

INFORME FINAL

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA FEDERAL TOLUCA-ATLACOMULCO EN EL KM 6+000, MUNICIPIO TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO.

CDMX, JUNIO 2020

Contenido

1	ANTECEDENTES	1
1.1	Descripción del Accidente y Áreas Afectadas.....	1
1.2	Trabajos de Atención a la Emergencia.....	3
1.3	Características de la Gasolina	3
2	MARCO LEGAL APLICABLE.....	5
3	ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN.....	6
4	OBJETIVO.....	8
4.1	Objetivo General	8
4.2	Objetivos específicos	8
5	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO CONTAMINADO.....	10
5.1	Localización del sitio	10
5.2	Características ambientales de la zona	12
5.2.1	Orografía.....	12
5.2.2	Hidrografía	13
5.2.3	Clima	13
5.2.4	Flora	13
5.2.5	Fauna	14
5.2.6	Clasificación y Uso del Suelo	14
5.3	Población e Infraestructura	14
5.3.1	Cultura indígena en Toluca	14
5.3.2	Desempleo y economía en Toluca.....	15
5.3.3	Viviendas e infraestructuras en Toluca	15
5.3.4	Escuelas en Toluca.....	15
5.3.5	Vías de Comunicación.....	15
5.3.6	Vía de acceso al sitio de estudio	15
6	METODOLOGÍA Y TRABAJOS DE CAMPO	16

6.1	Aviso a la ASEA.....	16
6.2	Etapa de Planeación	16
6.3	Etapa de Trabajos de Campo.....	17
6.4	Etapa de Gabinete.....	17
6.5	Recopilación de información	18
6.6	Localización del sitio	18
6.7	Determinación del área afectada.....	18
6.8	Levantamiento topográfico.....	18
6.9	Planeación de la Toma de Muestras	19
6.9.1	Plan para la toma de Muestras	19
6.9.2	Parámetros a Analizar.....	20
6.10	Laboratorio para toma de Muestras y Análisis	22
6.11	Toma de Muestras.....	22
6.12	Aspectos Técnicos	24
7	RESULTADOS.....	25
7.1	Trabajos de campo realizados y análisis de resultados.....	25
7.2	Ubicación de los puntos de muestreo	25
7.3	Perforación de pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico	25
7.4	Toma de muestras de suelo de 0.20 m, 0.25 m y 1.00 m de profundidad y resultados de análisis de laboratorio de la determinación de HFL y BTEX's	26
7.4.1	Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera	28
7.4.1.1	Resultados de análisis a muestras a los 0.20 m de profundidad	28
7.4.1.2	Resultados de análisis a muestras a 0.25 m de profundidad	30
7.4.1.3	Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras a 1.00 m de profundidad.....	32
7.4.2	Resultados de Laboratorio para determinar Tolueno, Benceno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX).....	33

7.5	Integración y análisis de los resultados de laboratorio	36
8	IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE.....	37
8.1	Modelo De Simulación.....	37
8.2	Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.20 m de profundidad	39
8.3	Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por BTEX a 0.20 m de profundidad.....	41
8.4	Determinación del área y volumen total de contaminación	43
9	IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE.....	45
9.1	Estimación de Daños al Ambiente	45
9.2	Estimación de Daños Materiales.....	47
10	EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y A LA SALUD HUMANA	48
10.1	Riesgo a la Salud Humana.....	48
10.2	Evaluación de Riesgo Ecológico	48
11	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	50
12	PLAN DE SANEAMIENTO	52
12.1	Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFL y BTEX	53
12.1.1	Diseño de la retícula de pozos.....	54
12.1.2	Equipos para la inyección de aire, sustancias y la extracción de gases generados durante el proceso de tratamiento.....	56
12.1.3	Bacterias para una bioaugmentación	57
12.1.4	Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento.....	57
12.1.5	Evaluaciones de seguimiento	60
12.1.6	Evaluación final	61
12.1.7	Informe final y Reintegración de material a su lugar de origen.....	61
12.1.8	Tiempo requerido para el tratamiento.....	62

Índice de Figuras

Figura 1. Esquematización de las áreas afectadas por el siniestro.....	2
Figura 2. Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina	11
Figura 3. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina	11
Figura 4. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina	12
Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo en el área afectada por el derrame de Gasolina	20
Figura 6. Perfil estratigráfico de la zona de estudio	26
Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.20 m de profundidad.....	30
Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo que no presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.25 m de profundidad.....	31
Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones menores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 1.00 m de profundidad.....	33
Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones que sobrepasan los LMP para BTEX establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 a 0.20 m de profundidad.	35
Figura 11. Seccionamiento del área afectada para el cálculo del volumen.....	38
Figura 12. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m	40
Figura 13. Simulación de la pluma contaminante de BTEX a 0.20 m	42
Figura 14. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno..	43
Figura 15. Modelo 3D de la pluma contaminante total	44
Figura 16. Zona del derrame de Gasolina Magna.....	45
Figura 17. Suelo contaminado con HFL hasta 0.90 m. Sondeo inicial.....	46
Figura 18. Sondeo inicial en la zona afectada.....	46

Figura 19. Distribución de los pozos para la restauración de suelo contaminado con HFL y BTEX.....	55
Figura 20. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento.....	56
Figura 21. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"	62

Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012, para Uso de Suelo Industrial y Comercial.	5
Tabla 2. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX para Uso de Suelo Industrial y Comercial (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012).....	8
Tabla 3. Puntos de Muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar.....	21
Tabla 4. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM.....	22
Tabla 5. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo a 0.20, 0.25 y 1.00 m de profundidad.....	27
Tabla 6. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m de profundidad.	29
Tabla 7. Resultados de análisis de laboratorio para HFL a 0.25 m de profundidad.....	31
Tabla 8. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m de profundidad.	32
Tabla 9. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.20 m de profundidad.....	34
Tabla 10. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.25 m de profundidad.	34
Tabla 11. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 1.00 m de profundidad.	35
Tabla 12. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m de profundidad	39
Tabla 13. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.20 m.....	40
Tabla 14. Resultados de análisis de laboratorio de BTEX a 0.20 m de profundidad.....	41
Tabla 15. Área y volumen de suelo contaminado BTEX 0.20 m.....	42
Tabla 16. Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de la sobre posición de las plumas contaminantes.....	44
Tabla 17. Resumen del área contaminada por sección.....	53

ANEXOS

- A. Memoria Fotográfica
- B. Informe del siniestro. Copia de acuse de recibido de notificación a la ASEA.
Formatos P-ASEA-USIVI-004 Y P-ASEA-USIVI-005
- C. Carta Porte
- D. Protocolo de muestreo
- E. Plano "Levantamiento topográfico (T1)"
- F. Plano "Ubicación Puntos de Muestreo (M1)"
- G. Plano "Plumas de Contaminación (M2, M3 y M4)"
- H. Resultados de Análisis de Laboratorio
- I. Acreditación del Laboratorio

1 ANTECEDENTES

1.1 Descripción del Accidente y Áreas Afectadas

El 2 de diciembre del 2019, un autotankue perteneciente a la empresa Javier Cantú Barragán, sufrió un accidente mientras transitaba por la Carretera Federal Toluca-Atlaconomulco en el Km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México, provocando que se derramaran 25,000 litros aproximadamente de Gasolina Magna.

Bajo la política de cumplir con lo dispuesto por la Ley ambiental del país, la empresa Javier Cantú Barragán, realizó los trámites pertinentes para dar aviso a la autoridad ambiental implicada, Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA), estableciendo el compromiso de realizar los trabajos necesarios para reparar los daños a la salud de la población, al ambiente y los bienes materiales que se hubieren afectado. Lo anterior lo realiza con la participación de Quálitas Seguros S.A. con quien tiene contratada la Póliza 0580077272/154 para dar seguimiento al trámite conducente para la reparación de los daños.

Por ese motivo, se designó a la empresa Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. (CAEPSA), para realizar los trabajos de evaluación de los daños ambientales que se pudieron provocar, así como de todos aquellos trámites ambientales que se generen con la autoridad competente.

Para evaluar los daños ambientales ocasionados por el derrame de Gasolina Magna en la zona, el personal de Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. realizó una visita al sitio del siniestro el día 11 de diciembre de 2019.

El punto del siniestro se ubica dentro de la zona del corredor industrial. El uso del suelo en la zona es Industrial y Comercial. En el siniestro se derramaron 25,000 L de gasolina aproximadamente. El accidente se provocó cuando un vehículo invadió el carril por el cual circulaba el autotankue; ocasionando que se proyectara hacia el camellón central y se volcara, ocasionando el derrame de la gasolina, la cual escurrió sobre el suelo del camellón hasta detenerse donde inicia un andador de piso de concreto que atraviesa el

camellón, donde formo un pequeño encharcamiento. De lo anterior se estimó un área afectada de suelo natural de 371.80 m² aproximadamente.

En la visita inicial se tuvo conocimiento del escurrimiento generado sobre la carpeta asfáltica y hacia la cuneta ubicada del lado contrario del camellón (atravesando la carpeta asfáltica), sin embargo, el día que se realizó la visita no se identificó presencia del hidrocarburo en esa área. En la zona afectada por la contaminación también se ubicaron dos ductos, uno de ellos perteneciente a la empresa Naturgy S.A. de C.V y el otro perteneciente a PEMEX Logística. En la siguiente figura se muestra la esquematización de las áreas afectadas por el siniestro.



Figura 1. Esquematización de las áreas afectadas por el siniestro

Para tener la certeza de la ubicación y profundidad a la que se ubican los ductos, se requirió solicitar la intervención de personal especializado tanto de Pemex Logística como de la empresa Naturgy para que ubicaran los ductos.

Se debe hacer la precisión que se tuvo que realizar diversos trámites para que el personal especializado tanto de Pemex Logística como de la empresa Naturgy, pudiera realizar los sondeos para la ubicación de los ductos. Gestión que se llevó varias semanas pero que después de diversas evaluaciones se determinó que en el área identificada como afectada, solo era atravesada por el ducto perteneciente a la empresa Naturgy y estaba a una profundidad de 1.30 m. Los ductos de Pemex se encontraban fuera del área afectada y solo era el área del Derecho de Vía lo que se encontraba dentro del área afectada.

1.2 Trabajos de Atención a la Emergencia

En el lugar se presentaron miembros de la policía municipal y de los bomberos. Así mismo el personal de la compañía acudió al lugar de los hechos para realizar la limpieza de las vías de comunicación. Estas actividades de limpieza y lavado con surfactante de la carpeta asfáltica es la que elimino la presencia de la gasolina, la cual fue arrastrada hacia el drenaje municipal.

1.3 Características de la Gasolina

La Gasolina Magna es un líquido inflamable no corrosivo, de color rojo y con olor característico, y resulta reactiva con materiales que son fuertes oxidantes y con fuentes de ignición.

- Usos

La gasolina es un hidrocarburo que se utiliza principalmente como combustible en motores de combustión interna; aunque también tiene otros usos como son: combustible en lámparas o estufas, limpiador y solvente.

- Riesgo

Vías de entrada: Inhalación de vapor, ingestión y absorción cutánea del líquido.

- Efectos Nocivos

La gasolina tiene efectos tóxicos agudos como son: irritación e hiperemia conjuntival, cefalea, mareo, náuseas, vértigo, nistagmos, falta de coordinación, desorientación, confusión, ataxia, miosis, delirio, depresión del sistema nervioso central, arritmias, coma, hemorragia aguda temprana del páncreas y degeneración grasa del páncreas. Así mismo puede causar otros efectos como bronquitis o neumonía. Es un agente mutagénico y cancerígeno en animales.

La toxicidad sistémica por exposiciones repetidas se presentan en la piel como la xerosis dérmica; en el sistema digestivo: vómito y diarrea, en el sistema nervioso central: insomnio, mareos, dolor de cabeza, ataxia, delirio y coma; y por último en el sistema hematológico provocando enfermedades como la anemia.

- Medidas de Protección Personal

No se debe de ingerir alimentos, beber o fumar durante el manejo de la sustancia. No usar lentes de contacto. Emplear anteojos de seguridad con protección lateral, respirador con filtro para vapores orgánicos y en caso de atención de fugas o derrames usar careta facial, y equipo de respiración autónomo. Cuando exista contacto prolongado con la piel usar botas y guantes de hule.

2 MARCO LEGAL APLICABLE

La legislación actualmente en México para la evaluación de la contaminación de los suelos por hidrocarburos es la "Norma Oficial Mexicana NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012 que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación".

En esta norma se establecen las concentraciones máximas de hidrocarburos y sus componentes principales que se deberán presentar en los suelos afectados, para que éstos se consideren contaminados. En la *Tabla 1*, se describen los parámetros a evaluar correspondientes al presente siniestro de derrame de Gasolina Magna, marcando la concentración máxima permisible (en mg/kg) de acuerdo al uso del suelo y el método analítico reconocido definidos en la *NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012*.

Tabla 1. Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012, para Uso de Suelo Industrial y Comercial.

Contaminante	Concentración Máxima Permitida (mg/kg)	Método Analítico
HFL	500	NMX-AA-105-SCFI-2008
Benceno	15	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	25	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xilenos	100	NMX-AA-141-SCFI-2007

En México, el marco legal ambiental referente al manejo de la contaminación de los suelos que se tiene, además de la Norma Oficial Mexicana NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación, se cuenta con:

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente,
- La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- El Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

3 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

Una vez que se han realizado los trabajos de identificación del área afectada, delimitando la superficie y la posible ruta por donde se desplazó el contaminante, se procedió a planear la realización del Estudio de Caracterización.

Derivado de que se presenta contaminación por Gasolina Magna y tratándose de la fracción ligera del hidrocarburo se considera en el presente estudio la presencia de otros contaminantes como son: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX); y se tomó como referencia para su evaluación lo establecido en la *NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, "Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelo y Lineamientos para el Muestreo y Especificaciones para la Remediación"*, bajo el concepto de Uso de Industrial y Comercial.

Tal como se establece en la *Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)* se define la caracterización de sitios contaminados como "la determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación".

La realización del Estudio de Caracterización en el área afectada por contaminación de Gasolina y BTEX, permitirá identificar con certeza la existencia de los contaminantes y sus concentraciones a fin de poder determinar, si es el caso, si existen concentraciones que sobrepasen los Límites Máximos Permisibles establecidos en la *NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012*, determinando superficies afectadas y profundidad de penetración, reportándose el volumen de suelo contaminado, expresado en metros cúbicos.

Para realizar el estudio de caracterización de sitio, se requiere trabajar en una "evaluación integral", la cual comprende de la recopilación de toda la información referente al sitio, tal como los antecedentes del accidente ocurrido, características del sitio y del entorno ecológico (su ubicación), actividad desarrollada en el lugar, sustancia derramada, posibles fuentes externas de contaminación, etc.

Una vez recopilada esta información se elabora un “plan de caracterización” donde se señalan las posibles áreas críticas y los métodos para determinar la distribución del o los contaminantes en el sitio en cuestión. De lo anterior se obtiene una evaluación cuantitativa del grado de contaminación en el sitio afectado, justificada mediante el análisis del contaminante por métodos y técnicas de instrumentación y control de laboratorios acreditados. La evaluación final se presenta con la obtención de una pluma contaminante, identificando su localización dentro del sitio contaminante.

Con todo lo anterior, se busca la mejor alternativa para la remediación del sitio mediante técnicas probadas y admitidas por la autoridad ambiental. Esta actividad es el punto concluyente del proceso técnico que se sigue para rehabilitar un sitio, con lo que se pretende devolver al suelo (si es factible) su uso potencial de acuerdo a su vocación natural, así como su uso correspondiente de acuerdo a los planes y programas de ordenamiento territorial, estatal y municipal.

En México, la dependencia que se encarga de establecer las metodologías e instrumentos normativos que deben seguirse para realizar los trabajos de caracterización y remediación de sitios contaminados con hidrocarburos es la: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). Esta última es quien tiene la obligación de vigilar que esto se lleve a cabo.

4 OBJETIVO

4.1 Objetivo General

Realizar el Estudio de Caracterización del sitio identificado como: "*Derrame de Gasolina Magna por volcadura de un autotanque en la Carretera Federal Toluca-Atlacomulco en el km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México*", para determinar el nivel de contaminación por Gasolina Magna (Hidrocarburos Fracción Ligera) y/o BTEX, dimensionando la superficie y el volumen de suelo afectado, proponiendo las opciones para su saneamiento.

El estudio se realizó con base en la actual Normatividad Mexicana, bajo los criterios de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 la cual indica los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación para Uso de Suelo Industrial, mostrados en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX para Uso de Suelo Industrial y Comercial (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)

PARÁMETRO	Límite Máximo Permisible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	500
Benceno	15
Tolueno	100
Etilbenceno	25
Xilenos	100

4.2 Objetivos específicos

- Localizar el sitio de estudio mediante coordenadas geográficas, elaborando croquis y planos.
- Realizar la búsqueda documental para la caracterización del sitio.
- Realizar un levantamiento topográfico del sitio de estudio.

- Determinar el comportamiento del contaminante, su desplazamiento vertical y horizontal, así como de las características del área afectada y del área libre de hidrocarburo.
- Realizar la perforación vertical de pozos de muestreo manualmente, extrayendo núcleos inalterados de suelo en la zona contaminada.
- Tomar muestras de suelo contaminado para su análisis en laboratorio, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
- Determinar de las características específicas del área no contaminada aledaña al sitio afectado mediante una simulación de la migración del contaminante en el suelo.
- Realizar el informe final del estudio de caracterización y la propuesta de remediación de acuerdo a los resultados obtenidos.

5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO CONTAMINADO

Como elemento importante del Estudio de Caracterización es necesario saber las características ambientales y sociales del área donde se originó el siniestro a fin de proyectar los alcances de la afectación por la contaminación. A continuación se presenta una descripción de las características de la zona de estudio. Se anexa memoria fotográfica de las visitas realizadas, incluyendo toma de muestras por el laboratorio (ANEXO A).

