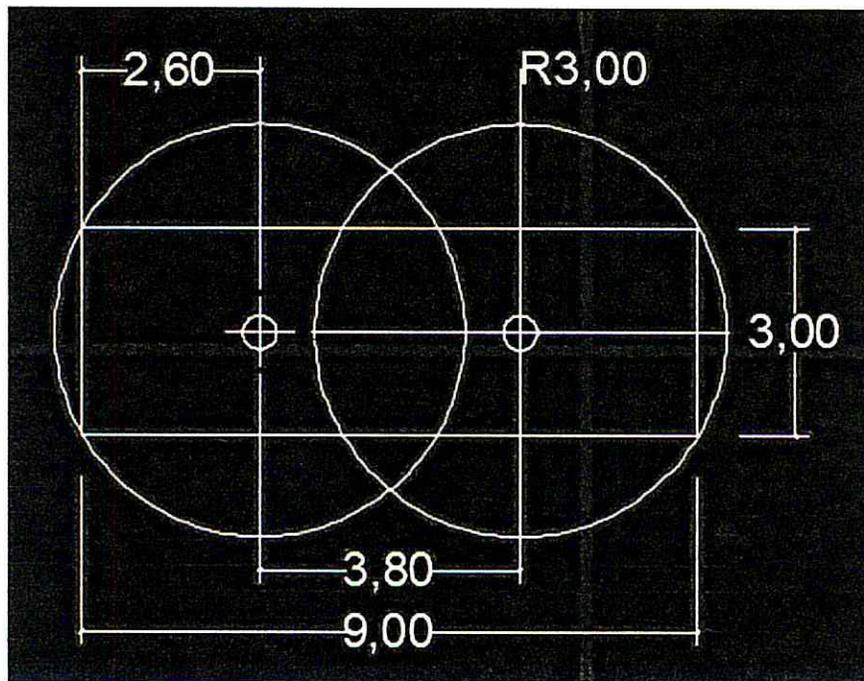


Figura 1a.- Vista de planta, distribución de los pozos para airear el área impactada A-1.

En lo que respecta al área identificada como A-2, para evitar dichos espacios vacíos, la distancia entre cada pozo se reduciría de acuerdo a las distancias mencionadas en la figura No. 1b, dado que el radio de trabajo se mantiene distribuyendo el aire de igual manera en toda el área de tratamiento, con esta configuración, en el área impactada A-2, se colocarían un total de 33 tubos.

# PROPUESTA DE REMEDIACION

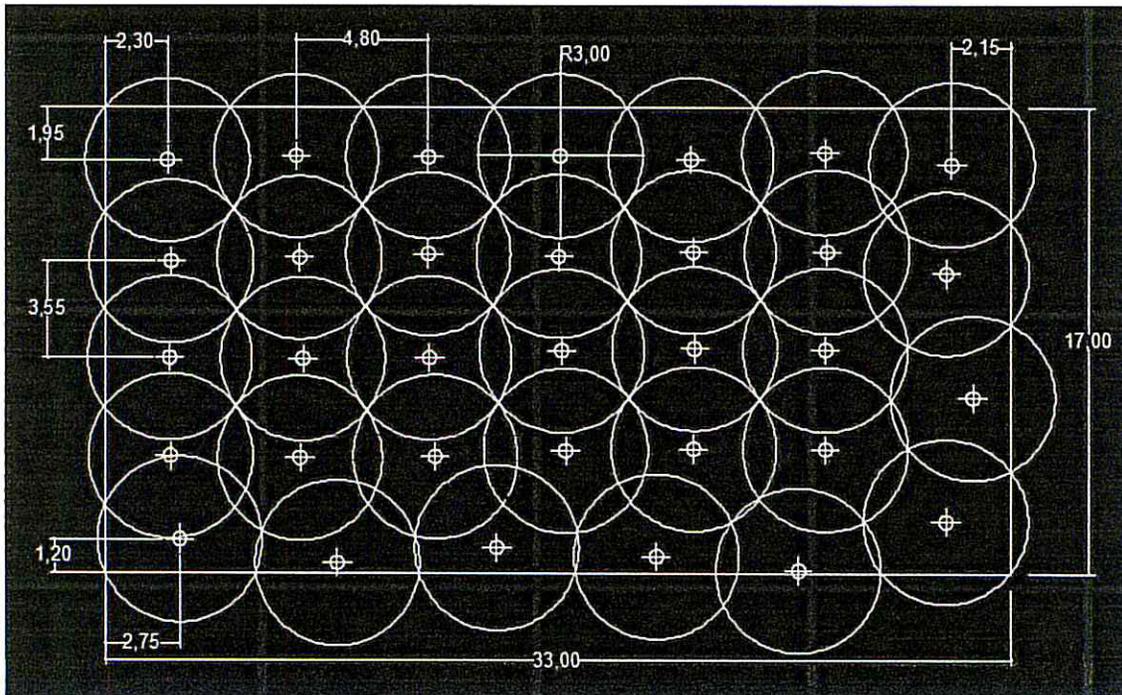


Figura 1b.- Vista de planta, distribución de los pozos para airear el área impactada A-2.