5.1 Localización del sitio

El municipio de Toluca se ubica en la zona central del Estado de México, entre los paralelos 18°59'02" y 19°27'09" latitud norte y los meridianos 99°31'43" y 99°46'58" longitud oeste; y una altitud promedio de 2,600 m. Colinda al norte con Temoaya y Ozolotepec; al noroeste con Almoloya de Juárez; al sur con Villa Guerrero, Coatepec Harinas, Calimaya y Tenango del Valle; al sureste con Metepec; al este con Lerma y San Mateo Atenco y al oeste con Zinacantepec. Es la capital del Estado de México, y se encuentra a 72 kilómetros de distancia de la capital del país.

La zona donde ocurrió el derrame de Gasolina Magna fue en la carretera federal Toluca-Atlacomulco en el Km 6+500 en el Municipio de Toluca, Estado de México. Las coordenadas geográficas del punto del siniestro son: Long 19°20'8.22" y Lat. 99°40'1.74" y perteneciente a la Zona UTM 14Q con Coordenadas UTM 429923.23 mE – 2138098.46 mN. En las siguientes figuras se muestra la ubicación de la zona.



Figura 2. Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 3. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 4. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina

5.2 Características ambientales de la zona

5.2.1 Orografía

El municipio de Toluca presenta uno de los niveles volcánicos más importantes, Xinantecatli o Nevado de Toluca, el cual fue formado por emisiones alternas de productos piroclásticos y derrames. Junto a la cabecera municipal, se alza un sistema de cerros con ramificaciones. Los cerros que conforman este sistema son: Huitzila, Cóporo, Zopilocalco, Toloche y San Miguel; que al suroeste y oeste forman La Teresona, colina en declive que se conecta en uno de sus extremos con el cerro de Coatepec.

La zona donde ocurrió el siniestro es en su mayoría plana y solo se presenta una ligera pendiente, no mayor a 5°.

5.2.2 Hidrografía

El municipio de Toluca pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago (91.16%) y Balsas (8.84%), cuenca R. Lerma-Toluca. Las corrientes de agua corresponden al río Lerma, el Jabalí, el Toro, la Ciénega, las Conejeras, las Cruces, San Gaspar, San Lucas, Tejalpa, Terrerillos, Verdigel y Zacango (perennes). Los cuerpos de agua del municipio son: Laguna de la Luna, Laguna del sol, Dolores, San Miguel, San Nicolás y José Antonio Álzate (perennes). En cuanto a los cuerpos de agua intermitentes se tienen La Providencia, San Jerónimo y San Mateo.

En la zona de estudio no existe presencia de cuerpos de agua superficiales o subterráneos que se puedan ver afectados por el derrame de gasolina.

5.2.3 Clima

De acuerdo con el "Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos" del municipio de Toluca, México con clave geoestadística 15106 el municipio se caracteriza por tener en un 73.79% un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. El otro 23.23% corresponde a un clima semifrío, subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad y el 2.98% frío de altura con marcado invierno. El municipio tiene una precipitación pluvial promedio de 800 a 1,500 mm, principalmente en los meses de junio a septiembre. La temperatura promedio anual que se reporta es de 4° a 14°C.

5.2.4 Flora

La vegetación en el municipio de Toluca está compuesta principalmente por bosques de pino, aile, ocote y oyamel. El alcatraz, bugambilia, clavel, geranio, jacaranda y el malvón son algunas de las plantas de ornato que se pueden encontrar en esta área. En cuanto a los árboles frutales se tienen el capulín, chabacano, durazno, higo, manzana, membrillo, pera y tejocote, por mencionar algunos.

En el área donde ocurrió el siniestro la vegetación presente corresponde a pasto, y a unos metros se tienen ejemplares de algunos árboles como pinos.

5.2.5 Fauna

La fauna que se puede encontrar en el municipio de Toluca corresponde a las ardillas, ratas, ratones, cacomiztles, conejos de campo, coyotes, hurones, y zorros; el ganado vacuno, porcino y ovino así como las aves de corral son otro ejemplo de esta. También se pueden encontrar insectos como las abejas, alacranes, arañas, azotadores, catarinas, cochinillas, cucarachas, entre otros. De igual forma existen víboras de cascabel, lagartijas, camaleones y alicantes. En la zona de estudio se observó en su mayoría insectos y algunas ardillas.

5.2.6 Clasificación y Uso del Suelo

En el municipio de Toluca, existen diferentes tipos de suelo. El primero, Phaeozem (23.08%), el cual es formado a partir de materiales aluviales recientes aportados por ríos y tienen un alto interés agrícola. El segundo es el Andosol (18.5%) seguido por el Vertisol (15.89%), Arenosol (3.42%) y el Plariosol (0.46%).

El uso de suelo en el municipio corresponde principalmente a la zona urbana (37.18%) seguido por la agricultura (37.01%), y los bosques con un 14.02%, pastizales con 9.22% y zona sin vegetación 1.1%. En el área donde se ocurrió el siniestro el tipo de uso de suelo es industrial y comercial.

5.3 Población e Infraestructura

De acuerdo con el censo nacional, INEGI 2010, el municipio de Toluca tiene una población total de 819,561 habitantes de los cuales el 48.18% (394,836 habitantes) son hombres y el 51.82% restante (424,725 habitantes) son mujeres. La densidad de población del municipio es de 2,050 habitantes/ km². El 95.2% de la población mayor a 25 años es analfabeta; y el grado de escolaridad promedio es de 10.2.

5.3.1 Cultura indígena en Toluca

Las culturas indígenas en el municipio de Toluca se componen principalmente de dos grupos: los Otomíes y los Matlatzincas, aunque esta última prácticamente ha desaparecido del municipio.

La cultura otomí tiene presencia en 21 municipios del estado de México, y en el municipio de Toluca tienen baja marginación. La principal actividad económica es la agricultura, particularmente el cultivo de maíz, frijol, haba, trigo y avena; además de la cría de ovejas, cerdos, vacas, caballos y especies menores como pollos y conejos; dichas actividades son para autoconsumo o venta. El otomí es una de las lenguas hablada en México por 240 mil personas aproximadamente y posee cuatro dialectos diferentes.

5.3.2 Desempleo y economía en Toluca

El 52.3% de la población mayor de 12 años del municipio se encuentra económicamente activa (36.0% de la población femenina y 64% de la población masculina).

5.3.3 Viviendas e infraestructuras en Toluca

En el municipio existen un total de 218,639 viviendas de las cuales el 99.7% cuentan con electricidad, el 96.0% tienen agua entubada, el 98.6% cuentan con sanitario, el 43.4% tienen servicio de televisión de paga, el 37.1% cuenta con computadora personal, el 38.8% tiene teléfono fijo y el 81.2% cuenta con teléfono celular, únicamente el 35.8% cuentan con internet.

5.3.4 Escuelas en Toluca

De acuerdo con el censo de Escuelas, Maestros y Alumnos de Educación Básica y Especial 2013 del Atlas Educativo, el municipio cuenta con 830 instituciones de educación básica, 294 centros de apoyo a la educación básica, 29 instituciones de apoyo a la educación especial y 7 escuelas de educación especial.

5.3.5 Vías de Comunicación

La principal vía de comunicación para llegar al municipio de Toluca es a través de la carretera Toluca-Atlacomulco (55D) o por la carretera Querétaro-México (57D).

5.3.6 Vía de acceso al sitio de estudio

Para llegar al sitio de estudio se puede acceder a través de la carretera Toluca-Atlacomulco (55D).

6 METODOLOGÍA Y TRABAJOS DE CAMPO

Para los trabajos de Caracterización de Sitios Contaminados con Hidrocarburos, se considera como primera instancia el aviso a la autoridad ambiental ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente), seguido de una etapa de planeación, una de trabajos de campo y finalmente una de trabajos en gabinete.

6.1 Aviso a la ASEA

Se dio la notificación del siniestro a la ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente) vía Oficialía de Partes el 5 de diciembre de 2019, mediante los Formatos P-ASEA-USIVI-004 de Aviso Inmediato y P-ASEA-USIVI-005 Formalización de Aviso para la ASEA (ANEXO B). Se anexa carta porte (ANEXO C).

CAEPSA notificó a la ASEA el 14 de febrero de 2020 a través del Oficio CAE-08/2020 de fecha 14 de febrero de 2020 de la propuesta de la toma de muestras en la zona de estudio para conocer las condiciones ambientales del sitio de acuerdo a lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, lo anterior contenido en el Protocolo de Muestreo (ANEXO D).

6.2 Etapa de Planeación

En esta etapa, se recabó la información y datos acerca del siniestro, producto y volumen derramado y también se visitó el sitio recabando información importante tal como el uso del suelo, superficie afectada, topografía, etc.

Es en esta etapa que se requirió el apoyo por parte de la empresa Naturgy S.A. de C.V y de PEMEX Logística, a fin de poder ubicar los ductos que se encuentran en la zona, ya que se identificó que el área afectada se ubica dentro del Derecho de Vía de los ductos de las 2 empresas.

Después de lograr consensar con representantes de las 2 empresas, se presentaron hasta finales de enero, una cuadrilla del área de mantenimiento del Sector Ductos Valle de México de Pemex Logística, quienes ubicaron que sus ductos se encuentran por fuera del área afectada identificada a una distancia aproximada de 10 m.

En la segunda semana de febrero, se presentó personal de la empresa Naturgy S.A. de C.V, quienes ubicaron la zona, dentro del área afectada, por donde pasa un gasoducto, el cual se encuentra a una profundidad de 1.30 m.

Con esta información se tiene los elementos para considerar el tipo de trabajo a realizar, se estima el volumen de obra y la forma de realizar los trabajos.

6.3 Etapa de Trabajos de Campo

En esta etapa, se realizó en campo los diversos trabajos necesarios para hacer un reconocimiento detallado, para determinar si existe presencia de contaminante en el suelo y subsuelo, se pudo identificar el área afectada y de forma indirecta y directa a través de las perforaciones, así como realizar la toma de muestras de suelo e identificar la presencia o ausencia de contaminante.

La realización de los trabajos de campo, consideró las actividades de delimitación del área de estudio, levantamiento topográfico, realización de trabajos de evaluación, perforación de pozos y toma de muestras de suelo, las cuales se remitieron al laboratorio acreditado para su análisis.

6.4 Etapa de Gabinete

En esta etapa, se realizaron los trabajos para la elaboración del informe, y en ella se integró toda la información recabada, la descripción de los trabajos realizados y el análisis de resultados de los estudios de gasometrías y análisis de laboratorio. Se realizó una modelación con un software que permitió dimensionar y cuantificar el área que se encuentra contaminada.

Con las conclusiones generadas de los resultados obtenidos, se realizó la propuesta de la técnica autorizada por las autoridades ambientales para llevar a cabo el saneamiento del suelo contaminado.

6.5 Recopilación de información

Con la finalidad de conocer un panorama sobre el marco físico, biológico y socioeconómico del sitio y previo a los trabajos de campo, se realizó el acopio de información del medio físico, tal como hidrología, climatología, etc. del área de estudio y de su entorno; en dependencias gubernamentales tales como Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Municipio de Toluca, Sistema Meteorológico Nacional (SMN); en instituciones de educación superior como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), entre otras.

6.6 Localización del sitio

Durante el desarrollo de los trabajos en campo, como primera actividad se realizó la ubicación del sitio, utilizando un posicionador geográfico Garmin con una precisión de ± 5 m, para obtener una referencia satelital en los límites del área de estudio. Las coordenadas del punto del siniestro son: Longitud $19^{\circ}20'8.22''$ Latitud $99^{\circ}40'1.74''$ y Coordenadas UTM 14Q 429923.23 mE – 2138098.46 mN. El Uso del Suelo en la zona afectada es industrial y comercial.

Se determinó el área afectada, con base en la topografía del terreno, la distribución del escurrimiento de la Gasolina; y se consideraron las observaciones de campo tales como realización de sondeos hasta 1.20 m de profundidad, impregnación del hidrocarburo en el suelo, vegetación afectada, características organolépticas, condiciones climáticas y barreras físicas. Obteniendo como resultado un área preliminar a estudiar correspondiente al área delimitada por el levantamiento realizado.

6.7 Determinación del área afectada

Con base en los resultados de los sondeos y observaciones de campo, se marcaron los límites que se consideran para el área de estudio, para lo cual se usaron estacas y se marcaron las líneas de la poligonal determinada.

6.8 Levantamiento topográfico

Como parte de los trabajos del estudio de caracterización, se realizó un levantamiento topográfico, con lo que se pudo determinar la pendiente del terreno y por lo tanto, tener

en planta y a escala todas las características físicas del sitio, para poder determinar con mayor exactitud la pluma de contaminación.

La superficie del levantamiento topográfico fue de 18,609.77 m², estando dentro de su perímetro el área de estudio y las zonas circunvecinas que servirán como referencia para las siguientes etapas, generándose un plano topográfico (ANEXO E). El equipo utilizado para el levantamiento fue el siguiente:

- Estación total FOCUS 8 SPECTRA PRECISION precisión $\pm 1''$.
- Triple aluminio con plomada.
- Bastón con prisma de -0.30 OFFSET.
- GPS Garmin Precisión $\pm 5''$.
- Brújula 1" \emptyset c/ OFFSET simple.

6.9 Planeación de la Toma de Muestras

Con la información de campo ya recabada se generó un Protocolo de Muestreo donde se propuso la toma de muestras de suelo, considerando la superficie afectada.

6.9.1 Plan para la toma de Muestras

El Plan de Muestreo consideró la delimitación del área de estudio la que para el presente sitio se consideró una superficie total afectada de 371.80 m², la cual corresponde al área afectada. En total se propone ubicar 16 puntos de muestreo dentro del área afectada para la toma de 2 muestras de suelo en cada pozo a diferentes profundidades, para analizar en el laboratorio. Para delimitar la pluma contaminante se propone colocar 8 puntos de muestreo. Adicionalmente se tomarán 4 muestras duplicadas. En total se tomarán 44 muestras (40 simples y 4 duplicadas).

En la siguiente figura se presenta el croquis donde se ubican los puntos para la toma de muestras de suelo para analizar en el laboratorio.



Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo en el área afectada por el derrame de Gasolina

6.9.2 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar, considerando que el contaminante es Gasolina, de acuerdo a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 fueron: Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) y BTEX.

De acuerdo a los sondeos realizados en el levantamiento de campo inicial, donde se detectó presencia de gasolina hasta 0.90 m de profundidad, se propuso que en los puntos de muestreo se tomaran muestras de suelo a 0.20 y 1.00 m de profundidad en el área identificada como afectada y a 0.25 m de profundidad en los puntos de muestreo delimitantes.

En la siguiente tabla se resume la cantidad de pozos a perforar, profundidad del pozo, las muestras a tomar, las profundidades para toma de muestras y los parámetros a analizar, de acuerdo a lo marcado en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Tabla 3. Puntos de Muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar.

No.	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX
PI-1	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-2	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-3	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-4	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-5	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-6	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-7	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-8	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-9	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-10	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-11	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-12	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-13	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-14	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-15	2	0.20 - 1.00	√	√
PI-16	2	0.20 - 1.00	√	√
PE-1	1	0.25	√	√
PE-2	1	0.25	√	√
PE-3	1	0.25	√	√
PE-4	1	0.25	√	√
PE-5	1	0.25	√	√
PE-6	1	0.25	√	√
PE-7	1	0.25	√	√
PE-8	1	0.25	√	√
Muestras duplicadas	4	-	√	√
TOTAL	44	-	√	√

6.10 Laboratorio para toma de Muestras y Análisis

El laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA que realizó la toma de muestras de suelo y los análisis fue: Laboratorios y Suministros Ambientales e Industriales S.A. de C.V. (LABSA), del cual se anexa copia de sus acreditaciones. (ANEXO I)

6.11 Toma de Muestras

El laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA, realizó la toma de muestras el día 02 de marzo del 2020 iniciando a las 10:30 am, terminando actividades a las 16:00 hrs.

El muestreo se realizó con la presencia del siguiente personal:

Por CAEPSA:

Ing. Luis Alberto Ávila Orduña

3 Peones como personal de apoyo

Por parte del Laboratorio:

Ing. Roberto Morales Jiménez

La toma de muestras se realizó con la herramienta manual denominada "Hand Auger". Los procedimientos para la toma de muestras, su conservación, etiquetado y análisis se apegaron a lo establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, donde también se menciona que por cada 10 muestras tomadas se deberá coleccionar una muestra duplicada. De igual forma los materiales y equipos que se utilizaron fueron de acuerdo a lo establecido en dicha norma. En la siguiente tabla se presenta la ubicación en coordenadas UTM de los puntos de muestreo.

Tabla 4. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	
	X	Y
PI-1	429,906.95	2,138,116.40
PI-2	429,911.68	2,138,110.35
PI-3	429,915.32	2,138,105.62
PI-4	429,919.42	2,138,100.17
PI-5	429,922.97	2,138,095.28
PI-6	429,926.81	2,138,090.97

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	
	X	Y
PI-7	429,904.55	2,138,111.76
PI-8	429,909.40	2,138,104.23
PI-9	429,916.12	2,138,096.02
PI-10	429,921.04	2,138,089.35
PI-11	429,899.07	2,138,110.64
PI-12	429,904.10	2,138,104.62
PI-13	429,908.51	2,138,098.73
PI-14	429,912.13	2,138,094.02
PI-15	429,915.49	2,138,089.60
PI-16	429,918.97	2,138,085.52
PE-1	429,899.26	2,138,113.43
PE-2	429,903.19	2,138,116.69
PE-3	429,911.23	2,138,114.86
PE-4	429,915.59	2,138,109.18
PE-5	429,921.39	2,138,101.48
PE-6	429,928.71	2,138,091.91
PE-7	429,926.31	2,138,088.04
PE-8	429,921.64	2,138,084.68

Para asegurar la calidad de las muestras tomadas y evitar el cruzamiento de información, toda herramienta utilizada para la toma y preparación de una muestra fue lavada, con base en los siguientes pasos:

- Enjuague con agua y cepillo para eliminar los residuos mayores.
- Lavado con detergente sin fosfatos y cepillo.
- Enjuague con agua corriente.
- Enjuague final con agua destilada.

Las muestras se depositaron en una hielera y enviadas al laboratorio. Fueron conservadas a una temperatura inferior a los 4° C, para la determinación de Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera y BTEX utilizando las técnicas analíticas establecidas en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

6.12 Aspectos Técnicos

Durante los trabajos de la toma de muestras, se realizó un levantamiento con detalle de las características organolépticas de la pluma contaminante, a fin de tener información puntual, ya que una vez que se tuvo los resultados de los análisis de laboratorio y con los datos de levantamiento de campo, se generaron diferentes representaciones gráficas con el Software Surface Mapping System (SURFER), versión 12.0, de Golden Software Inc.

Este paquete facilita la realización de diagramas de isoconcentraciones, que se generan, a partir de información analítica de muestras de suelo. Los datos de todas las muestras, que incluyen las coordenadas de los puntos de evaluación y la profundidad de cada una, conforman una base de datos que alimenta a los diferentes métodos geo estadísticos de interpolación del SURFER, los cuales pueden presentar diferentes interpretaciones dependiendo del método utilizado. Para estas simulaciones se utilizó el método modificado de Shepard.

La importancia del levantamiento de la información de campo, es que permitirá identificar y en un momento delimitar la extensión de la pluma contaminante obtenida del modelo de simulación, a fin de que sea representativa del nivel de afectación del sitio.

7 RESULTADOS

7.1 Trabajos de campo realizados y análisis de resultados

Los trabajos de campo realizados fueron:

1. Ubicación de los puntos de muestreo
2. Perforación en los pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico.
3. Toma de muestras de suelo a 0.20, 0.25 y 1.00 m de profundidad para su análisis en laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX mediante los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008 y NMX-AA-141-SCFI-2014 respectivamente.

7.2 Ubicación de los puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo correspondió a la zona representativa y bien definida como afectadas por el derrame de Gasolina Magna. Considerando que el área afectada corresponde a un área delimitada, se propuso ubicar 16 puntos dentro del área afectada y 8 más fuera de esta, con el objetivo de delimitar la zona de contaminación. Se ubicaron en total 24 puntos de muestreo en la zona de estudio. Se anexa plano de ubicación de los puntos de muestreo (ANEXO F).

7.3 Perforación de pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico

Una vez ubicados los puntos de muestreo, se procedió a la perforación de los pozos utilizando herramienta manual (Hand Auger) para la extracción de núcleos inalterados de suelo, obteniendo muestras cada 0.20 m de profundidad en cada pozo, a fin de determinar sus características y estratigrafía.

Al momento de realizar la perforación de cada uno de los pozos, se observó el tipo de suelo que presentaba cada uno de ellos, teniendo un perfil estratigráfico homogéneo. La estratigrafía identificada en la zona corresponde principalmente a suelo limo arcilloso en los primeros 0.80 m de profundidad. Después de esta profundidad se tiene suelo arcilloso.

En la siguiente figura se muestra la estratigrafía general de la zona.

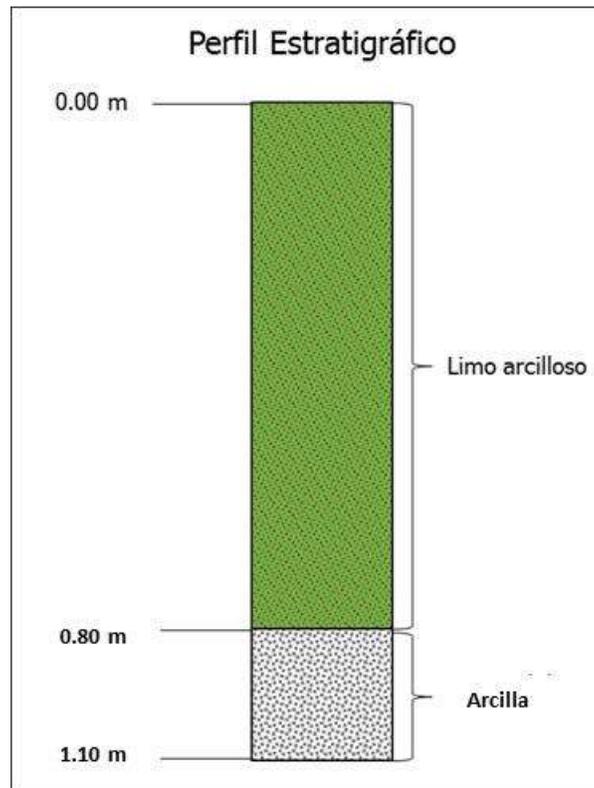


Figura 6. Perfil estratigráfico de la zona de estudio

7.4 Toma de muestras de suelo de 0.20 m, 0.25 m y 1.00 m de profundidad y resultados de análisis de laboratorio de la determinación de HFL y BTEX's

Se realizó la toma de 44 muestras (40 simples y 4 duplicadas) para determinar los parámetros de laboratorio, Hidrocarburos de Fracción Ligera y BTEX's por los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008 y NMX-AA-141-SCFI-2007 respectivamente.

De acuerdo al Plan de Muestreo, se tomaron 32 muestras simples a 0.20 y 1.00 m de profundidad y 8 muestras simples a 0.25 m de profundidad, más 4 muestras duplicadas. En la siguiente tabla se muestra de forma resumida los resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo a 0.20, 0.25 y 1.10 de profundidad. Se anexa el reporte de los análisis del laboratorio acreditado (ANEXO H). Cabe aclarar que el contaminante principal es Gasolina (HFL), y se realizó el análisis de BTEX (Benceno,

Tolueno, Etilbenceno y Xileno) ya que estos forman parte de la composición química del hidrocarburo.

Tabla 5. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo a 0.20, 0.25 y 1.00 m de profundidad.

Muestra	Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		LMP 500 mg/kg	LMP 15 mg/kg	LMP 100 mg/kg	LMP 25 mg/kg	LMP 100 mg/kg
PI-1	0.20	1,237.01	40.38	263.7	70.79	230.56
	1.00	199.01	6.17	39.12	9.62	35.77
PI-2	0.20	1,271.94	39.16	248.27	60.45	220.85
	1.00	193.33	5.24	43.59	9.33	33.48
PI-3	0.20	1,246.21	37.24	272.16	68.69	230.83
	1.00	183.56	5.83	42.28	10.75	25.48
PI-4	0.20	1,434.37	41.73	291.68	72.25	280.8
	1.00	312.27	9.37	65.01	14.42	59.12
PI-5	0.20	1,562.52	46.78	339.9	78.31	320.24
	1.00	444.10	14.44	93.97	23.22	74.01
PI-5 (Dup)	1.00	439.10	14.51	94.39	24.52	72.14
PI-6	0.20	1,752.72	54.12	365.64	88.27	345.51
	1.00	444.69	12.84	92.69	22.59	63.08
PI-7	0.20	1,310.22	40.5	246.09	60.23	242.89
	1.00	192.47	5.96	42.23	9.64	31.65
PI-8	0.20	1,269.23	38.13	276.38	69.04	227.76
	1.00	190.18	6.54	38.87	9.81	23.75
PI-9	0.20	981.83	48.85	291.13	68.21	278.75
	1.00	299.25	9.79	69.07	16.74	55.12
PI-10	0.20	1,547.32	44.99	314.20	79.32	302.82
	1.00	436.12	13.65	93.31	21.03	83.67
PI-10 (Dup)	1.00	431.82	12.69	97.76	22.16	76.39
PI-11	0.20	1,237.73	40.89	270.09	65.96	148.63
	1.00	202.23	6.32	43.54	9.97	35.93
PI-12	0.20	1,252.41	34.61	266.78	63.09	229.67
	1.00	180.37	5.04	45.11	9.66	30.95
PI-13	0.20	1,299.93	40.91	263.22	75.73	209.2
	1.00	185.46	6.04	42.29	9.68	33.12
PI-14	0.20	1,422.21	42.67	288.39	71.34	268.87
	1.00	329.81	9.65	69.01	16.5	57.85
PI-15	0.20	1,556.78	46.04	319.97	76.82	297.64
	1.00	429.19	12.87	91.13	21.5	87.15
PI-15 (Dup)	1.00	429.41	12.19	88.75	20.95	87.03

Muestra	Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		LMP 500 mg/kg	LMP 15 mg/kg	LMP 100 mg/kg	LMP 25 mg/kg	LMP 100 mg/kg
PI-16	0.20	1,755.84	52.77	343.08	87.33	336.16
	1.00	442.02	13.24	94.74	20.76	82.91
PE-1	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-2	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-3	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-4	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-5	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-6	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-7	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-8	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-8 (Dup)	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

7.4.1 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio que se realizó a las muestras de suelo en los 24 puntos de muestreo a las profundidades de 0.20m, 0.25 m y 1.00 m de profundidad, se presenta lo siguiente:

7.4.1.1 Resultados de análisis a muestras a los 0.20 m de profundidad

En las muestras tomadas a 0.20 m en los 16 puntos de muestreo (19 muestras, 16 simples y 3 duplicadas), se reportaron concentraciones que exceden el límite máximo permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de suelo industrial y comercial, de 500 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 6. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m de profundidad.

Muestra	Profundidad (m)	HFL
		LMP 500 mg/kg
PI-1	0.20	1,237.01
PI-2	0.20	1,271.94
PI-3	0.20	1,246.21
PI-4	0.20	1,434.37
PI-5	0.20	1,562.52
PI-6	0.20	1,752.72
PI-7	0.20	1,310.22
PI-8	0.20	1,269.23
PI-9	0.20	981.83
PI-10	0.20	1,547.32
PI-11	0.20	1,237.73
PI-12	0.20	1,252.41
PI-13	0.20	1,299.93
PI-14	0.20	1,422.21
PI-15	0.20	1,556.78
PI-16	0.20	1,755.84

En la siguiente figura se muestra la distribución de los puntos a 0.20 m de profundidad los que presentaron concentraciones mayores a los 500 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para uso de suelo industrial y comercial.

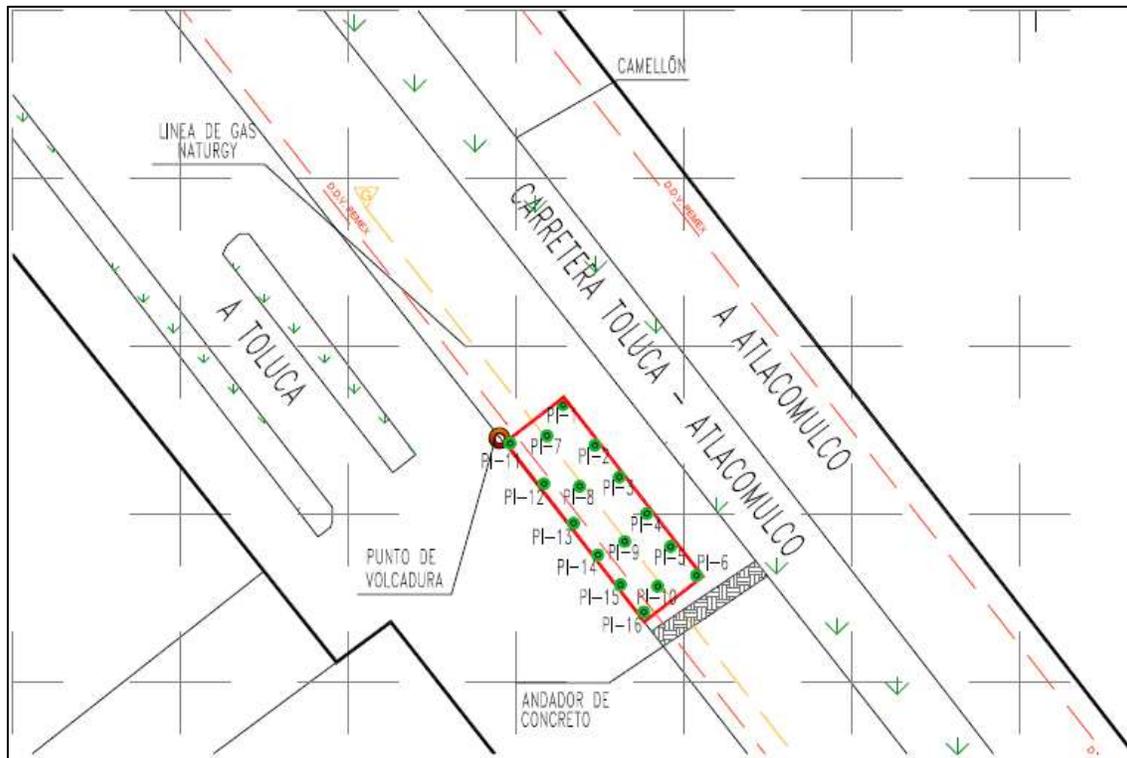


Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.20 m de profundidad

7.4.1.2 Resultados de análisis a muestras a 0.25 m de profundidad

De las 9 muestras analizadas a la profundidad de 0.25 m (8 simples y 1 duplicadas), y que corresponden a las muestras para delimitar el área afectada, ninguna de ellas reportó concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera que mayores a 500 mg/kg, valor correspondiente al Límite Máximo Permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla. Dichas muestras corresponden a los puntos delimitantes de la zona considerada como la afectada por el derrame.

Tabla 7. Resultados de análisis de laboratorio para HFL a 0.25 m de profundidad.

Muestra	Profundidad (m)	HFL
		LMP 500 mg/kg
PE-1	0.25	<L.C.
PE-2	0.25	<L.C.
PE-3	0.25	<L.C.
PE-4	0.25	<L.C.
PE-5	0.25	<L.C.
PE-6	0.25	<L.C.
PE-7	0.25	<L.C.
PE-8	0.25	<L.C.
PE-8 (Dup)	0.25	<L.C.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo delimitantes del área afectada y en los que no se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.25 m de profundidad.

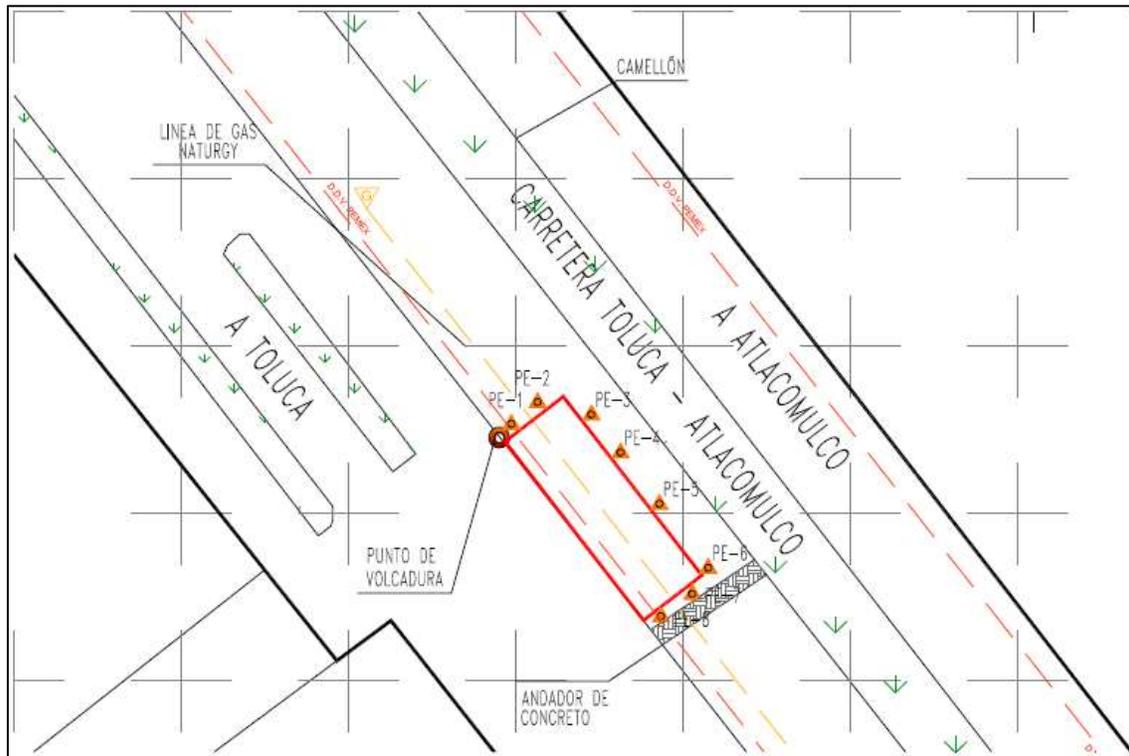


Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo que no presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 0.25 m de profundidad.

7.4.1.3 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera a muestras a 1.00 m de profundidad

En ninguna de las 19 muestras (16 simples y 3 duplicadas) analizadas a 1.00 m profundidad, se reportaron concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera mayores los 500 mg/kg que establece en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 8. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m de profundidad.

Muestra	Profundidad (m)	HFL
		LMP 500 mg/kg
PI-1	1.00	199.01
PI-2	1.00	193.33
PI-3	1.00	183.56
PI-4	1.00	312.27
PI-5	1.00	444.10
PI-5 (Dup)	1.00	439.10
PI-6	1.00	444.69
PI-7	1.00	192.47
PI-8	1.00	190.18
PI-9	1.00	299.25
PI-10	1.00	436.12
PI-10 (Dup)	1.00	431.82
PI-11	1.00	202.23
PI-12	1.00	180.37
PI-13	1.00	185.46
PI-14	1.00	329.81
PI-15	1.00	429.19
PI-15 (Dup)	1.00	429.41
PI-16	1.00	442.02

La siguiente figura muestra la ubicación de los puntos de muestreo a 1.00 m de profundidad que reportan concentraciones menores a los 500 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permissible en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Industrial y Comercial.