## CROQUIS ILUSTRATIVO DE LA UBICACIÓN DE LOS POZOS DE BIOVENTEO

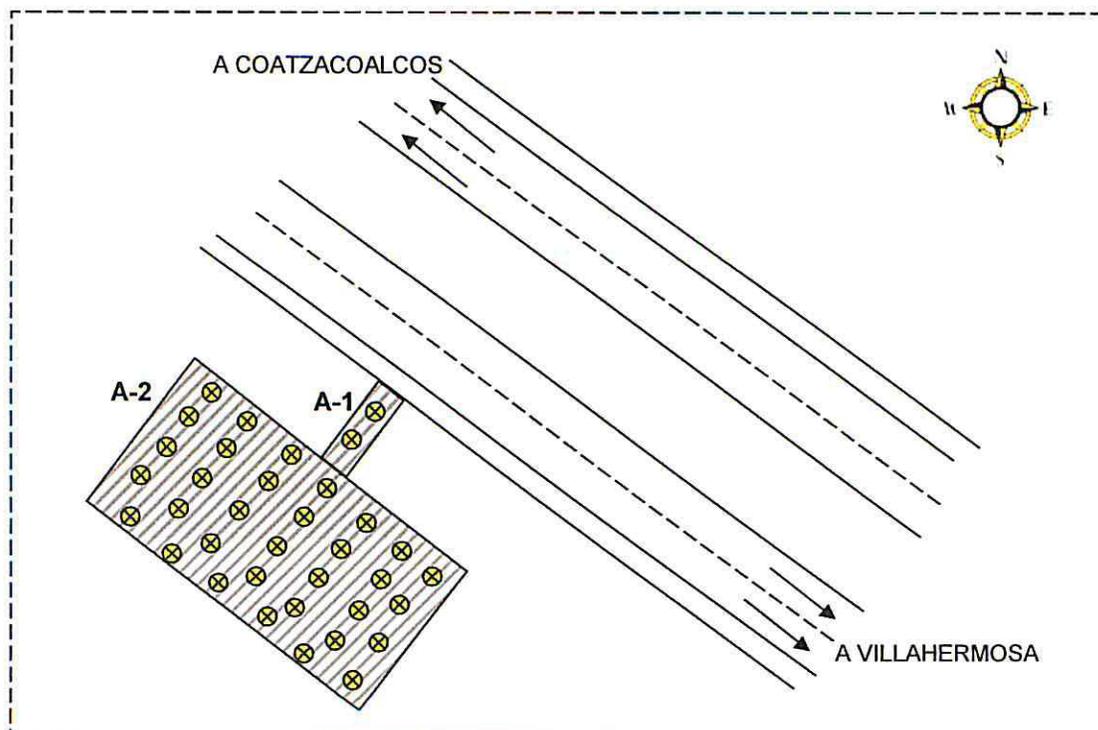


Figura 2.- Ubicación de los pozos de Bioventeo.

## PROPUESTA DE REMEDIACION

6. Terminada la perforación, se instalarán dentro del pozo, tubería de pvc hidráulico cédula 40 de 1" de diámetro, dejando un diámetro que permita tener 2" de espacio anular libre entre la tubería y la pared del pozo de inyección.
7. El espacio anular se rellenará con gravilla de media pulgada, seguido de un sello de bentonita y a nivel de piso se colocará un sello de bentonita-cemento.
8. En el extremo inferior de la tubería se instalará un tapón de pvc hermético.
9. En el extremo superior de la tubería se instalará una conexión tipo "T".
10. En un extremo de la de la "T" se instalará un tapón de hule hermético y en el otro extremo se instalará una válvula de paso para interconectar cada pozo a un cabezal.
11. Los pozos de inyección se conectarán entre sí a través de un ramal de interconexión superficial, construido con tubería de pvc hidráulica de 4" de diámetro con accesorios necesarios (tes, coples, nipples, válvulas, etc).
12. El ramal de interconexión superficial se conectará a un compresor de aire para suministrar aire (oxígeno) por inyección a baja velocidad de flujo, siendo a aproximadamente 20 psi (libra por pulgada cuadrada).