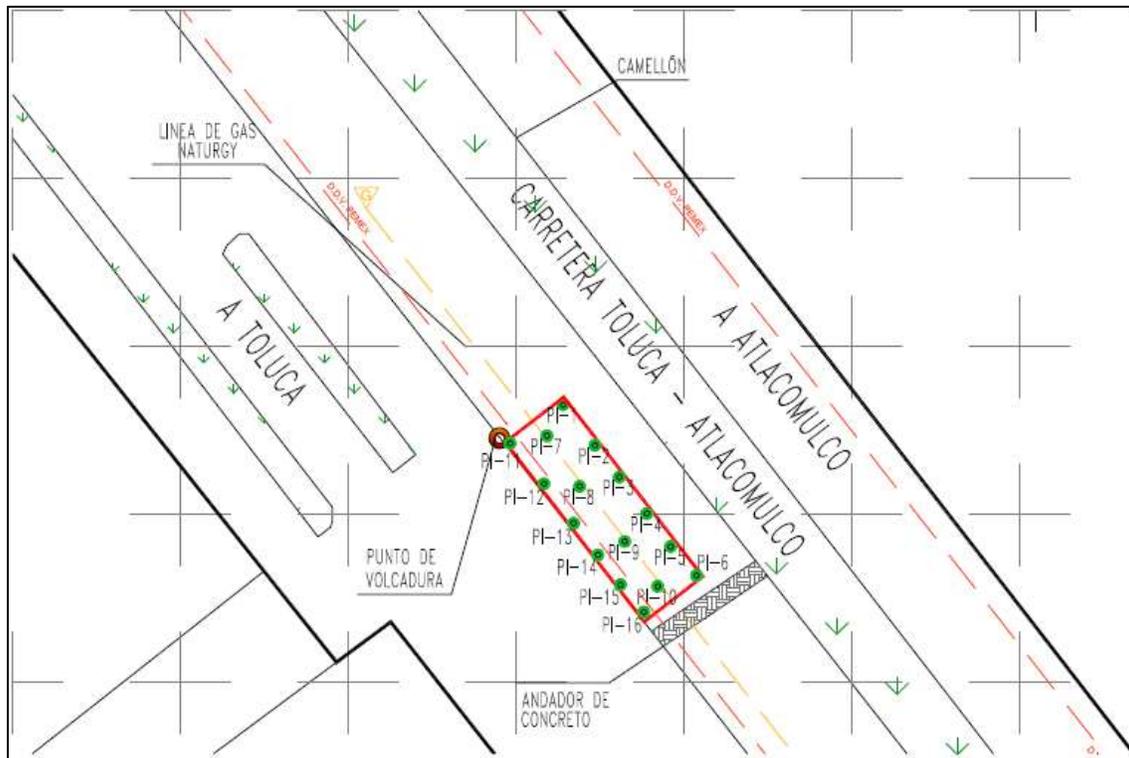


Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones menores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL a 1.00 m de profundidad

7.4.2 Resultados de Laboratorio para determinar Tolueno, Benceno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX)

Los resultados de los análisis correspondientes a la determinación de BTEX a 0.20, 0.25 y 1.0 m de profundidad (*Tabla 9, 10 y 11*), indican presencia de Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xilenos con concentraciones mayores a los valores establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un Uso de Industrial y Comercial, en las 16 muestras tomadas a 0.20 m de profundidad.

En la siguiente figura se observa la ubicación de los puntos de muestreo donde se detectó la presencia de BTEX's a 0.20 m con concentraciones que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Industrial y Comercial los cuales son de: 15 mg/kg de Benceno, 100 mg/kg de Tolueno, 25 mg/kg de Etilbenceno y 100 mg/kg de Xilenos.

Tabla 9. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.20 m de profundidad.

Muestra	Profundidad (m)	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		LMP 15 mg/kg	LMP 100 mg/kg	LMP 25 mg/kg	LMP 100 mg/kg
PI-1	0.20	40.38	263.7	70.79	230.56
PI-2	0.20	39.16	248.27	60.45	220.85
PI-3	0.20	37.24	272.16	68.69	230.83
PI-4	0.20	41.73	291.68	72.25	280.8
PI-5	0.20	46.78	339.9	78.31	320.24
PI-6	0.20	54.12	365.64	88.27	345.51
PI-7	0.20	40.5	246.09	60.23	242.89
PI-8	0.20	38.13	276.38	69.04	227.76
PI-9	0.20	48.85	291.13	68.21	278.75
PI-10	0.20	44.99	314.20	79.32	302.82
PI-11	0.20	40.89	270.09	65.96	148.63
PI-12	0.20	34.61	266.78	63.09	229.67
PI-13	0.20	40.91	263.22	75.73	209.2
PI-14	0.20	42.67	288.39	71.34	268.87
PI-15	0.20	46.04	319.97	76.82	297.64
PI-16	0.20	52.77	343.08	87.33	336.16

Tabla 10. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 0.25 m de profundidad.

Muestra	Profundidad (m)	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		LMP 15 mg/kg	LMP 100 mg/kg	LMP 25 mg/kg	LMP 100 mg/kg
PE-1	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-2	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-3	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-4	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-5	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-6	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-7	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-8	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.
PE-8 (Dup)	0.25	<L.C.	<L.C.	<L.C.	<L.C.

Tabla 11. Resultados de análisis de laboratorio para BTEX a 1.00 m de profundidad.

Muestra	Profundidad (m)	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		LMP 15 mg/kg	LMP 100 mg/kg	LMP 25 mg/kg	LMP 100 mg/kg
PI-1	1.00	6.17	39.12	9.62	35.77
PI-2	1.00	5.24	43.59	9.33	33.48
PI-3	1.00	5.83	42.28	10.75	25.48
PI-4	1.00	9.37	65.01	14.42	59.12
PI-5	1.00	14.44	93.97	23.22	74.01
PI-5 (Dup)	1.00	14.51	94.39	24.52	72.14
PI-6	1.00	12.84	92.69	22.59	63.08
PI-7	1.00	5.96	42.23	9.64	31.65
PI-8	1.00	6.54	38.87	9.81	23.75
PI-9	1.00	9.79	69.07	16.74	55.12
PI-10	1.00	13.65	93.31	21.03	83.67
PI-10 (Dup)	1.00	12.69	97.76	22.16	76.39
PI-11	1.00	6.32	43.54	9.97	35.93
PI-12	1.00	5.04	45.11	9.66	30.95
PI-13	1.00	6.04	42.29	9.68	33.12
PI-14	1.00	9.65	69.01	16.5	57.85
PI-15	1.00	12.87	91.13	21.5	87.15
PI-15 (Dup)	1.00	12.19	88.75	20.95	87.03
PI-16	1.00	13.24	94.74	20.76	82.91

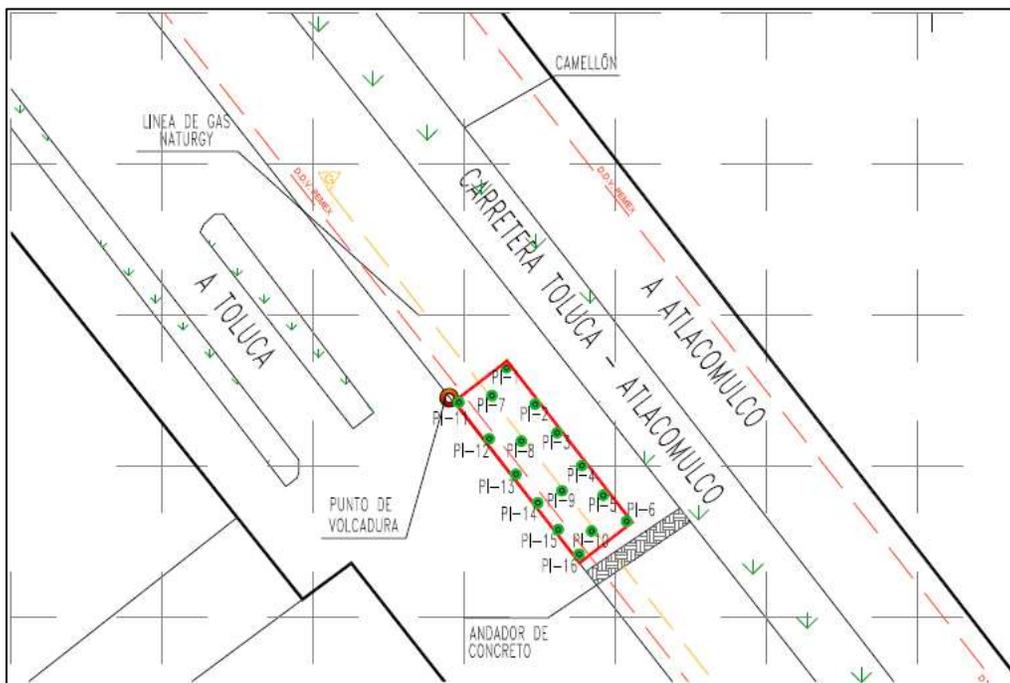


Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones que sobrepasan los LMP para BTEX establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 a 0.20 m de profundidad.

7.5 Integración y análisis de los resultados de laboratorio

Con base en los resultados obtenidos, y que fueron presentados de forma desglosada, se presenta el siguiente resumen:

- De los 24 puntos de muestreo establecidos en la zona, 16 corresponden al área que resultó afectada (PI-1 a PI-16) y los 8 restantes (PE-1 a PE-8) corresponden a la delimitación de esta.
- En los 16 puntos de muestreo correspondientes al área contaminada se reporta contaminación de Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.20 m. Los resultados obtenidos de los análisis a 1.00 m reportaron concentraciones menores al Límite Máximo Permisible de 500 mg/kg.
- Los puntos de muestreo ubicados cerca de la zona del andador de concreto en el camellón, aun cuando tuvieron resultados por debajo de los Límites Máximos Permisibles, si presentan valores cercanos a 500 mg/kg, por lo que habrá que tomar en consideración ese punto.
- En los resultados de la determinación de BTEX a la profundidad de muestreo de 0.20 m, se observa contaminación por Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xilenos en los 16 puntos de muestreo y los cuales corresponden también a los puntos de muestreo que reportan contaminación por HFL en la zona afectada.
- En ninguno de los puntos de muestreo establecidos para delimitar el área afectada, PE-1 al PE-8, se reportaron concentraciones de HFL y BTEX que sobrepasaran los LMP establecidos por la normatividad.

8 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE

8.1 Modelo De Simulación

Con los datos analizados de los resultados de laboratorio, se realizó la pluma de contaminación, con ayuda de la modelación Surface Mapping System (SURFER), versión 12.0, de Golden Software Inc. La pluma de contaminación generada con el software se exportó al plano del levantamiento topográfico para conocer la ubicación, el área y por consiguiente considerando la profundidad identificada, el volumen de suelo contaminado de la pluma identificada. Se anexan los planos con la modelación obtenida (ANEXO G).

En la elaboración de la pluma de contaminación, además de basarse en los resultados de los análisis de laboratorio, también se considera usar los datos obtenidos en campo, tales como:

- La estratigrafía del suelo
- Las características físicas del sitio
- La infraestructura
- La zona visible de contaminación
- La topografía del lugar
- Las pruebas de campo y sondeos realizados

Para la cuantificación de la superficie afectada y del volumen de suelo contaminado se consideró lo siguiente:

1. La superficie corresponde al área calculada de la Pluma Contaminante obtenida de las modelaciones y realizando la sobre posición de estas en el software AutoCAD.
2. La simulación para los contaminantes identificados (HFL y BTEX) se realizó únicamente para la profundidad de toma de muestra correspondiente a los 0.20 m, ya que estos fueron los puntos que reportaron concentraciones mayores al LMP establecido por la normatividad
3. Para establecer la profundidad del área afectada y de acuerdo a lo que se reportó en los resultados de laboratorio, se decidió seccionar el área afectada en dos partes (Ver *Figura 11*). Donde la sección 2 corresponde a la zona donde se ubican

los puntos de muestreo cercanos al andador de concreto donde se retuvo el escurrimiento de gasolina.

4. Para la sección 1, la profundidad se estableció en 1.00 m y para la sección 2 en 1.10 m, lo anterior de acuerdo con los sondeos realizados en campo y a que los análisis de laboratorio correspondientes a los puntos de muestreo en la sección 2 reportaron concentraciones elevadas de HFL (429.19 a 449.10 mg/kg); las cuales son muy cercanas al LMP.



Figura 11. Seccionamiento del área afectada para el cálculo del volumen.

8.2 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) a 0.20 m de profundidad

En la siguiente figura se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación, donde se identificó el área contaminada con Hidrocarburos Fracción Ligera con concentraciones que sobrepasan el valor establecido en la normatividad (500 mg/kg), en las muestras tomadas a 0.20 m de profundidad. En la figura se puede apreciar que la pluma contaminante se presenta en la totalidad del área delimitada con concentraciones que van desde los 981.83 mg/kg a los 1,755.84 mg/kg los 16 pozos muestreados a esta profundidad, siendo los puntos PI-6 y PI-16 los que presentan las mayores concentraciones de 1,752.72 a 1,755.84 mg/kg.

Tabla 12. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m de profundidad

Muestra	Profundidad (m)	HFL
		LMP 500 mg/kg
PI-1	0.20	1,237.01
PI-2	0.20	1,271.94
PI-3	0.20	1,246.21
PI-4	0.20	1,434.37
PI-5	0.20	1,562.52
PI-6	0.20	1,752.72
PI-7	0.20	1,310.22
PI-8	0.20	1,269.23
PI-9	0.20	981.83
PI-10	0.20	1,547.32
PI-11	0.20	1,237.73
PI-12	0.20	1,252.41
PI-13	0.20	1,299.93
PI-14	0.20	1,422.21
PI-15	0.20	1,556.78
PI-16	0.20	1,755.84



Figura 12. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.20 m

Para conocer el volumen de suelo contaminado, con la superficie obtenida del modelo de simulación y con las consideraciones mencionadas en la *Sección 8.1* de este documento se obtuvo lo siguiente.

Tabla 13. Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.20 m

Sección	1	2
Área afectada (m ²)	270.08	90.03
Profundidad del estrato (m)	0.00-0.20	0.00-0.20
Espesor del estrato al que no se reporta HFL (m)	1.00	1.10
Volumen afectado (m ³)	(270.08)(1.00)=270.08	(90.03)(1.10)=99.03
Volumen total de suelo contaminado con HFL 0.20 m	369.11	

8.3 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por BTEX a 0.20 m de profundidad

En la siguiente figura se presentan las plumas contaminantes obtenidas de la modelación para Benceno (> 15 mg/kg), Tolueno (> 100 mg/kg), Etilbenceno (> 25 mg/kg) y Xilenos (>100 mg/kg), en el área de estudio donde se reportaron concentraciones que sobrepasan lo establecido por la normatividad; con valores que van desde los 34.61 a 54.12 mg/kg, 246.09 a 365.64 mg/kg, 60.23 a 88.27 mg/kg y 148.63 a 336.16 mg/kg, respectivamente.

Tabla 14. Resultados de análisis de laboratorio de BTEX a 0.20 m de profundidad

Muestra	Profundidad (m)	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		LMP 15 mg/kg	LMP 100 mg/kg	LMP 25 mg/kg	LMP 100 mg/kg
PI-1	0.20	40.38	263.70	70.79	230.56
PI-2	0.20	39.16	248.27	60.45	220.85
PI-3	0.20	37.24	272.16	68.69	230.83
PI-4	0.20	41.73	291.68	72.25	280.80
PI-5	0.20	46.78	339.90	78.31	320.24
PI-6	0.20	54.12	365.64	88.27	345.51
PI-7	0.20	40.50	246.09	60.23	242.89
PI-8	0.20	38.13	276.38	69.04	227.76
PI-9	0.20	48.85	291.13	68.21	278.75
PI-10	0.20	44.99	314.20	79.32	302.82
PI-11	0.20	40.89	270.09	65.96	148.63
PI-12	0.20	34.61	266.78	63.09	229.67
PI-13	0.20	40.91	263.22	75.73	209.20
PI-14	0.20	42.67	288.39	71.34	268.87
PI-15	0.20	46.04	319.97	76.82	297.64
PI-16	0.20	52.77	343.08	87.33	336.16



Figura 13. Simulación de la pluma contaminante de BTEX a 0.20 m

Para conocer el volumen de suelo contaminado se realizó la sobre posición de las plumas contaminantes obtenidas de la simulación individual de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos, las cuales se integraron en una para obtener la superficie total de BTEX a 0.20 m. Con la superficie obtenida del modelo de simulación y con las consideraciones mencionadas en la *Sección 8.1* de este documento se obtuvo lo siguiente.

Tabla 15. Área y volumen de suelo contaminado BTEX 0.20 m

Sección	1	2
Área afectada (m ²)	270.08	90.03
Profundidad del estrato (m)	0.00-0.20	0.00-0.20
Espesor del estrato al que no se reporta BTEX (m)	1.00	1.10
Volumen afectado (m ³)	(270.08)(1.00)=270.08	(90.03)(1.10)=99.03
Volumen total de suelo contaminado con BTEX 0.20 m	369.11	

8.4 Determinación del área y volumen total de contaminación

Para el cálculo del área y volumen total de suelo contaminado en la zona, se realizó la sobre posición de las plumas obtenidas para cada uno de los contaminantes a la profundidad respectiva (0.20 m), obteniendo como resultado una pluma de contaminación total, la cual se muestra en el la *Figura 14*. Después de realizar la sobre posición de las plumas contaminantes el área total contaminada resultante fue de **360.11 m²**.



Figura 14. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno.