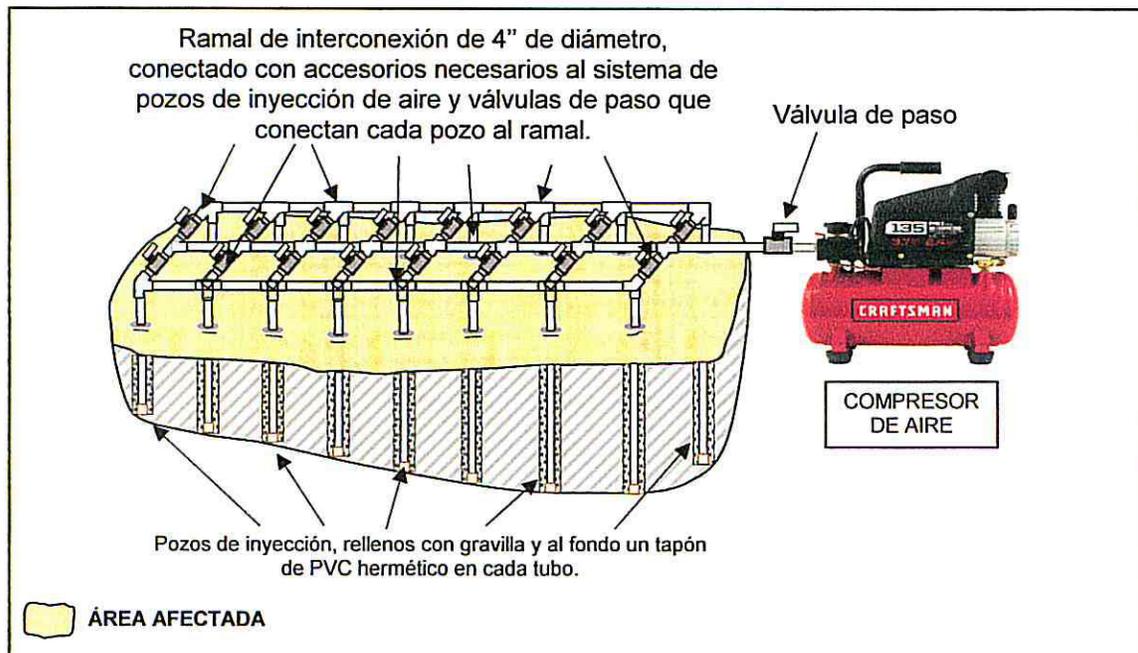


Figura 3.- Red de inyección de aire y ramal de interconexión (ilustrativo).

13. El número total de los pozos, de acuerdo al área impactada que es de 588.00 m<sup>2</sup>, será de 35 pozos.  
La ubicación de los pozos se realizará de acuerdo a lo indicado en la figura No. 2, ubicando cada pozo en base a las distancias mencionado en la figura No. 1a y 1b, Vista de planta, distribución de los pozos para airear el área impactada.  
La profundidad a la que se colocaran los tubos de pvc cedula 40 de 1" de diámetro será a la cual penetra el contaminante, siendo en el área denominada A-1 y A-2 a 1.30 m.
14. La inyección del aire se realizara de manera continua durante todo el proceso de tratamiento hasta alcanzar los niveles de limpieza requeridos, mismos que son los

# PROPUESTA DE REMEDIACION

establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1/201, para un uso de suelo forestal.

15. Para la adición de los insumos, se instalara un sistema de infiltración mediante una red de pozos independientes al sistema de inyección de aire, dichos pozos serán de 1" de diámetro y en la parte superior se colocaran conexiones tipo "T". La red de tubería estará conectada a un tanque elevado de 200 litros de capacidad en el cual se prepararan los insumos a aplicar (Abr Biotrack Dol, Grofol L, Lobi 44 y Humitron 60 S).

Considerando que en el sitio impactado existe una permeabilidad media, en el área de tratamiento se colocara un sistema de infiltración de insumos con el cual se abarcara toda la extensión de la zona impactada de 588.00 m<sup>2</sup>, el cual contara con 39 tubos de pvc cedula 40, de 1" de Ø, perforados y lisos, los cuales se ubicaran entre la red de tubos de inyección de aire que se ubicaran en las áreas A-1 y A-2, en base a la siguiente figura ilustrativa:

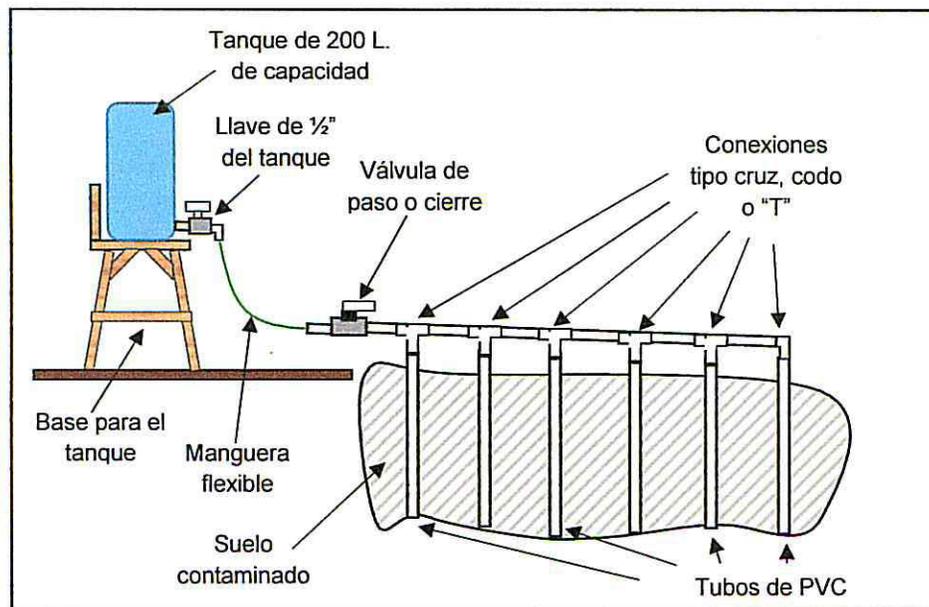


Figura 4.- Diagrama esquemático de infiltración de insumos (ilustrativo).

16. La cantidad y concentración de la solución de nutrientes dependerá del tipo de suelo en tratamiento y concentración de hidrocarburos a remover.

Las cantidades de insumos a emplear, son los indicados en la Tabla 1.- Listado de insumos.

La preparación de los insumos a utilizar, 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 inyecta al suelo en tratamiento a través de la red de pozos independientes del sistema de inyección de aire, abarcando toda el área contaminada.

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

# PROPUESTA DE REMEDIACION

- 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 inyecta al suelo en tratamiento a través de la red de pozos independientes del sistema de inyección de aire, abarcando toda el área contaminada.  
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 e inyectar al suelo en tratamiento a través de la red de pozos independientes del sistema de inyección de aire, abarcando toda el área contaminada.  
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 inyecta al suelo en tratamiento a través de la red de pozos independientes del sistema de inyección de aire, abarcando toda el área contaminada.  
Si se requiere preparar esta solución en cantidades diferentes a las mencionadas, la mezcla se llevara a cabo en partes proporcionales
17. Durante todo el proceso de tratamiento se controlaran las condiciones de temperatura, pH, humedad y cantidad de nutrientes.
  18. Se continuara la aplicación de los insumos por inyección hasta alcanzar los niveles de limpieza requeridos, para lo cual cada 15 días se monitorearan los niveles de hidrocarburos con equipo de campo (petroflag).
  19. 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.
  20. Al concluir el tratamiento y al corroborar con resultados de laboratorio del Muestreo Final Comprobatorio que se cumple con la normatividad ambiental aplicable se llevara a cabo el retiro de la infraestructura utilizada, dándole la disposición adecuada y procediendo al sellado de los pozos.
  21. Los residuos sólidos domésticos que se generen durante los trabajos realizados, se dispondrán en un contenedor de residuos sólidos urbanos, en la primera población que se encuentre cercana al sitio de la zona donde se realizaron los trabajos de remediación del suelo impactado.

La superficie de suelo a remediar en la cual se colocarán los tubos de pvc perforados, tiene un área total de 588.00 m<sup>2</sup> aproximadamente, con una profundidad de 1.30 m, y el volumen de suelo contaminado a remediar in situ es de aproximadamente 764.40 m<sup>3</sup>.

Durante la aplicación de la metodología de remediación por Bioventeo aerobio en el 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 enviará a disposición final en confinamiento controlado por medio de empresas debidamente autorizadas por la SEMARNAT, llevando a cabo esta actividad de la siguiente manera:



## PROPUESTA DE REMEDIACION

- El material obtenido de las perforaciones, puntos de muestreo y suelo adherido al equipo de perforación y demás herramienta, se colocará dentro de costales de rafia plastificados, de acuerdo a lo siguiente:
  - Al realizar las perforaciones en el área impactada donde se aplicara el proceso de remediación por Bioventeo aerobio en el sitio contaminado, el material producto de la perforación se colocará directamente dentro de costales de rafia plastificados y se atan de la parte superior.  
El contenido de cada costal de rafia plastificado será de aproximadamente 25 kilos, utilizando la cantidad de costales de rafia plastificados que sean necesarios.
  - Cuando se realicen tomas de muestras en puntos de muestreo, el material que no corresponda a la muestra en cuestión, se alojara dentro de costales de rafia plastificados y se ataran de la parte superior, colocando en cada costal de rafia plastificado, aproximadamente 25 kilos y empleando la cantidad de costales de rafia plastificados que se requieran.
  - Referente al suelo adherido al equipo de perforación y demás herramienta, el material obtenido de la limpieza del mismo, se acomodará dentro de costales de rafia plastificados con una cantidad aproximada de 25 kilos cada uno, y se atan de la parte superior, usando los costales de rafia plastificados que sean necesarios para contener todo el material obtenido.
- El MSS (material derivado de las perforaciones, puntos de muestreo y suelo adherido al equipo de perforación y demás herramienta), se enviará para su disposición final en confinamiento controlado, cuando se concluya cada una de las actividades donde se obtenga el MSS, las cuales son:
  - Al concluir las perforaciones de toma de muestras,
  - Al concluir las perforaciones para colocar los tubos para el bioventeo,
  - Al concluir las perforaciones para la colocación del sistema de inyección de insumos,
  - Al concluir las perforaciones para determinar la humedad y,
  - Al concluir la limpieza del equipo de perforación y demás herramienta.
- El envío para su disposición final en confinamiento controlado del MSS 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 del MSS de cada sitio al que se le aplicó la metodología de tratamiento o remediación por Bioventeo aerobio en el sitio contaminado, 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.
- Al término de cada una de las actividades por las cuales se obtiene MSS, como son perforaciones y toma de muestras en puntos de muestreo, las perforaciones de estas actividades se rellenarán con suelo limpio semejante al de la localidad.
- El tipo de contaminante a enviar para su disposición final en confinamiento controlado es el MSS (material derivado de las perforaciones, puntos de muestreo y suelo adherido al equipo de perforación y demás herramienta) que cuenta con la característica de tóxico.

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



## PROPUESTA DE REMEDIACION

- Se coloca el termopar 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.

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 realizarán pozos de monitoreo uno cada 25 m<sup>2</sup>, iniciando en 0.30 m de profundidad, posteriormente cada 0.60 m, hasta la profundidad máxima a la que penetra el contaminante. El objetivo de estos pozos de monitoreo es tomar una muestra de suelo en cada uno de ellos y por medio del higrómetro conocer la humedad de cada profundidad, para así en base a la fórmula abajo descrita; conocer la cantidad de agua que se requiere añadir para obtener la humedad necesaria de un 40% para que la bacteria degradadora de hidrocarburos y aditivos puedan abarcar todo el volumen de suelo contaminado.

La humedad se determinará por medio de un higrómetro (Kelway HB-2) que se opera de la siguiente manera,

- a. Se verifica que las placas metálicas del 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 para cocina.
- 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.