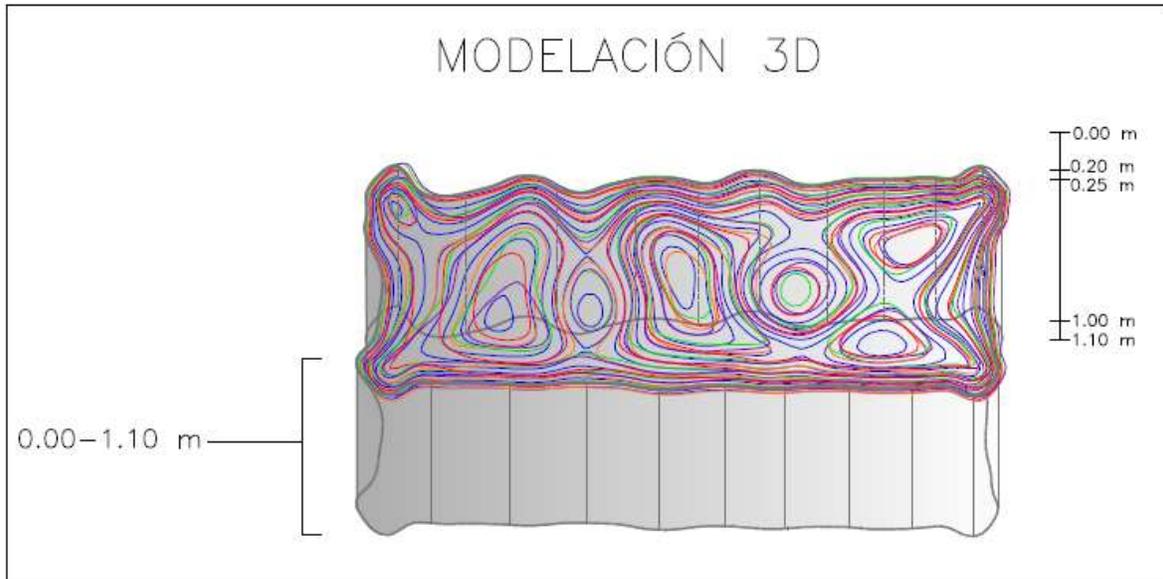


Figura 15. Modelo 3D de la pluma contaminante total

Para el cálculo del volumen total de la contaminación se consideró el área contaminada por sección obteniendo que el volumen total de suelo contaminado es **369.11 m³**. En la siguiente tabla se muestra un resumen de las áreas y volúmenes de suelo en las secciones del área contaminada, lo cual se obtuvo de la sobre posición de las plumas contaminantes.

Tabla 16. Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de la sobre posición de las plumas contaminantes.

Sección	Profundidad del estrato (m)	Contaminante	Área total (m ²)	Volumen total (m ³)
1	1.00	HFL	270.08	270.08
		Benceno		
		Tolueno		
		Etilbenceno		
		Xilenos		
2	1.10	HFL	90.03	99.03
		Benceno		
		Tolueno		
		Etilbenceno		
		Xilenos		
		TOTAL	360.11	369.11

9 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE

9.1 Estimación de Daños al Ambiente

En cuanto a los daños ambientales generados por el siniestro ocurrido en la carretera Toluca-Atlacomulco, en el cual se derramaron 25,000 L de Gasolina Magna, el recurso natural afectado fue el suelo contaminando una superficie total de afectación de 360.11 m².

En el área de suelo afectada por el derrame del hidrocarburo, existe presencia de vegetación, siendo la mayor parte árboles y pastos. En las siguientes figuras se puede observar la vegetación presente en la zona afectada.



Figura 16. Zona del derrame de Gasolina Magna



Figura 17. Suelo contaminado con HFL hasta 0.90 m. Sondeo inicial.



Figura 18. Sondeo inicial en la zona afectada

FOTOGRAFÍA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Considerando la afectación al suelo, subsuelo y vegetación, también se genera la destrucción de microorganismos endémicos, al momento del derrame afectando la microbiota del lugar. Debido a la alta volatilidad que presenta la gasolina magna se consideró contaminación a la atmósfera a causa de la evaporación del producto. Sin embargo, al estar en un área abierta, el hidrocarburo se dispersó en poco tiempo.

9.2 Estimación de Daños Materiales

No se consideraron daños materiales adicionales a los causados por el siniestro, daños al autotank y pérdida del hidrocarburo que se transportaba.

10 EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y A LA SALUD HUMANA

10.1 Riesgo a la Salud Humana

La evaluación de riesgo a la salud humana consiste en conocer cuáles son los efectos nocivos a la salud que se puede presentar en una población debido a la exposición a una sustancia tóxica, en este caso es la gasolina magna.

No se consideró la existencia de una población que pudiera estar directamente expuesta al contaminante evaluado. De igual manera ya que la zona afectada no es un área de paso peatonal continuo o donde la población pudiera estar en contacto con el suelo o inhalar vapores se descartó esta opción.

10.2 Evaluación de Riesgo Ecológico

Para llevar a cabo esta evaluación se tomaron en consideración la naturaleza, magnitud y la transitoriedad o permanencia de los efectos ecológicos potenciales, así como los siguientes puntos:

- Caracterización ecológica e identificación de la población potencialmente receptora.
- Evaluación ecológica de la toxicidad, hacia los organismos.
- Caracterización del riesgo.

Un derrame de materiales o residuos peligrosos en un ecosistema es directamente peligroso para los organismos en la reproducción, otra de las consecuencias del contaminante es que puede afectar a la estructura y función de un ecosistema o de sus componentes.

Tomando en consideración que el derrame del producto sucedió el 2 de diciembre del 2019, debemos establecer que el daño ecológico ya fue originado, viéndose afectados los elementos naturales correspondientes principalmente al suelo y a la micro fauna de la superficie por donde escurrió el contaminante.

En lo que se refiere al agua subterránea, ésta no se encuentra expuesta a ser contaminada con lixiviados o infiltraciones generadas por el derrame de Gasolina, por lo

que se considera el elemento natural de menor riesgo potencial de ser afectado.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que el mayor riesgo ecológico se presenta en la matriz suelo por la afectación directa a su calidad, pero también porque no se han dado aún las condiciones favorables para una atenuación natural.

Al tiempo de presentarse un derrame de materiales o residuos peligrosos, es conveniente conocer sus características fisicoquímicas (determinadas en la hoja de seguridad), para conocer las vías de exposición (aire, agua, suelo y sedimentos), por las cuales se canaliza el contaminante al ecosistema dependiendo de las características y condiciones ambientales, así como de la presencia de organismos en el lugar, debiendo considerarse lo siguiente:

- Efectos laterales y sublaterales.
- Biotransformación, bioacumulación y/o transferencia en la cadena trófica.

Los factores mencionados presentan respuestas en los sistemas como la reproducción alterada o interrumpida de microorganismos, la migración de algunas especies debido a afectaciones ocurridas en su hábitat o la mortalidad de alguna especie por efectos nocivos por la presencia del contaminante.

Lo anterior puede ser revertido o favorecer su recuperación mediante las técnicas de restauración la eliminación de los contaminantes.

11 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

De acuerdo con la información recopilada y los resultados analíticos obtenidos del muestreo en la zona del siniestro en la cual se produjo el derrame de 25,000 L de Gasolina Magna en el Km 6+000 de la Carretera Toluca-Atlacomulco, Municipio de Toluca en el estado de México; se establece que:

1. La zona donde ocurrió el siniestro en el camellón de la carretera, corresponde a un área de un corredor industrial, así como también al Derecho de Vía de Ductos de Pemex y de la empresa Naturgy S.A. de C.V., en la cual el contaminante se delimitó a un área estimada inicialmente de 371.80 m². Teniendo dos barreras físicas impermeables que ayudaron a evitar se extendiera el área afectada, la carpeta asfáltica de la carretera y un andador de piso de concreto que atraviesa el camellón.
2. El terreno sobre el cual se derramó el contaminante, y que está dentro del Derecho de Vía de Ductos de Pemex y de la empresa Naturgy SA de CV, tiene un corresponde a un Uso de Suelo clasificado como Industrial y Comercial. De acuerdo al perfil estratigráfico de la zona de estudio, en los primeros 0.80 m de profundidad se tiene un suelo limo arcilloso; seguido de este se tienen aproximadamente 0.20 m de material de relleno.
3. Para los trabajos de evaluación de campo, se establecieron 24 puntos de muestreo para la toma de 40 muestras simples de suelo más 4 muestras duplicadas para un total de 44 muestras para analizar en el laboratorio. Las profundidades de toma de muestras fue a 0.20 m, 0.25 m y 1.00 m. Los parámetros a analizar fueron Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX.
4. Los resultados de los análisis de laboratorio indicaron que en las muestras tomadas a 0.20 m de profundidad en los 16 puntos de muestreo ubicados dentro del área localizada como afectada por el derrame de gasolina, se reportaron concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's que sobrepasan el valor máximo permisible establecido en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Industrial y Comercial.
5. La contaminación en la zona se concentró principalmente en el primer metro de profundidad debido a las características semipermeables que presenta el suelo en los

estratos superiores y se extendió en favor de la pendiente de la zona, la migración del contaminante no excedió la profundidad máxima de 1.00 m.

6. Con los resultados de los análisis de laboratorio y las evaluaciones realizadas se determinó que existe una pluma de contaminación de HFL y una más para BTEX's, pero debido a que la contaminación se contuvo en el área delimitada la superficie de suelo contaminada resultó la misma para ambos contaminantes.
7. Las muestras analizadas tomadas a 1.00 m de profundidad correspondientes a los puntos de muestreo PI-5, PI-6, PI-10, PI-15 y PI-16 (sección 2), reportan concentraciones de HFL muy cercanos al LMP establecido por la normatividad, lo que indica que en esa zona se concentró la contaminación y penetra a mayor profundidad. Se atribuye a la barrera física (andador de concreto) que existe al lado de la zona afectada. Por lo anterior se propone como rango de seguridad, que la remediación en la zona donde se ubican estos puntos de muestreo, se realice hasta 1.10 m de profundidad en esta sección.
8. Como resultado final del estudio se determinó la superficie total afectada por el derrame de Gasolina Magna, la cual fue de 360.11 m² generando un volumen total de 369.11 m³ de suelo contaminado.
9. Ya que se tiene bien identificado el nivel de contaminación generado por el derrame de Gasolina Magna, y de que las condiciones así lo permiten, es necesario se considere llevar a cabo los trabajos de saneamiento que permitan al área afectada recuperar sus condiciones originales.

12 PLAN DE SANEAMIENTO

En el Estudio de Caracterización para evaluar la contaminación de suelo por derrame de 25,000 litros de Gasolina Magna por volcadura de un autotanque en la carretera Toluca-Atlacomulco en el km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México, se identificó:

- Que se tiene una superficie de 360.11 m² de suelo afectada, generando 369.11 m³ de suelo contaminado.
- Que se tiene definida 1 pluma de contaminación, donde el Hidrocarburo Fracción Ligera es el contaminante predominante con concentraciones de hasta 1,755.84 mg/kg, y se encontró presencia de BTEX también en concentraciones fuera de norma.
- Que con base en la pluma de contaminación obtenida, se delimito el Área de Afectación, la cual se dividió en 2 Secciones, siendo la sección 2 donde se detuvo el escurrimiento y los resultados de los análisis de muestras a profundidad de 1.0 m, aun cuando se encontraba por debajo de los LMP, mostraron una elevada concentración de HFL.
- Que con base en el seccionamiento del área identificada como afectada por Hidrocarburo Fracción Ligera y BTEX's, para la Sección 1 se consideró que la profundidad de afectación fue de 1.00 m y de 1.10 m de profundidad en la sección 2; lo que generó un volumen de 369.11 m³ de suelo contaminado.

En la siguiente tabla se presentan los datos generales de la Pluma Contaminante sobre las que se realizarán los trabajos de saneamiento.

Tabla 17. Resumen del área contaminada por sección.

Sección	Profundidad del estrato (m)	Contaminante	Área total (m ²)	Volumen total (m ³)
1	1.00	HFL	270.08	270.08
		Benceno		
		Tolueno		
		Etilbenceno		
		Xilenos		
2	1.10	HFL	90.03	99.03
		Benceno		
		Tolueno		
		Etilbenceno		
		Xilenos		
		TOTAL	360.11	369.11

Por lo anterior se establece que para realizar el saneamiento del suelo contaminado, se tiene que considerar las características del producto a eliminar, en este caso la Gasolina al ser un producto de alta volatilidad el tipo de tratamiento deberá ser "*In Situ*" (en el sitio contaminado).

Las tecnologías utilizadas para el saneamiento de suelos con las características de los contaminantes de la Gasolina y BTEX son: extracción de vapores y bioventeo aerobio, bioaumentación con nutrientes en el sitio contaminado.

12.1 Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFL y BTEX

A continuación se presenta la propuesta para realizar el saneamiento del suelo contaminado. Debido a la similitud en las características de los contaminantes la técnica propuesta a realizar para la remoción de HFL y BTEX es: "Bioventeo Aerobio *In Situ*"

La técnica de remediación "Bioventeo Aerobio *In Situ*" para eliminar o disminuir la concentración de hidrocarburos presentes en el subsuelo, consiste básicamente en inyección de aire limpio y de soluciones acuosas que contengan nutrientes y/u oxígeno a través del suelo contaminado, con lo cual se estimula el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos endógenos, y se aceleran las tasas de biodegradación, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables. A fin de favorecer la

eficiencia del proceso, es factible desarrollar de forma externa un cultivo microbiano de cepas autóctonas en la solución de nutrientes a inyectar. De forma alterna periódicamente se realiza la extracción de vapores a través del mismo sistema de inyección a fin de extraer los compuestos orgánicos volátiles (COV's) presentes en el suelo (en este caso Benceno, Etilbenceno y Xilenos) y los dirige hacia a un filtro de carbón activado, por donde pasa el aire y quedan atrapados los COV's, saliendo el aire nuevamente limpio.

El primer paso para construir un sistema de Bioventeo Aerobio *In Situ* en el suelo consiste en instalar pozos de inyección y una red de interconexión en la zona contaminada, los cuales a su vez, funcionarán para la extracción de COV's. Cuando el aire que entra pasa por el suelo camino a los pozos, por acción de la fricción genera calor, los contaminantes se evaporan de los huecos existentes entre las partículas del suelo, siendo arrastrados por el aire hasta los pozos de extracción. Los vapores extraídos con éste proceso por lo general son sometidos a un tratamiento posterior de adsorción con carbón activado, incineración, oxidación catalítica o condensación. También se han usado otros métodos, como tratamiento biológico y oxidación ultravioleta. La adsorción con carbón es el tratamiento que más se usa para los vapores contaminados y se puede adaptar a una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles.

12.1.1 Diseño de la retícula de pozos

Para la planeación de los pozos para el tratamiento se debe de conocer las características y dimensiones del área de la pluma contaminante. Las plumas de contaminación son similares para los contaminantes evaluados, HFL y BTEX (Benceno, Etilbenceno y Xilenos), por lo cual se considerará la superficie total (360.11 m²) para el diseño de la retícula.

Se propone la instalación de pozos utilizando tubería de PVC cédula 40 de 2.0" de diámetro, ranurada a la profundidad a la que se identificaron los estratos con contaminación fuera de norma, en cada una de las zonas, y tubería lisa hacia la parte superior, que se use arena como filtro, un tapón de bentonita como sello arriba de la arena y una base de cemento en la parte superior.

Los pozos se equiparán con válvulas, accesorios que permitan regular los flujos y bombas de vacío para la extracción de los gases generados durante el proceso de tratamiento, donde en un momento dado podrán ser recirculados. En los pozos se podrá verter las sustancias necesarias para el proceso de tratamiento e inyectar aire y se podrá monitorear su comportamiento; se deben de interconectar entre ellos y con los equipos de inyección de aire y bombas de vacío, utilizando tubería lisa de PVC con las mismas especificaciones de la utilizada para la instalación de los pozos; que en cada pozo se instalen tapones herméticos que garanticen que no se infiltren sustancias indeseadas, y; que cada pozo en la superficie del terreno cuente con un registro que garantice la protección del pozo, para evitar daños por el paso de personal, maquinaria, etc.

Se considera un área de influencia de cada pozo de 2.0 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 2.50 m entre cada uno con el fin de que se intercalen las áreas de influencia y se cubra toda el área afectada. Se propone la instalación 70 pozos; de los cuales 50 estarán instalados a 1.00 m de profundidad y los 20 restantes a 1.10 m.

Con la finalidad de hacer eficiente el tratamiento, se propone organizar las líneas de pozos en 2 secciones, la primera con 10 líneas de 5 pozos y la segunda sección con 4 líneas de 5 pozos, tal como se muestra en la siguiente figura. A través de estos pozos se realizará la inyección-extracción de aire y vapores y la aplicación de las soluciones utilizadas en el tratamiento.

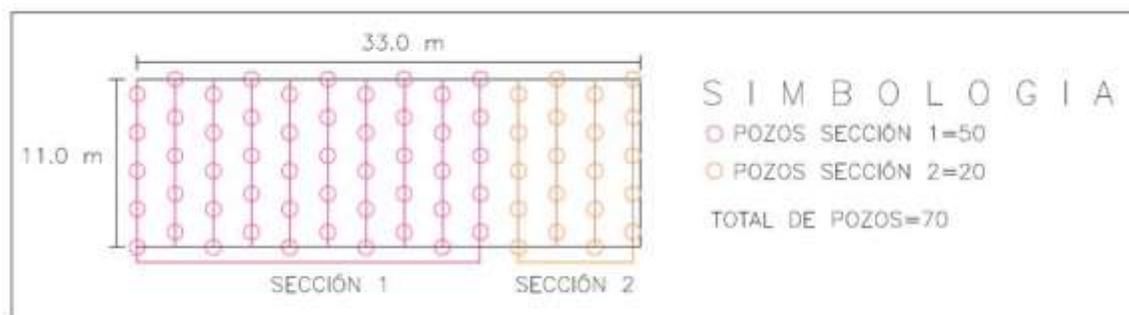


Figura 19. Distribución de los pozos para la restauración de suelo contaminado con HFL y BTEX

Cada uno de los pozos se construirá de la siguiente manera:

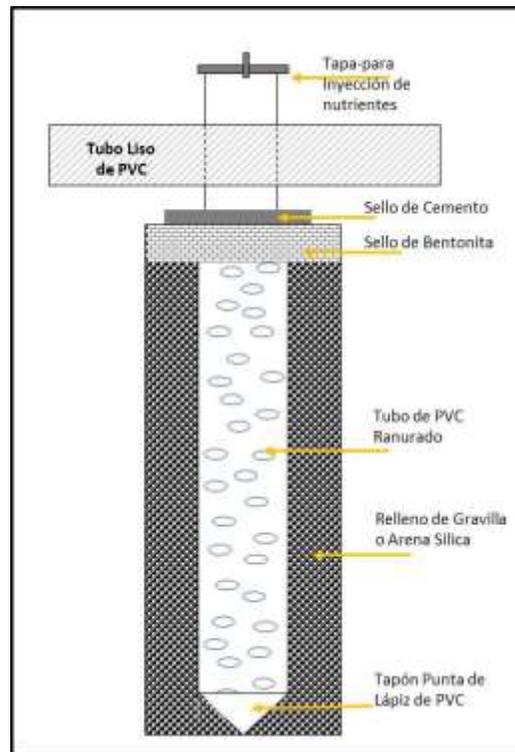


Figura 20. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

12.1.2 Equipos para la inyección de aire, sustancias y la extracción de gases generados durante el proceso de tratamiento

Se propone que se utilicen sopladores que puedan funcionar como generadores de aire y como bombas de vacío, de tal forma que permitan inyectar aire a presión y/o extraer los gases.