	<i>Tipo de Suelo</i>					
	<i>Arena</i>		<i>Limo</i>		<i>Arcilla</i>	
	<i>Saturación</i>	<i>Relativa</i>	<i>Saturación</i>	<i>Relativa</i>	<i>Saturación</i>	<i>Relativa</i>
<b>% Humedad</b>	<i>100.0</i>	<i>25.0</i>	<i>100</i>	<i>45</i>	<i>100</i>	<i>65</i>
	<i>90.0</i>	<i>22.5</i>	<i>90</i>	<i>40.5</i>	<i>90</i>	<i>58.5</i>
	<i>80.0</i>	<i>20.0</i>	<i>80</i>	<i>36.0</i>	<i>80</i>	<i>57.8</i>
	<i>70.0</i>	<i>17.5</i>	<i>70</i>	<i>31.5</i>	<i>70</i>	<i>56.9</i>
	<i>60.0</i>	<i>15.0</i>	<i>60</i>	<i>27.0</i>	<i>60</i>	<i>55.7</i>
	<i>50.0</i>	<i>12.5</i>	<i>50</i>	<i>22.5</i>	<i>50</i>	<i>54.2</i>
	<i>40.0</i>	<i>10.0</i>	<i>40</i>	<i>18.0</i>	<i>40</i>	<i>52.0</i>
	<i>30.0</i>	<i>7.5</i>	<i>30</i>	<i>13.5</i>	<i>30</i>	<i>48.8</i>



## PROPUESTA DE REMEDIACION

	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 = Por ciento de humedad requerida.

c = Por ciento 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 y con el apoyo de una pipa con agua, se dosificara en tambores de 200 litros para poder medir el volumen de agua necesario para después agregarla por medio de un sistema de aspersión al suelo en tratamiento para obtener la humedad requerida.
- h. Como medida de seguridad se dejará una franja de 0.50 m en el perímetro del área en tratamiento para evitar un exceso de humedad que pueda generar lixiviados que afecten al suelo no contaminado.

De la cantidad total de agua calculada, se le resta la cantidad de agua que se utilizara para la preparación de las soluciones acuosas que se aplicaran al suelo en tratamiento, posteriormente se agrega la cantidad de agua resultante para obtener la humedad requerida y nuevamente se toman muestras de suelo para verificar la humedad sin sobrepasar lo especificado.

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.
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.



# PROPUESTA DE REMEDIACION

## 6. Repetir los pasos 4 y 5.

Para conocer la concentración de oxígeno en el suelo en tratamiento, se utilizara el equipo analizador de gases y oxigeno denominado GASALERTMICRO 5 PID y se realizará, conectando el equipo a una sonda de  $\frac{1}{4}$ " de diámetro que se colocará a un lado de cada tubo de pvc que se empotraran de manera conjunta en el suelo natural contaminado con hidrocarburos.

En la parte baja de la sonda, se colocará una malla con el fin de evitar el ingreso de partículas que puedan tapan el conducto, determinando la cantidad de oxigeno como se indica en la siguiente figura:

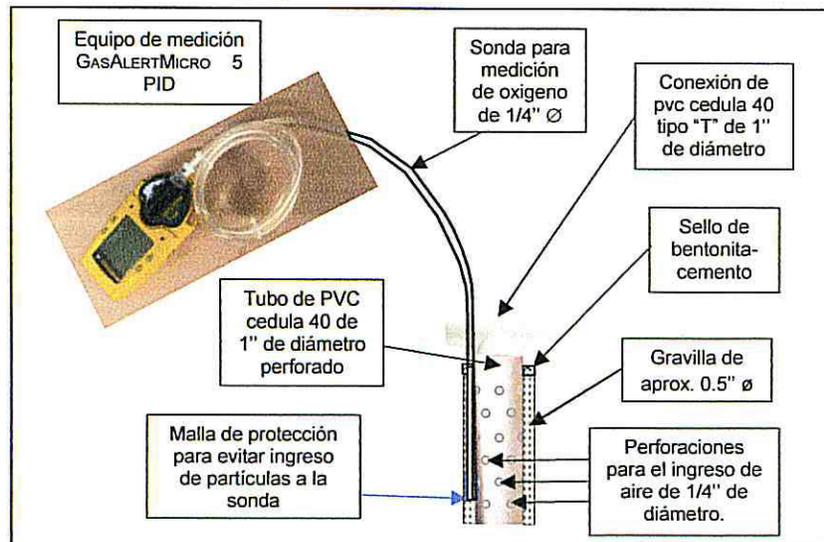


Figura 6.- Determinación de oxígeno en el proceso de tratamiento.

El control del Conteo bacteriano se verifica por medio de la disminución de los niveles de Hidrocarburos utilizando el 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 y con la aireación del suelo en tratamiento, ó si el trabajo de remediación se considera concluido y se procederá al muestreo final comprobatorio.

## 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 realizaran con el equipo de campo "Petro Flag").**



# PROPUESTA DE REMEDIACION

De acuerdo al programa calendarizado, los análisis de campo se realizaran en el mes 1 semana 3, mes 2 semanas 1 y 3 , y mes 3 semana 1, tomando dos muestras del suelo que se encuentra en proceso de remediación, dichas muestras se analizaran en campo cada día que estén programados los análisis.

El muestreo del suelo en tratamiento se llevará a cabo en el área impactada donde se esté realizando la remediación del suelo contaminando, tomando muestras entre superficial y hasta una profundidad de 1.30 m. mismas que se analizaran 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 utilizara durante la toma de muestras del suelo en tratamiento, será un auger de perforación manual de 3" de diámetro, 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 lavara 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 llevaran 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).
  - 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 ( $\pm 0.1$  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).



## PROPUESTA DE REMEDIACION

---

- 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 tapan 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.

*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.



# PROPUESTA DE REMEDIACION

*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 es elaborado por el responsable técnico que realizo 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 y Teléfonos 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 aplicaran los trabajos de remediación, es obtener información con la cual podamos determinar el grado de remediación obtenido de los trabajos de remediación realizados al suelo en tratamiento.

## *7.1.2 El lugar y la fecha de elaboración.*

El presente plan de muestreo se elaborara 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 indicara 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 realizara de la siguiente manera:



# PROPUESTA DE REMEDIACION

- 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 o a las indicaciones del personal de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (AGENCIA).
  - ii. Se evitara 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 afectaran 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 la muestra 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.
    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.



# PROPUESTA DE REMEDIACION

El tiempo durante el cual se realizará el muestreo final comprobatorio en campo, análisis de Laboratorio y de gabinete para la elaboración y entrega del Informe 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 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 Informe Final de la Conclusión del Programa de Remediación.							
Entrega del Informe 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, quienes verificaran las actividades relacionadas con la toma de muestras de suelo.
- b) Personal representante de la persona física [REDACTED] 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 realizo los trabajos de remediación.
- 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.

Nombre del Promovente por tratarse de Persona Física, Art. 113 fracción I de la LGTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

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

El sitio afectado por el derrame de diésel se encuentra del lado derecho de la carretera en sentido Coatzacoalcos – Villahermosa, el área impactada se encuentra en un desnivel de 2.00 metros en relación con la carretera, el sitio es paso de agua pluvial con pequeñas charcas, el tipo de suelo del sitio hasta los 0.50 metros es arcilla arenosa, hasta 1.00 metros es arcilla barrosa, se impactó suelo natural, no se observa la presencia de líneas de telefonía ni de energía eléctrica, el sitio impactado es derecho de vía y propiedad privada con un uso de suelo forestal.

## 7.1.7 La superficie del polígono del sitio.

El área de suelo natural en la cual se aplicará el muestreo, cuenta con una superficie total remediada de aproximadamente 588.00 m<sup>2</sup>.



## PROPUESTA DE REMEDIACION

Área	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
A-1	9.00	3.00	27.00
A-2	33.00	17.00	561.00
<b>AREA TOTAL EN ESTUDIO = 588.00 m<sup>2</sup></b>			

**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 (diésel) derramado, los parámetros a determinar y los métodos analíticos a emplear en las muestras que se tomaran del suelo ya remediado contenido in situ son:

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

Fracción de Hidrocarburos	Método Analítico
Media (HFM)	NMX-AA-145-SCFI-2008
<b>Hidrocarburos Específicos (HAP)</b>	
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
Humedad	NMX-AA-141-SCFI/2014 / NMX-AA-105-SCFI-2014
pH	EPA 9045D-2004

**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 realizara un muestreo dirigido en el suelo total 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 el suelo remediado, 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

En este caso y considerando lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, numeral 7.2.3 Tabla 4, el número mínimo de puntos de muestreo establecido para un área de 588.00 m<sup>2</sup> (menor de 0.1 ha) es de 4 puntos, razón por la cual y con



# PROPUESTA DE REMEDIACION

conocimiento de la superficie remediada, tomaremos muestras de suelo en 4 puntos del área total remediada, siendo de la siguiente manera:

- En el área identificada como A-1, se tomarán muestras en 1 punto de muestreo dentro del estrato del suelo remediado, debido a que la profundidad a la que penetro el contaminante fue de 1.30 m., en este punto de muestreo, el cual será identificado como PM1, se tomaran 2 muestras siendo a profundidades de 0.60 m, 1.20 m. por lo cual, dentro del estrato de suelo remediado se tomaran 2 muestras.

Para verificar que no existió migración del contaminante, en el mismo punto de muestreo propuesto, se tomara una muestra a mayor profundidad de la que penetro el contaminante, siendo está a 1.80m.

Por lo tanto, en este punto de muestreo (PM1) se tomará un total de 3 muestras.

- En el área identificada como A-2, se tomarán muestras en 3 puntos de muestreo dentro del estrato del suelo remediado, debido a que la profundidad a la que penetro el contaminante fue de 1.30 m., en estos puntos de muestreo, los cuales serán identificados como PM2, PM3 y PM4, se tomaran 2 muestras en cada punto, siendo a profundidades de 0.60 m y 1.20 m. por lo cual, dentro del estrato de suelo remediado se tomaran 6 muestras.

Para verificar que no existió migración del contaminante, en los mismos puntos de muestreo propuestos, se tomara una muestra, en cada punto, a mayor profundidad de la que penetro el contaminante, siendo está a 1.80m.

Por lo tanto, en estos puntos de muestreo (PM2, PM3 y PM4) se tomarán un total de 9 muestras.

Como medida de aseguramiento de la calidad, se tomará 1 muestra de suelo duplicada.

La cantidad total de muestras a tomar, será de 13 muestras.

La cantidad de suelo necesaria para determinar los análisis requeridos es de 125 ml.

### *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 (estos puntos de muestreo serán determinados al termino de los trabajos de remediación del sitio), son los indicados en el plano anexo a este plan de muestreo, estos puntos de muestreo de suelo se ubicaran en puntos definidos en base a los trabajos de remediación realizados por personal de la empresa Ecología 2000, S. A. de C. V.