La capacidad de los equipos deberá ajustarse a la cantidad de pozos, teniendo en cuenta que cada pozo reciba del orden de 3 ft³ por minuto de aire. Los equipos se deberán instalar en áreas estratégicas para que el aire y las sustancias se puedan distribuir en los distintos pozos y zonas. Deberán equiparse con sistemas de paro automático para protección en caso de sobrecargas de energía y colocarse en casetas techadas para su protección de la intemperie.

La aplicación de la inyección puede darse por secciones de pozos, para lo cual se deberá tener una bitácora de registro para organizar los tiempos de operación.

12.1.3 Bacterias para una bioaumentación

Se podrá trabajar con bacterias autóctonas (endógenas). El suelo normalmente contiene un gran número de diversos microorganismos tales como bacterias, algas, hongos, protozoos y actinomicetos.

Se requiere la inyección de aire para que las bacterias se puedan desarrollar y llevar a cabo la actividad degradadora. Deberán mantenerse niveles de humedad adecuados y de ser necesario, adicionar nutrientes.

12.1.4 Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento

Los gases que sean extraídos, deberán tratarse ya sea por recirculación o mediante filtros de carbón activado, para no emitir sustancias tóxicas al ambiente.

- Material a utilizar.
 - Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2”.
 - Arena o gravilla.
 - Cemento.
 - Bentonita.
 - Grava.
 - Tapones herméticos de PVC.
 - Válvulas para regular flujos.
 - Pegamento para PVC.
 - Filtros de carbón activado.
 - Productos agroquímicos y abono.

- Equipo a utilizar.
 - ❖ Equipo de Inyección de aire.

Serie XVL Premium Compresores de Tornillo Rotativo

MOTOR		PRESION		DESPLAZAMIENTO	
HP	VOLTAJE	PSI	BAR	CFM	M ³ /MIN
75	220/440	100	7	297	10.5
		115	8	283	10
		145	10	241	8.5

PUERTO DE DESCARGA		PESO	DIMENSIONES
AJUSTE	CONEXION	KG	L x H x P. (Cm)
Directa	2" NPT	2020	210* 132 * 188

❖ Bombas de Vacío

FE-1374 650 L/ min

PRESION GARANTIZADA GUARANTEED PRESSURE	0.1 MICRON (McLEOD GAUGE) 0.0001 mm Hg (1x10 ⁻⁴ TORR)
DESPLAZAMIENTO EN VACIO FREE AIR DISPLACEMENT	650 L /min 23 cfm
ETAPA/ STAGES 2	PESO NETO/ NET WEIGTH kg 63
MOTOR hp 2	BOMBA MONTADA/ MOUNTED PUM kg 99
BOMBA/ PUMB r.p.m 510	PESO EMBARQUE/SHIPPING WEIGHT 107 Kg
MOTOR r.p.m 1725	DIMENSIONES cm 66 x 35 x 48
MOTOR 3fases/ 3 phases v 220	FILTRO SALIDA/ MUFFLER FILTER STANDAR
TRANSIMISION/ DRIVE BV/VB 2	VALVULA VENDEO/ VENTED EXHAUST STANDAR
ACEITE/OIL L 1.2	CUBRE BANDA/ BELT GUARD STANDAR

❖ Generador de energía

Planta De 20 Kw A 6000 Kw

- Generadores de energía eléctrica con capacidad de 20 kw a 6000 kw; motor a diésel con inyección directa de combustible, enfriada por agua en versión cerrada, acoplada a un generador eléctrico trifásico a 1800 RPM, 60 HZ en

operación manual; o automático, regulador de voltaje electrónico que proporciona una variación de +/- 1.5 %.

- Interruptor termo magnético para protección contra sobrecargas a la salida del generador y tanque de combustible integrado a la base de 10 a 36 hrs de operación.
- Soportes de neopreno para vibración entre motor y base.
- Equipadas con caseta acústica original de fábrica en lámina de acero al carbón a prueba de sonido e intemperie.
- Dos o cuatro puertas para acceso y servicio al motor – generador y silenciador súper crítico tipo hospital.

- Maquinaria a utilizar.

- ❖ Perforadora

Máquina de perforación Mototaladro para perforación de suelo, marca EVANS. El equipo de perforación rotatoria EVANS cuenta con las siguientes especificaciones:

- Perforadora de tierra a gasolina 6.5 Hp B&S sin broca incluida de 2 operadores
- Modelo 9800
- Característica especial: Funciona con brocas de 2" a 14"
- Descripción Comercial: Perforadora a gasolina 6.5 Hp.
- Extensión de 18" para perforadora con eje de 7/8
- Modelo EXT18
- Característica Especial: Extensión.
- Descripción Comercial: Extensión de 18"
- Marca EVANS
- Brocas de 2 y 4" para perforadora 8900E y 9800E
- Modelo EA4F
- Característica especial: Armada de acero
- Descripción Comercial: Brocas de 2" y 4"

Este equipo de perforación es manual y se encuentra montado en una plataforma específicamente para su transportación maniobras y operación.

- Personal
 - Superintendente de Construcción.
 - Ingeniero de Seguridad.
 - Tec. Electricista.
 - Cabo.
 - Peones.

12.1.5 Evaluaciones de seguimiento

Deberán practicarse análisis, para el seguimiento interno del avance de la restauración y para identificar zonas en las que el sistema no esté funcionando adecuadamente, de tal forma que de manera oportuna se realicen las adecuaciones pertinentes para su optimización.

Para el seguimiento interno se propone realizar pruebas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera con un equipo de campo (PetroFLAG®). Se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de HFL con el equipo de campo y de esta forma evaluar el avance de la restauración. Teniendo en cuenta que se restaurará hasta los 1.10 m (sección 2) y 1.00 m (sección 1), se propone que se recolecten muestras para análisis en campo, representativas de las profundidades: 0.20 m y 0.90 m (dos muestras por punto). Se proponen tres puntos de muestreo en cada evento para la Sección 1, la cual se evaluará en los muestreos correspondientes a los días 15; y en los muestreos correspondientes a los días 30 la sección 2, donde se propone 2 puntos de muestreo. De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar.

El parámetro de control serán los Hidrocarburos Fracción Ligera, considerando como referencia el valor establecido como Límite Máximo Permisible en la NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012.

12.1.6 Evaluación final

Una vez que se tenga la certeza de haber logrado las metas de saneamiento del suelo afectado por el derrame de Gasolina, se deberá realizar un Muestreo Final Comprobatorio, teniendo en cuenta lo establecido en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Elaborando el informe final.

Se propone que para el muestreo final, la cantidad de puntos de muestreo sea de acuerdo con lo marcado en la Tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que establece la cantidad de puntos Mínimos de muestreo de acuerdo con el área contaminada. Teniendo en cuenta el sitio en cuestión, se proponen 9 puntos de muestreo en el área restaurada. Para el muestreo final, se propone que las profundidades sean 0.20 m y 0.90 m (dos muestras por punto) analizando HFL y BTEX's; teniendo un total de 18 muestras, más 2 muestras duplicadas.

Los niveles de limpieza deberán de ser los establecidos en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para un Uso de Suelo Industrial y Comercial correspondientes a 500 mg/Kg para HFL, 15 mg/Kg para Benceno, 100 mg/kg para Tolueno, 25 mg/kg para Etilbenceno y 100 mg/Kg para Xilenos (suma de isómeros).

12.1.7 Informe final y Reintegración de material a su lugar de origen

Al final del proceso, previa autorización y reconocimiento por parte de la autoridad de que se ha cumplido con los objetivos de sanear el sitio, se procederá a desarmar la red de tuberías y a extraer la tubería de los pozos, se retirará las bases de concreto y se limpiará y nivelará los terrenos sobre los que se realizaron los trabajos de saneamiento.

El material de la tubería de PVC que no sea reciclable, será dispuesto como desecho en el tiradero municipal.

12.1.8 Tiempo requerido para el tratamiento

Se estima que para la restauración del suelo mediante el sistema de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado", el tiempo requerido es de 4 meses, para lo cual se presenta el siguiente cronograma:

Actividad	Tiempo (meses)							
	1		2		3		4	
	15	30	15	30	15	30	15	30
Instalación de los pozos para el tratamiento, equipamiento e inicio de operación.	■							
Tratamiento hasta la primera evaluación del avance.			■					
Tratamiento hasta la segunda evaluación del avance.				■				
Tratamiento hasta la tercera evaluación del avance.					■			
Tratamiento hasta la cuarta evaluación del avance.						■		
Muestreo Final Comprobatorio							■	
Elaboración de Informe Final							■	
Limpieza del Área y Desarmado de Pozos.								■

Figura 21. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"

**PROPUESTA DE SANEAMIENTO
PARA EL SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA
DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA FEDERAL TOLUCA-ATLACOMULCO EN
EL KM 6+000, MUNICIPIO TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO.**

1 PLAN DE SANEAMIENTO

En el Estudio de Caracterización para evaluar la contaminación de suelo por derrame de 25,000 litros de Gasolina Magna por volcadura de un autotanque en la carretera Toluca-Atlacomulco en el km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México, se identificó:

- Que se tiene una superficie de 360.11 m² de suelo afectada, generando 369.11 m³ de suelo contaminado.
- Que se tiene definida 1 pluma de contaminación, donde el Hidrocarburo Fracción Ligera es el contaminante predominante con concentraciones de hasta 1,755.84 mg/kg, y se encontró presencia de BTEX también en concentraciones fuera de norma.
- Que con base en la pluma de contaminación obtenida, se delimito el Área de Afectación, la cual se dividió en 2 Secciones, siendo la sección 2 donde se detuvo el escurrimiento y los resultados de los análisis de muestras a profundidad de 1.0 m, aun cuando se encontraba por debajo de los LMP, mostraron una elevada concentración de HFL.
- Que con base en el seccionamiento del área identificada como afectada por Hidrocarburo Fracción Ligera y BTEX's, para la Sección 1 se consideró que la profundidad de afectación fue de 1.00 m y de 1.10 m de profundidad en la sección 2; lo que generó un volumen de 369.11 m³ de suelo contaminado.

En la siguiente tabla se presentan los datos generales de la Pluma Contaminante sobre las que se realizarán los trabajos de saneamiento.

Tabla 1. Resumen del área contaminada por sección.

Sección	Profundidad del estrato (m)	Contaminante	Área total (m ²)	Volumen total (m ³)
1	1.00	HFL	270.08	270.08
		Benceno		
		Tolueno		
		Etilbenceno		
		Xilenos		
2	1.10	HFL	90.03	99.03
		Benceno		
		Tolueno		
		Etilbenceno		
		Xilenos		
		TOTAL	360.11	369.11

Por lo anterior se establece que para realizar el saneamiento del suelo contaminado, se tiene que considerar las características del producto a eliminar, en este caso la Gasolina al ser un producto de alta volatilidad el tipo de tratamiento deberá ser "In Situ" (en el sitio contaminado).

Las tecnologías utilizadas para el saneamiento de suelos con las características de los contaminantes de la Gasolina y BTEX son: extracción de vapores y bioventeo aerobio, bioaumentación con nutrientes en el sitio contaminado.

1.1 Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFL y BTEX

A continuación se presenta la propuesta para realizar el saneamiento del suelo contaminado. Debido a la similitud en las características de los contaminantes la técnica propuesta a realizar para la remoción de HFL y BTEX es: "Bioventeo Aerobio In Situ"

La técnica de remediación "Bioventeo Aerobio In Situ" para eliminar o disminuir la concentración de hidrocarburos presentes en el subsuelo, consiste básicamente en inyección de aire limpio y de soluciones acuosas que contengan nutrientes y/u oxígeno a través del suelo contaminado, con lo cual se estimula el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos endógenos, y se aceleran las tasas de biodegradación, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables. A fin de favorecer la

eficiencia del proceso, es factible desarrollar de forma externa un cultivo microbiano de cepas autóctonas en la solución de nutrientes a inyectar. De forma alterna periódicamente se realiza la extracción de vapores a través del mismo sistema de inyección a fin de extraer los compuestos orgánicos volátiles (COV's) presentes en el suelo (en este caso Benceno, Etilbenceno y Xilenos) y los dirige hacia a un filtro de carbón activado, por donde pasa el aire y quedan atrapados los COV's, saliendo el aire nuevamente limpio.

El primer paso para construir un sistema de Bioventeo Aerobio *In Situ* en el suelo consiste en instalar pozos de inyección y una red de interconexión en la zona contaminada, los cuales a su vez, funcionarán para la extracción de COV's. Cuando el aire que entra pasa por el suelo camino a los pozos, por acción de la fricción genera calor, los contaminantes se evaporan de los huecos existentes entre las partículas del suelo, siendo arrastrados por el aire hasta los pozos de extracción. Los vapores extraídos con éste proceso por lo general son sometidos a un tratamiento posterior de adsorción con carbón activado, incineración, oxidación catalítica o condensación. También se han usado otros métodos, como tratamiento biológico y oxidación ultravioleta. La adsorción con carbón es el tratamiento que más se usa para los vapores contaminados y se puede adaptar a una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles.

1.1.1 Diseño de la retícula de pozos

Para la planeación de los pozos para el tratamiento se debe de conocer las características y dimensiones del área de la pluma contaminante. Las plumas de contaminación son similares para los contaminantes evaluados, HFL y BTEX (Benceno, Etilbenceno y Xilenos), por lo cual se considerará la superficie total (360.11 m²) para el diseño de la retícula.

Se propone la instalación de pozos utilizando tubería de PVC cédula 40 de 2.0" de diámetro, ranurada a la profundidad a la que se identificaron los estratos con contaminación fuera de norma, en cada una de las zonas, y tubería lisa hacia la parte superior, que se use arena como filtro, un tapón de bentonita como sello arriba de la arena y una base de cemento en la parte superior.

Los pozos se equiparán con válvulas, accesorios que permitan regular los flujos y bombas de vacío para la extracción de los gases generados durante el proceso de tratamiento, donde en un momento dado podrán ser recirculados. En los pozos se podrá verter las sustancias necesarias para el proceso de tratamiento e inyectar aire y se podrá monitorear su comportamiento; se deben de interconectar entre ellos y con los equipos de inyección de aire y bombas de vacío, utilizando tubería lisa de PVC con las mismas especificaciones de la utilizada para la instalación de los pozos; que en cada pozo se instalen tapones herméticos que garanticen que no se infiltren sustancias indeseadas, y; que cada pozo en la superficie del terreno cuente con un registro que garantice la protección del pozo, para evitar daños por el paso de personal, maquinaria, etc.

Se considera un área de influencia de cada pozo de 2.0 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 2.50 m entre cada uno con el fin de que se intercalen las áreas de influencia y se cubra toda el área afectada. Se propone la instalación 70 pozos; de los cuales 50 estarán instalados a 1.00 m de profundidad y los 20 restantes a 1.10 m.

Con la finalidad de hacer eficiente el tratamiento, se propone organizar las líneas de pozos en 2 secciones, la primera con 10 líneas de 5 pozos y la segunda sección con 4 líneas de 5 pozos, tal como se muestra en la siguiente figura. A través de estos pozos se realizará la inyección-extracción de aire y vapores y la aplicación de las soluciones utilizadas en el tratamiento.

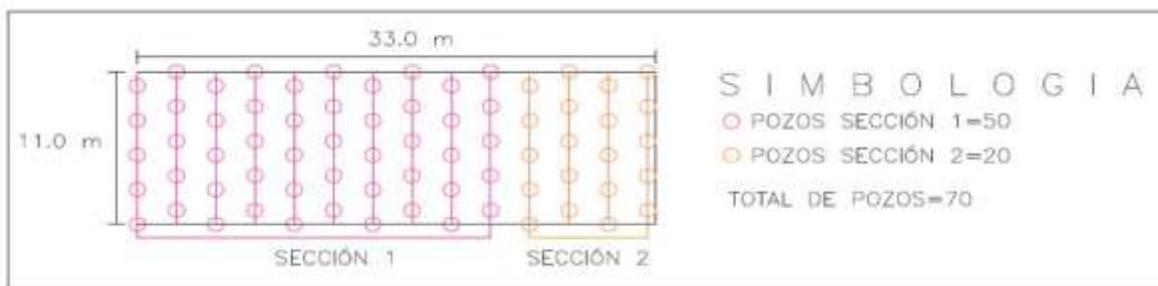


Figura 1. Distribución de los pozos para la restauración de suelo contaminado con HFL y BTEX

Cada uno de los pozos se construirá de la siguiente manera:

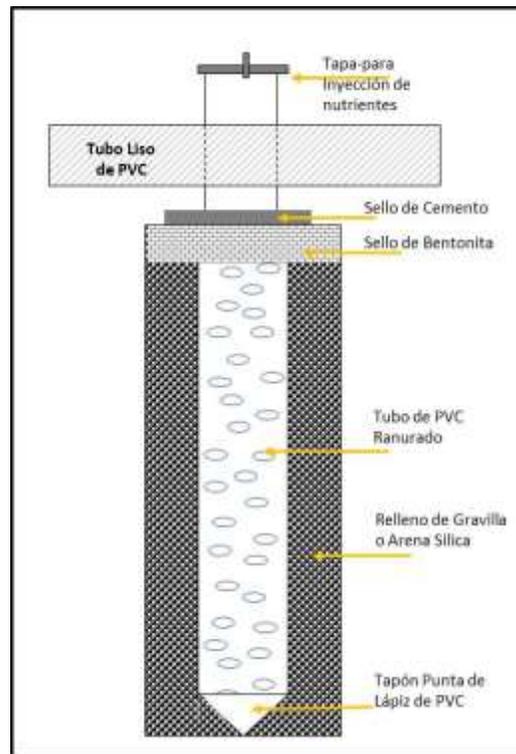


Figura 2. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

1.1.2 Equipos para la inyección de aire, sustancias y la extracción de gases generados durante el proceso de tratamiento

Se propone que se utilicen sopladores que puedan funcionar como generadores de aire y como bombas de vacío, de tal forma que permitan inyectar aire a presión y/o extraer los gases.

La capacidad de los equipos deberá ajustarse a la cantidad de pozos, teniendo en cuenta que cada pozo reciba del orden de 3 ft³ por minuto de aire. Los equipos se deberán instalar en áreas estratégicas para que el aire y las sustancias se puedan distribuir en los distintos pozos y zonas. Deberán equiparse con sistemas de paro automático para protección en caso de sobrecargas de energía y colocarse en casetas techadas para su protección de la intemperie.

La aplicación de la inyección puede darse por secciones de pozos, para lo cual se deberá tener una bitácora de registro para organizar los tiempos de operación.

1.1.3 Bacterias para una bioaumentación

Se podrá trabajar con bacterias autóctonas (endógenas). El suelo normalmente contiene un gran número de diversos microorganismos tales como bacterias, algas, hongos, protozoos y actinomicetos.

Se requiere la inyección de aire para que las bacterias se puedan desarrollar y llevar a cabo la actividad degradadora. Deberán mantenerse niveles de humedad adecuados y de ser necesario, adicionar nutrientes.

1.1.4 Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento

Los gases que sean extraídos, deberán tratarse ya sea por recirculación o mediante filtros de carbón activado, para no emitir sustancias tóxicas al ambiente.

- Material a utilizar.
 - Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2”.
 - Arena o gravilla.
 - Cemento.
 - Bentonita.
 - Grava.
 - Tapones herméticos de PVC.
 - Válvulas para regular flujos.
 - Pegamento para PVC.
 - Filtros de carbón activado.
 - Productos agroquímicos y abono.

- Equipo a utilizar.
 - ❖ Equipo de Inyección de aire.

Serie XVL Premium Compresores de Tornillo Rotativo

MOTOR		PRESION		DESPLAZAMIENTO	
HP	VOLTAJE	PSI	BAR	CFM	M ³ /MIN
75	220/440	100	7	297	10.5
		115	8	283	10
		145	10	241	8.5

PUERTO DE DESCARGA		PESO	DIMENSIONES
AJUSTE	CONEXION	KG	L x H x P. (Cm)
Directa	2" NPT	2020	210* 132 * 188

❖ Bombas de Vacío

FE-1374 650 L/ min

PRESION GARANTIZADA GUARANTEED PRESSURE	0.1 MICRON (McLEOD GAUGE) 0.0001 mm Hg (1x10 ⁻⁴ TORR)
DESPLAZAMIENTO EN VACIO FREE AIR DISPLACEMENT	650 L /min 23 cfm
ETAPA/ STAGES 2	PESO NETO/ NET WEIGTH kg 63
MOTOR hp 2	BOMBA MONTADA/ MOUNTED PUM kg 99
BOMBA/ PUMB r.p.m 510	PESO EMBARQUE/SHIPPING WEIGHT 107 Kg
MOTOR r.p.m 1725	DIMENSIONES cm 66 x 35 x 48
MOTOR 3fases/ 3 phases v 220	FILTRO SALIDA/ MUFFLER FILTER STANDAR
TRANSIMISION/ DRIVE BV/VB 2	VALVULA VENDEO/ VENTED EXHAUST STANDAR
ACEITE/OIL L 1.2	CUBRE BANDA/ BELT GUARD STANDAR

- ❖ **Generador de energía**
 - Planta De 20 Kw A 6000 Kw
 - Generadores de energía eléctrica con capacidad de 20 kw a 6000 kw; motor a diésel con inyección directa de combustible, enfriada por agua en versión cerrada, acoplada a un generador eléctrico trifásico a 1800 RPM, 60 HZ en operación manual; o automático, regulador de voltaje electrónico que proporciona una variación de +/- 1.5 %.
 - Interruptor termo magnético para protección contra sobrecargas a la salida del generador y tanque de combustible integrado a la base de 10 a 36 hrs de operación.
 - Soportes de neopreno para vibración entre motor y base.
 - Equipadas con caseta acústica original de fábrica en lámina de acero al carbón a prueba de sonido e intemperie.
 - Dos o cuatro puertas para acceso y servicio al motor – generador y silenciador súper crítico tipo hospital.

- Maquinaria a utilizar.
 - ❖ **Perforadora**

Máquina de perforación Mototaladro para perforación de suelo, marca EVANS. El equipo de perforación rotatoria EVANS cuenta con las siguientes especificaciones:
 - Perforadora de tierra a gasolina 6.5 Hp B&S sin broca incluida de 2 operadores
 - Modelo 9800
 - Característica especial: Funciona con brocas de 2" a 14"
 - Descripción Comercial: Perforadora a gasolina 6.5 Hp.
 - Extensión de 18" para perforadora con eje de 7/8
 - Modelo EXT18
 - Característica Especial: Extensión.
 - Descripción Comercial: Extensión de 18"
 - Marca EVANS
 - Brocas de 2 y 4" para perforadora 8900E y 9800E

- Modelo EA4F
- Característica especial: Armada de acero
- Descripción Comercial: Brocas de 2" y 4"

Este equipo de perforación es manual y se encuentra montado en una plataforma específicamente para para su transportación maniobras y operación.

- Personal
 - Superintendente de Construcción.
 - Ingeniero de Seguridad.
 - Tec. Electricista.
 - Cabo.
 - Peones.

1.1.5 Evaluaciones de seguimiento

Deberán practicarse análisis, para el seguimiento interno del avance de la restauración y para identificar zonas en las que el sistema no esté funcionando adecuadamente, de tal forma que de manera oportuna se realicen las adecuaciones pertinentes para su optimización.

Para el seguimiento interno se propone realizar pruebas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera con un equipo de campo (PetroFLAG®). Se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de HFL con el equipo de campo y de esta forma evaluar el avance de la restauración. Teniendo en cuenta que se restaurará hasta los 1.10 m (sección 2) y 1.00 m (sección 1), se propone que se recolecten muestras para análisis en campo, representativas de las profundidades: 0.20 m y 0.90 m (dos muestras por punto). Se proponen tres puntos de muestreo en cada evento para la Sección 1, la cual se evaluará en los muestreos correspondientes a los días 15; y en los muestreos correspondientes a los días 30 la sección 2, donde se propone 2 puntos de muestreo. De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar.

El parámetro de control serán los Hidrocarburos Fracción Ligera, considerando como referencia el valor establecido como Límite Máximo Permisible en la NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012.

Para el desarrollo de los muestreos de seguimiento, se tomará la programación y actividades a realizar conforme a lo establecido en el Plan de Muestreo de Seguimiento (Anexo 1).

1.1.6 Evaluación final

Una vez que se tenga la certeza de haber logrado las metas de saneamiento del suelo afectado por el derrame de Gasolina, se deberá realizar un Muestreo Final Comprobatorio, teniendo en cuenta lo establecido en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Elaborando el informe final.

Se propone que para el muestreo final, la cantidad de puntos de muestreo tomará en consideración lo marcado en la Tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que establece la cantidad de puntos Mínimos de muestreo de acuerdo con el área contaminada. Teniendo en cuenta el sitio en cuestión, se proponen 9 puntos de muestreo en el área restaurada. Para el muestreo final, se propone que las profundidades sean 0.20 m y 0.90 m (dos muestras por punto) analizando HFL y BTEX's; teniendo un total de 18 muestras, más 2 muestras duplicadas.

Los niveles de limpieza deberán de ser los establecidos en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para un Uso de Suelo Industrial y Comercial correspondientes a 500 mg/Kg para HFL, 15 mg/Kg para Benceno, 100 mg/kg para Tolueno, 25 mg/kg para Etilbenceno y 100 mg/Kg para Xilenos (suma de isómeros).

Para el Muestreo Final Comprobatorio, se realizará de acuerdo a lo establecido en el Plan de Muestreo Final Comprobatorio (Anexo 2).

1.1.7 Informe final y Reintegración de material a su lugar de origen

Al final del proceso, previa autorización y reconocimiento por parte de la autoridad de que se ha cumplido con los objetivos de sanear el sitio, se procederá a desarmar la red de

tuberías y a extraer la tubería de los pozos, se retirará las bases de concreto y se limpiara y nivelara los terrenos sobre los que se realizaron los trabajos de saneamiento.

El material de la tubería de PVC que no sea reciclable, será dispuesto como desecho en el tiradero municipal.

1.1.8 Tiempo requerido para el tratamiento

Se estima que para la restauración del suelo mediante el sistema de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado", el tiempo requerido es de 4 meses, para lo cual se presenta el siguiente cronograma:

Actividad	Tiempo (meses)							
	1		2		3		4	
	15	30	15	30	15	30	15	30
Instalación de los pozos para el tratamiento, equipamiento e inicio de operación.	■							
Tratamiento hasta la primera evaluación del avance.			■					
Tratamiento hasta la segunda evaluación del avance.				■				
Tratamiento hasta la tercera evaluación del avance.					■			
Tratamiento hasta la cuarta evaluación del avance.						■		
Muestreo Final Comprobatorio							■	
Elaboración de Informe Final							■	
Limpieza del Área y Desarmado de Pozos.								■

Figura 3. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"



LABSA O.T. Lab.: 120030062 Identificación: FR-SGC-19.01 Revisión: 7 Fecha de última revisión: 2019-09-03 Inicio de Vigencia: 2013-01-01

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES INDUSTRIALES S.A. DE C.V.



Carrilero Vázquez 144, San Pedro
Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Orión 44, Col. Prado Churubusco C.P. 04230 Del. Coyoacán, México D.F.

Giro: Ambiental

Atención: [Redacted]

Tel/e-mail: [Redacted]

Tipo de análisis Requerido

No. de Contenedores: HFL BTEX

Muestreador y responsable del muestreo

Nombre y Firma: Roberto Morales Jiménez

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX
PI-1-0.20	0803	2020-03-02	10:35	Suelo	1	X	X
PI-1-1.00	0804	2020-03-02	10:43	Suelo	1	X	X
PI-2-0.20	0805	2020-03-02	10:51	Suelo	1	X	X
PI-2-1.00	0806	2020-03-02	10:59	Suelo	1	X	X
PI-3-0.20	0807	2020-03-02	11:07	Suelo	1	X	X
PI-3-1.00	0808	2020-03-02	11:15	Suelo	1	X	X
PI-4-0.20	0809	2020-03-02	11:23	Suelo	1	X	X
PI-4-1.00	0810	2020-03-02	11:31	Suelo	1	X	X
PI-5-0.20	0811	2020-03-02	11:39	Suelo	1	X	X
PI-5-1.00	0812	2020-03-02	11:47	Suelo	1	X	X
PI-5-1.00 Dup	0813	2020-03-02	11:47	Suelo	1	X	X
PI-6-0.20	0814	2020-03-02	11:58	Suelo	1	X	X
PI-6-1.00	0815	2020-03-02	12:04	Suelo	1	X	X
PI-7-0.20	0816	2020-03-02	12:10	Suelo	1	X	X
PI-7-1.00	0817	2020-03-02	12:16	Suelo	1	X	X
PI-8-0.20	0818	2020-03-02	12:22	Suelo	1	X	X
PI-8-1.00	0819	2020-03-02	12:28	Suelo	1	X	X
PI-9-0.20	0820	2020-03-02	12:34	Suelo	1	X	X
PI-9-1.00	0821	2020-03-02	12:40	Suelo	1	X	X
PI-10-0.20	0822	2020-03-02	12:46	Suelo	1	X	X

Observaciones

Temperatura a 4°C (+/- 2°C)

Condiciones de preservación

Tipo de muestra

Observaciones: [Redacted]

NOMBRE, FIRMA Y CORREO
ELECTRÓNICO DE LA
PERSONA FÍSICA, ART. 116
PÁRRAFO PRIMERO DE LA
LGTAIIP Y 113 FRACCIÓN I DE
LA LFTAIP

00001

Entrega de Muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: 2020-03-03

Hora: 09:00

Recibo de muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: 2020-03-03

Hora: 09:10

Sito de Muestreo:

En carretera Toluca-Atlaclmulco Km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Suelo Industrial

Tipo de muestra

Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal X

Urgente

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.



LABSA O.T. Lab.: 120030062

Identificación: FR-SGC-19.01

Revisión:

Fecha de última revisión: 2019-09-03

Inicio de Vigencia: 2013-01-01

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

DE CUSTODIA



Ciudad Vázquez 144, San Pedro Atoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Orión 44, Col. Prado Churubusco C.P. 04230 Del. Coyoacán, México D.F.

Giro: Ambiental

Atención: [Redacted]

Tel/e-mail: [Redacted]

Tipo de análisis Requerido

Muestreador y responsable del muestreo

Roberto Morales Jiménez

Nombre y Firma

No. de Folio

No. de Proyecto

200030050

Contacto de LABSA:

Observaciones

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores		HFL	BTEX
					HFL	BTEX		
PI-10-1.00	20030023	2020-03-02	12:52	Suelo	1	X	X	
PI-10-1.00 Dup	0824	2020-03-02	12:52	Suelo	1	X	X	
PI-11-0.20	0825	2020-03-02	13:00	Suelo	1	X	X	
PI-11-1.00	0826	2020-03-02	13:07	Suelo	1	X	X	
PI-12-0.20	0827	2020-03-02	13:14	Suelo	1	X	X	
PI-12-1.00	0828	2020-03-02	13:21	Suelo	1	X	X	
PI-13-0.20	0829	2020-03-02	13:28	Suelo	1	X	X	
PI-13-1.00	0830	2020-03-02	13:35	Suelo	1	X	X	
PI-14-0.20	0831	2020-03-02	13:42	Suelo	1	X	X	
PI-14-1.00	0832	2020-03-02	13:49	Suelo	1	X	X	
PI-15-0.20	0833	2020-03-02	13:56	Suelo	1	X	X	
PI-15-1.00	0834	2020-03-02	14:03	Suelo	1	X	X	
PI-15-1.00 Dup	0835	2020-03-02	14:03	Suelo	1	X	X	
PI-16-0.20	0836	2020-03-02	14:15	Suelo	1	X	X	
PI-16-1.00	0837	2020-03-02	14:24	Suelo	1	X	X	
PE-1-0.25	0838	2020-03-02	15:00	Suelo	1	X	X	
PE-2-0.25	0839	2020-03-02	15:06	Suelo	1	X	X	
PE-3-0.25	0840	2020-03-02	15:12	Suelo	1	X	X	
PE-4-0.25	0841	2020-03-02	15:18	Suelo	1	X	X	
PE-5-0.25	0842	2020-03-02	15:24	Suelo	1	X	X	

NOMBRE, FIRMA Y CORREO ELECTRÓNICO DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

200030050

(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Linier) (VI=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ámbar)

Tipo de Contenedor: L L

(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)

Tiempo máximo de espera: 14 d 14 d

Conservador: NA NA

(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo) Volumen de muestras: 250g 250g

- HCL 1:1
- NaOH
- Na₂S₂O₃
- F: Formaldehído
- H₂SO₄ 4 mol/L
- 10%
- HNO₃
- Ácido
- Concentrado
- Suprapuro
- #: K₂Cr₂O₇ al 20%
- †:Disolución
- buffer(NH₄)₂SO₄ y NH₄OH
- ¶:H₂SO₄ 1:1
- §:HNO₃ 1:1

Entrega de Muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: 2020-03-03

Hora: 09:00

Entrega de Muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Sito de Muestreo: En carretera Toluca-Atlamulco Km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México

Recibo de muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: 2020-03-03

Hora: 09:10

Recibo de muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Industrial

Nombre del laboratorio que recibe las muestras: LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

Tipo de muestra

Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal X

Urgente

Días



LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.
cadena de custodia



Vino Vázquez 144, San Pedro
 Atoltepec, Toluca, Estado de
 México, C.P. 50200
 Tel: (722) 273 1275
 Email: contacto@labsa.mx
 www.labsa.mx

O.T. Lab.: 120030062 Identificación: FR-SGC-19.01

Revisión: 7

Fecha de última revisión: 2019-09-03

Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Orión 44, Col. Prado Churubusco C.P. 04230 Del. Coyoacán, México D.F.