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 y se proponen las siguientes:

No. muestra	Identificación de la muestra	Profundidad de la muestra (m)	Parámetros a Determinar
1	MS-PM1-MFC-CCFM-A1 (0.60m) 020+100	0.60	HFM, HAP, Hum y pH
2	MS-PM1-MFC-CCFM-A1 (1.20m) 020+100	1.20	HFM, HAP, Hum y pH



# PROPUESTA DE REMEDIACION

3	MS-PM1-MFC-CCFM-A1-AMPC (1.80m) 020+100	1.80	HFM, HAP, Hum y pH
4	MS-PM2-MFC-CCFM-A2 (0.60m) 020+100	0.60	HFM, HAP, Hum y pH
5	MS-PM2-MFC-CCFM-A2 (1.20m) 020+100	1.20	HFM, HAP, Hum y pH
6	MS-PM2-MFC-CCFM-A2-AMPC (1.80m) 020+100	1.80	HFM, HAP, Hum y pH
7	MS-PM3-MFC-CCFM-A2 (0.60m) 020+100	0.60	HFM, HAP, Hum y pH
8	MS-PM3-MFC-CCFM-A2 (1.20) 020+100	1.20	HFM, HAP, Hum y pH
9	MS-PM3-MFC-CCFM-A2-AMPC (1.80m) 020+100	1.80	HFM, HAP, Hum y pH
10	MS-PM4-MFC-CCFM-A2 (0.60m) 020+100	0.60	HFM, HAP, Hum y pH
11	MS-PM4-MFC-CCFM-A2 (0.60m) 020+100 DUP	0.60	HFM, HAP, Hum y pH
12	MS-PM4-MFC-CCFM-A2 (1.20m) 020+100	1.20	HFM, HAP, Hum y pH
13	MS-PM4-MFC-CCFM-A2-AMPC (1.80m) 020+100	1.80	HFM, HAP, Hum y pH

MS = Matriz Suelo

PM1 = Punto de Muestreo y número consecutivo

MFC = Muestreo Final Comprobatorio

CCFM = CRISTOBAL COLON FLORES MADRIGAL

(0.60m, 1.20m, 1.80m) = Profundidad de la muestra

020+100 = Sitio remediado

AMPC= A Mayor Profundidad que el Contaminante

DUP = Duplicada

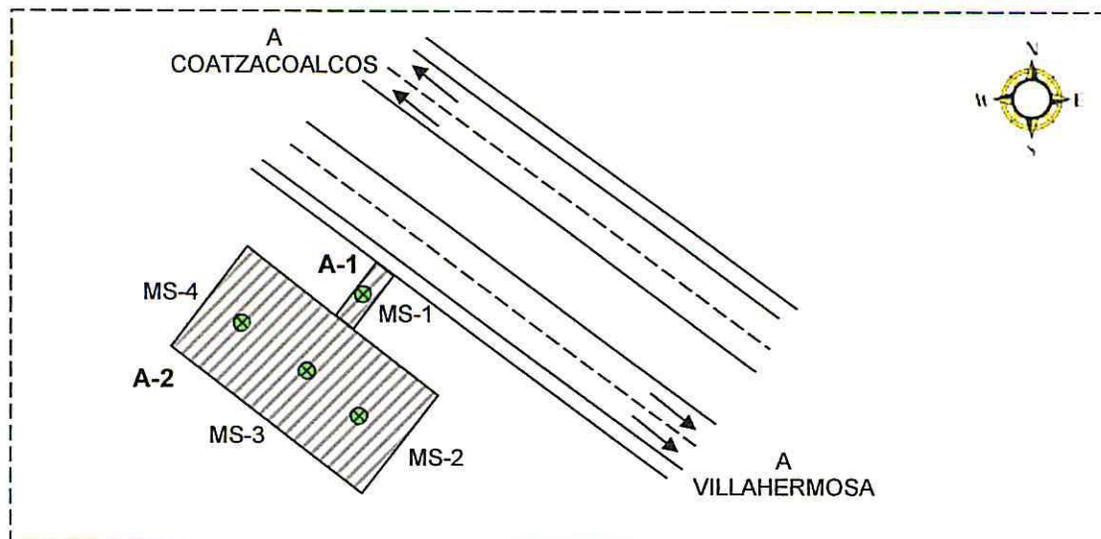
HFM = Hidrocarburos Fracción Media

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, incluye la toma de muestras con un perforador manual.

## UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO PROPUESTOS



**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

# PROPUESTA DE REMEDIACION

El plano correspondiente se anexara al momento de elaborar el escrito mediante el cual se invite a personal de la AGENCIA a verificar las actividades del Muestreo Final Comprobatorio de suelo en el sitio donde se aplicaron 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 el sitio impactado por el derrame de hidrocarburo (diésel), se realizará 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 potable o 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 potable o 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 es 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:

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



# PROPUESTA DE REMEDIACION

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 la Ciudad donde se ubiquen las instalaciones del Laboratorio acreditado ante la EMA y aprobado por la PROFEPA.

### **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 realizara el muestreo, son de acuerdo al sitio remediado que se encuentra al lado derecho de la carretera en sentido Coatzacoalcos – Villahermosa, el área impactada se encuentra en un desnivel de – 2.00 metros en relación con la carretera, por lo tanto, se utilizaran conos color naranja y banderines de señalamiento para delimitar el lugar de trabajo, en caso de requerirse se auxiliara de un banderero para controlar el tráfico vehicular, además el personal utilizara botas de seguridad, casco de seguridad y chaleco preventivo reflejante, las personas participantes en el muestreo de suelo, estacionaran su vehículo a un lado de la carretera.



# PROPUESTA DE REMEDIACION

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 titek, 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 realizara lo siguiente:

- a) Se utilizaran recipientes nuevos libres de contaminación
- b) Entre cada toma de muestra se lavara 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 considerara tomar una muestra duplicada
- d) Inmediatamente después de tomar las muestras, se identificaran con una etiqueta y se les colocara un sello de seguridad para evitar manipulaciones previas al manejo en laboratorio
- e) Las muestras se colocaran en una hielera para preservarlas durante su transporte al laboratorio
- f) Se llenara 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 lo establecido en la TABLA 4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, el número de puntos de muestreo según el área de suelo impactada que es menor de 0.1 ha, el número mínimo de puntos de muestreo establecido para un área de 588.00 m<sup>2</sup> (menor de 0.1 ha) es de 4 puntos, razón por la cual y con conocimiento de la superficie remediada, tomaremos muestras de suelo en 4 puntos del área total remediada, siendo de la siguiente manera:

- En el área identificada como A-1, se tomarán muestras en 1 punto de muestreo dentro del estrato del suelo remediado, debido a que la profundidad a la que penetro el contaminante fue de 1.30 m., en este punto de muestreo, el cual será identificado como PM1, se tomaran 2 muestras siendo a profundidades de 0.60 m, 1.20 m. por lo cual, dentro del estrato de suelo remediado se tomaran 2 muestras.

Para verificar que no existió migración del contaminante, en el mismo punto de muestreo propuesto, se tomara una muestra a mayor profundidad de la que penetro el contaminante, siendo está a 1.80m.

Por lo tanto, en este punto de muestreo (PM1) se tomará un total de 3 muestras.

- En el área identificada como A-2, se tomarán muestras en 3 puntos de muestreo dentro del estrato del suelo remediado, debido a que la profundidad a la que penetro el contaminante fue de 1.30 m., en estos puntos de muestreo, los cuales serán identificados como PM2, PM3 y PM4, se tomaran 2 muestras en cada punto, siendo a profundidades de 0.60 m y 1.20 m. por lo cual, dentro del estrato de suelo remediado se tomaran 6 muestras.

Para verificar que no existió migración del contaminante, en los mismos puntos de muestreo propuestos, se tomara una muestra, en cada punto, a mayor profundidad de la que penetro el contaminante, siendo está a 1.80m.

Por lo tanto, en estos puntos de muestreo (PM2, PM3 y PM4) se tomarán un total de 9 muestras

Como medida de aseguramiento de la calidad, se tomará 1 muestra de suelo duplicada.

La cantidad total de muestras a tomar, será de 13 muestras.

**7.2.5** Las muestras de suelo deben ser simples.

En este caso por tratarse de un derrame de hidrocarburo (diésel), las muestras de suelo que se tomarán en el sitio impactado serán muestras simples (de un solo punto de muestreo, a la profundidad propuesta).

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



# PROPUESTA DE REMEDIACION

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.

## *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 en el sitio donde se aplicaron los trabajos de remediación, no se utilizara ningún tipo de fluido.

Los equipos a utilizar durante el muestreo de suelo son los indicados 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 listado en la TABLA 1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, por lo que, conociendo sus características y por no existir producto en estado líquido, en este caso 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



## PROPUESTA DE REMEDIACION

**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.*

De acuerdo a como ya se mencionó en el numeral 7.1.4 del presente plan de muestreo, al momento de tomar las muestras, los recipientes utilizados se llenaran 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 tomara 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.*

Como ya se mencionó anteriormente, 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



# PROPUESTA DE REMEDIACION

---

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

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 y propiedad privada, se observa que en un futuro el derecho de vía puede ser una ampliación de la carretera, en lo que respecta a la propiedad privada, se observa que seguirá teniendo un uso de suelo forestal.



# 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. 020 + 100 DE LA CARRETERA (180) COATZACOALCOS - VILLAHERMOSA, TRAMO NUEVO TEAPA – ENTRONQUE LA VENTA, MUNICIPIO DE NANCHITAL, ESTADO DE VERACRUZ.**

Tiempo Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Realizar la limpieza superficial del área impactada y agregar el producto Abr Biotrack dol diluido sobre dicha superficie.																
Construir la red del sistema de aireación e inyectar aire de manera continua desde el inicio hasta el final del tratamiento.																
Construir la red de infiltración de insumos.																
Agregar agua en forma de aspersion y por la red de infiltración de insumos al suelo en tratamiento, checando la humedad hasta obtener lo deseado.																
Preparar y agregar por medio del sistema de infiltración de insumos, de uno en uno, los productos Humitron 60 S, Grofol L, Lobi 44 y Abr biotrack dol,																
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 retira la infraestructura utilizada.																

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



***ANEXO***  
***MEMORIA***  
***FOTOGRAFICA***



ecología 2000®

# ANEXO FOTOGRAFICO

IMÁGENES DEL AREA IMPACTADA POR EL DERRAME ACCIDENTAL DE DIESEL.



# 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.



VISTA DEL LAVADO DEL EQUIPO UTILIZADO DURANTE EL MUESTREO DE SUELO Y FORMA COMO SE PRESERVAN LAS MUESTRAS.