Giro: Ambiental

Atención: [Redacted]

Tel/e-mail: [Redacted]

Tipo de análisis Requerido

[Grid area for analysis type]

Muestreador y responsable del muestreo

Nombre y Firma: Roberto Morales Jiménez

No. de Folio: [Redacted]

No. de Proyecto: 200030050

Contacto de LABSA: [Redacted]

Observaciones: [Redacted]

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX
PE-6-0.25	2003030813	2020-03-02	13:30	Suelo	2	X	X
PE-7-0.25	0844	2020-03-02	16:36	Suelo	2	X	X
PE-8-0.25	0845	2020-03-02	15:43	Suelo	2	X	X
PE-8-0.25 Dup	0846	2020-03-02	15:43	Suelo	2	X	X
Blanco de Campo	0847	2020-03-02	15:53	Suelo	2	X	X
Blanco de Viaje	0848	2020-03-02	15:53	Suelo	2	X	X

**NOMBRE, FIRMA Y CORREO
 ELECTRÓNICO DE LA PERSONA FÍSICA,
 ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA
 LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA
 LFTAIP**

20003

(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garraflón) (L=Liner) (Vi=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ámbar) Tipo de Contenedor: L L

(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA-No Aplica) Tiempo máximo de espera: 14 d 14 d

Conservador: NA NA

(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo) Volumen de muestras: 250g 250g

- HCL 1:1
- NaOH
- Na2S2O3
- F: Formaldehído
- H2SO4 4 mol/L
- 10%
- HNO3
- Acido
- Concentrado
- Suprapuro
- # K2Cr2O7 al 20%
- buffer(NH4)2SO4 y NH4OH
- H2SO4 1:1
- CHNO3 1:1
- †:Disolución

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Sito de Muestreo:
Nombre y firma: [Redacted]	Nombre y firma: [Redacted]	En carretera Toluca-Atacomulco Km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México
Fecha: 2020-03-03	Fecha: [Redacted]	
Hora: 09:00	Hora: [Redacted]	
Recibo de muestras	Recibo de muestras	Requerimientos especiales:
Nombre y firma: [Redacted]	Nombre y firma: [Redacted]	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Industrial
Fecha: [Redacted]	Fecha: [Redacted]	
Hora: [Redacted]	Hora: [Redacted]	

Tipo de muestra

Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No

Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal X

Urgente

Diac

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:
 LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

EL INGENIERO DAVID RIVERA BELLO, DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES, ADSCRITO A LA AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS, CON FUNDAMENTO EN EL ACUERDO POR EL QUE SE DELEGA EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES, LAS FACULTADES QUE SE INDICAN, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN EL 30 DE NOVIEMBRE DE 2017 EN CORRELACIÓN CON EL ARTÍCULO 18 FRACCIÓN X DEL REGLAMENTO INTERIOR DE ESTA DEPENDENCIA -----

----- **C E R T I F I C A** -----

QUE LA PRESENTE COPIA DE LAS CADENAS DE CUSTODIA E INFORME DE LABORATORIO, EMITIDAS A FAVOR DE LA PERSONA FÍSICA CON ACTIVIDAD EMPRESARIAL JAVIER CANTÚ BARRAGÁN, RESPECTO AL ASUNTO "INFORME DE LABORATORIO (6 HOJAS) Y CADENAS DE CUSTODIA (3 HOJAS) INCLUIDAS EN LA PROPUESTA DE REMEDIACIÓN CORRESPONDIENTE AL SINIESTRO UBICADO EN LA CARRETERA TOLUCA-ATLACOMULCO EN EL KM. 6+000 MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO", CONSTA DE 09 (NUEVE) FOJAS ÚTILES, QUE SON FIEL Y EXACTA REPRODUCCIÓN DE SU ORIGINAL QUE OBRA EN ESTA DIRECCIÓN GENERAL, LO QUE SE CERTIFICA PARA LOS EFECTOS LEGALES CONDUCENTES, A LOS TREINTA DÍAS DEL MES DE ABRIL DEL AÑO DOS MIL VEINTIUNO EN LA CIUDAD DE MÉXICO. -----

----- **DOY FE** -----

DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES



ING. DAVID RIVERA BELLO



LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.
CADENA DE CUSTODIA



Carretera Toluca-Atacomulco 144, San Pedro
Toluca, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

LABSA O.T. Lab.: 20030062 Identificación: FR-SGC-19.01 Revisión: 7 Fecha de última revisión: 2019-09-03 Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Orion 44, Col. Prado Churubusco C.P. 04230 Del. Coyoacán, México D.F.

Giro: Ambiental

Atención: [Redacted]

Tel/e-mail: [Redacted]

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	Tipo de análisis Requerido	
						H ₂ O	Humedad
PI-1-0.20	20030803	2020-03-02	10:35	Suelo	1	X	X
PI-1-1.00	0804	2020-03-02	10:43	Suelo	1	X	X
PI-2-0.20	0805	2020-03-02	10:51	Suelo	1	X	X
PI-2-1.00	0806	2020-03-02	10:59	Suelo	1	X	X
PI-3-0.20	0807	2020-03-02	11:07	Suelo	1	X	X
PI-3-1.00	0808	2020-03-02	11:15	Suelo	1	X	X
PI-4-0.20	0809	2020-03-02	11:23	Suelo	1	X	X
PI-4-1.00	0810	2020-03-02	11:31	Suelo	1	X	X
PI-5-0.20	0811	2020-03-02	11:39	Suelo	1	X	X
PI-5-1.00	0812	2020-03-02	11:47	Suelo	1	X	X
PI-5-1.00 Dup	0813	2020-03-02	11:47	Suelo	1	X	X
PI-6-0.20	0814	2020-03-02	11:58	Suelo	1	X	X
PI-6-1.00	0815	2020-03-02	12:04	Suelo	1	X	X
PI-7-0.20	0816	2020-03-02	12:10	Suelo	1	X	X
PI-7-1.00	0817	2020-03-02	12:16	Suelo	1	X	X
PI-8-0.20	0818	2020-03-02	12:22	Suelo	1	X	X
PI-8-1.00	0819	2020-03-02	12:28	Suelo	1	X	X
PI-9-0.20	0820	2020-03-02	12:34	Suelo	1	X	X
PI-9-1.00	0821	2020-03-02	12:40	Suelo	1	X	X
PI-10-0.20	0822	2020-03-02	12:46	Suelo	1	X	X

NOMBRE, FIRMA Y CORREO
ELECTRÓNICO DE LA PERSONA
FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO
PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

No. de Folio

No. de Proyecto
200030050

Contacto de LABSA: [Redacted]

Observaciones

Condiciones de preservación

Tipo de muestra

Temperatura 4°C (+/- 2°C)

Preservación Cumple: Si No

Etiquetado cumple: Si No

Prioridad

Normal **Urgente** **Días**

Tipo de muestra
Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si No

Etiquetado cumple: Si No

Prioridad
Normal **Urgente** **Días**

Entrega de Muestras

Entrega de Muestras

Sito de Muestreo:

Nombre y firma: [Redacted]

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Recibo de muestras

Recibo de muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: 2020-03-03

Fecha: [Redacted]

Hora: 09:10

Hora: [Redacted]

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Suelo Industrial

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

En carretera Toluca-Atacomulco Km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México



O.T. Lab.: 120030062

Identificación: FR-SGC-19.01

Revisión: 7

Fecha de última revisión: 2019-09-03

Inicio de Vigencia: 2013-01-01

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V. CADENA DE CUSTODIA



No. Vázquez 144, San Pedro Tolucapec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Orión 44, Col. Prado Churubusco C.P. 04230 Del. Coyoacán, México D.F.

Giro: Ambiental

Atención: [Redacted]

Tel/e-mail: [Redacted]

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	Humedad	
						Hd	Humedad
PI-10-1.00	2003030823	2020-03-02	12:52	Suelo	1	X	X
PI-10-1.00 Dup	0824	2020-03-02	12:52	Suelo	1	X	X
PI-11-0.20	0825	2020-03-02	13:00	Suelo	1	X	X
PI-11-1.00	0826	2020-03-02	13:07	Suelo	1	X	X
PI-12-0.20	0827	2020-03-02	13:14	Suelo	1	X	X
PI-12-1.00	0828	2020-03-02	13:21	Suelo	1	X	X
PI-13-0.20	0829	2020-03-02	13:28	Suelo	1	X	X
PI-13-1.00	0830	2020-03-02	13:35	Suelo	1	X	X
PI-14-0.20	0831	2020-03-02	13:42	Suelo	1	X	X
PI-14-1.00	0832	2020-03-02	13:49	Suelo	1	X	X
PI-15-0.20	0833	2020-03-02	13:56	Suelo	1	X	X
PI-15-1.00	0834	2020-03-02	14:03	Suelo	1	X	X
PI-15-1.00 Dup	0835	2020-03-02	14:03	Suelo	1	X	X
PI-16-0.20	0836	2020-03-02	14:15	Suelo	1	X	X
PI-16-1.00	0837	2020-03-02	14:24	Suelo	1	X	X
PE-1-0.25	0838	2020-03-02	15:00	Suelo	1	X	X
PE-2-0.25	0839	2020-03-02	15:06	Suelo	1	X	X
PE-3-0.25	0840	2020-03-02	15:12	Suelo	1	X	X
PE-4-0.25	0841	2020-03-02	15:18	Suelo	1	X	X
PE-5-0.25	0842	2020-03-02	15:24	Suelo	1	X	X

NOMBRE, FIRMA Y CORREO ELECTRÓNICO DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

Temperatura 4°C (+/- 2°C)

Condiciones de preservación

Tipo de muestra

No. de Folio

No. de Proyecto
200030050

Contacto de LABSA:

Observaciones

HCL 1:1
 Na2S2O3
 H2SO4 4 mol/L
 HNO3
 Concentrado
 K2Cr2O7 al 20%

NaOH
 Formaldehído
 Ácido Suprapuro
 buffer(NH4)2SO4 y NH4OH
 H2SO4 1:1
 Ácido C:HNO3 1:1
 Disolución

Entrega de Muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: 2020-03-03

Hora: 09:10

Recibo de muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Sito de Muestreo:

En carretera Toluca-Atzacmulco Km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012
Suelo Industrial

Nombre del laboratorio que recibe las muestras:

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

Tipo de muestra

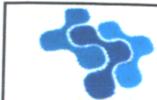
Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si No

Etiquetado cumple: Si No

Prioridad

Normal Urgente Días



LABSA O.T. Lab.: 120030062 Identificación: FR-SGC-19.01

LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V. CADENA DE CUSTODIA



no Vázquez 144, San Pedro
Tolucapec, Toluca, Estado de
México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275
Email: contacto@labsa.mx
www.labsa.mx

Revisión: 7

Fecha de última revisión: 2019-09-03

Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Datos del Cliente

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

Dirección: Orión 44, Col. Prado Churubusco C.P. 04230 Del. Coyoacán, México D.F.

Giro: Ambiental

Atención: [Redacted]

Tel/e-mail: [Redacted]

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	Tipo de análisis Requerido	
						Hd	Humedad
PE-6-0.25	2003030643	2020-03-02	13:30	Suelo	2	X	X
PE-7-0.25	0844	2020-03-02	16:36	Suelo	2	X	X
PE-8-0.25	0845	2020-03-02	15:43	Suelo	2	X	X
PE-8-0.25 Dup	0846	2020-03-02	15:43	Suelo	2	X	X
Blanco de Campo	0847	2020-03-02	15:53	Suelo	2	X	X
Blanco de Viaje	0848	2020-03-02	15:53	Suelo	2	X	X

Muestreador y responsable del muestreo

Nombre y Firma: [Redacted]

No. de Folio: [Redacted]

No. de Proyecto: 200030050

Contacto de LABSA: [Redacted]

Observaciones:

NOMBRE, FIRMA Y CORREO ELECTRÓNICO DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

(V= Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (L=Liner) (Vi=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ámbar)

(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)

Tipo de Contenedor: L L

Tiempo máximo de espera: 14 d 14 d

Conservador: NA NA

(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo) Volumen de muestras: 250g 250g

- : HCL 1:1
- : Na₂S₂O₃
- ◇: H₂SO₄ 4 mol/L
- △: HNO₃ Concentrado
- #: K₂Cr₂O₇ al 20%
- Φ: NaOH
- F: Formaldehído
- 10% NH₄OH
- Ω: Ácido
- Suprapuro
- †: Disolución
- buffer(NH₄)₂SO₄ y NH₄OH
- «: H₂SO₄ 1:1
- ©: HNO₃ 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Sito de Muestreo:
Nombre y firma: Gabriel Hernández Pérez	Nombre y firma:	Nombre y firma:	En carretera Toluca-Atzacomulco Km 6+000, Municipio de Toluca, Estado de México
Fecha: 2020-03-03	Fecha:	Fecha:	
Hora: 09:00	Hora:	Hora:	
Recibo de muestras	Recibo de muestras	Recibo de muestras	Requerimientos especiales:
Nombre y firma: Ana Karen García Martínez	Nombre y firma:	Nombre y firma:	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Industrial
Fecha: 2020-03-03	Fecha:	Fecha:	
Hora: 09:10	Hora:	Hora:	

LABSA

Nombre del laboratorio que recibe las muestras: LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V.

Tipo de muestra

Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple: Si X No

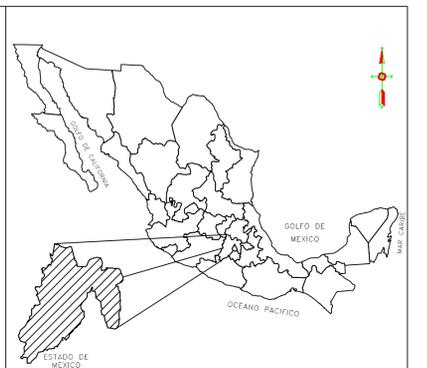
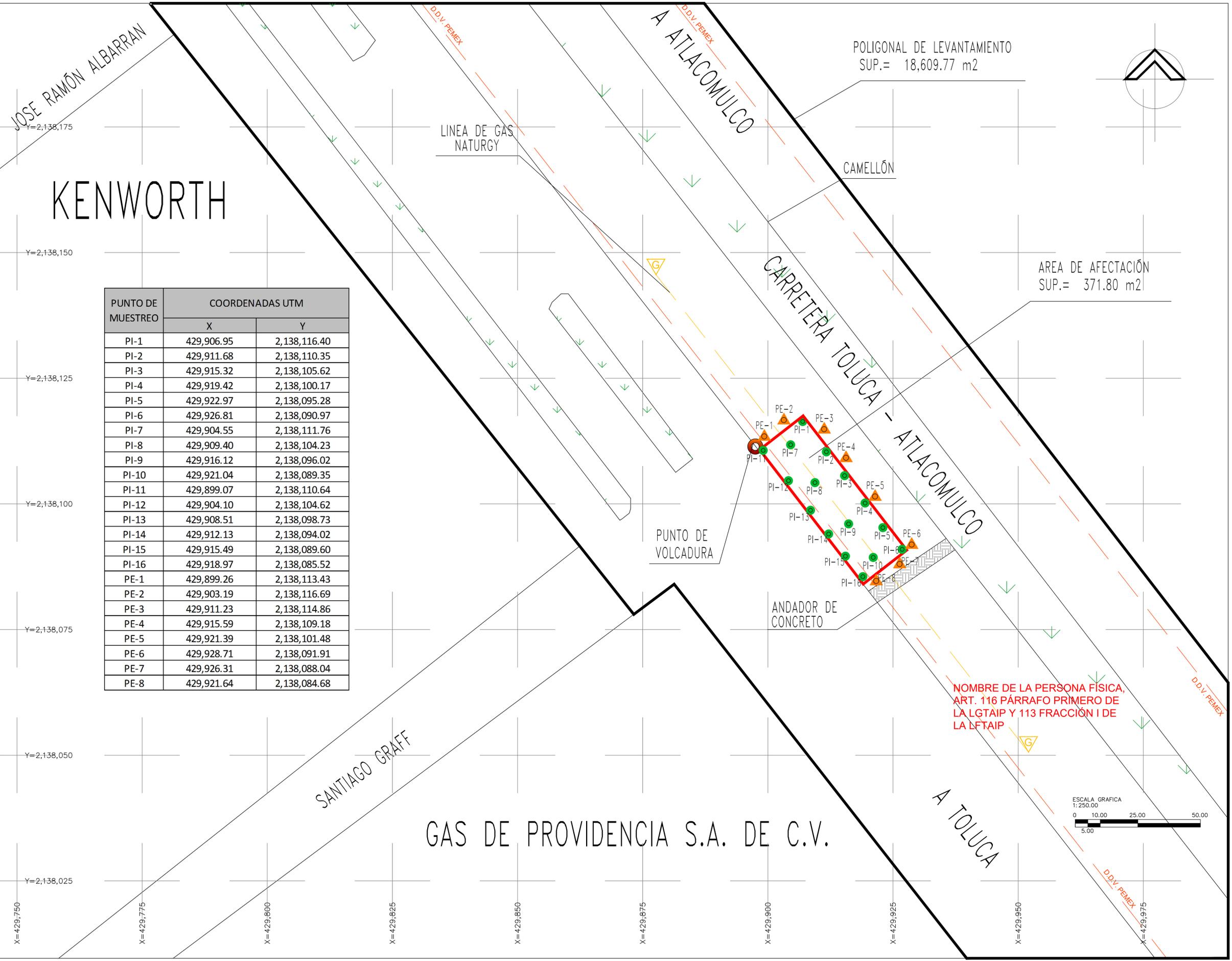
Etiquetado cumple: Si X No

Prioridad

Normal X

Urgente

Días



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE VOLCADURA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- POZO DE MUESTREO
- PUNTO DE MUESTREO EXTERIOR
- PUNTO DE MUESTREO INTERIOR

NOTAS:
 COORDENADAS DE INICIO DE LA ESTACION BASE LIGADA A LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI.
 NORTE GEOGRAFICO
 DATUM ITRF92
 ELIPSOIDE DE REFERENCIA GRS 80
 CUADRICULA A CADA 25.00 mts.
 ZONA UTM 14Q
 ESCALA 1:250.00

UBICACION DE PUNTOS DE MUESTREO
 DERRAME DE GASOLINA POR SINISTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM 6+000 CARRERA TOLUCA - ATLACOMULCO MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

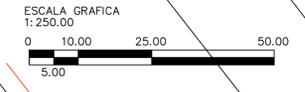


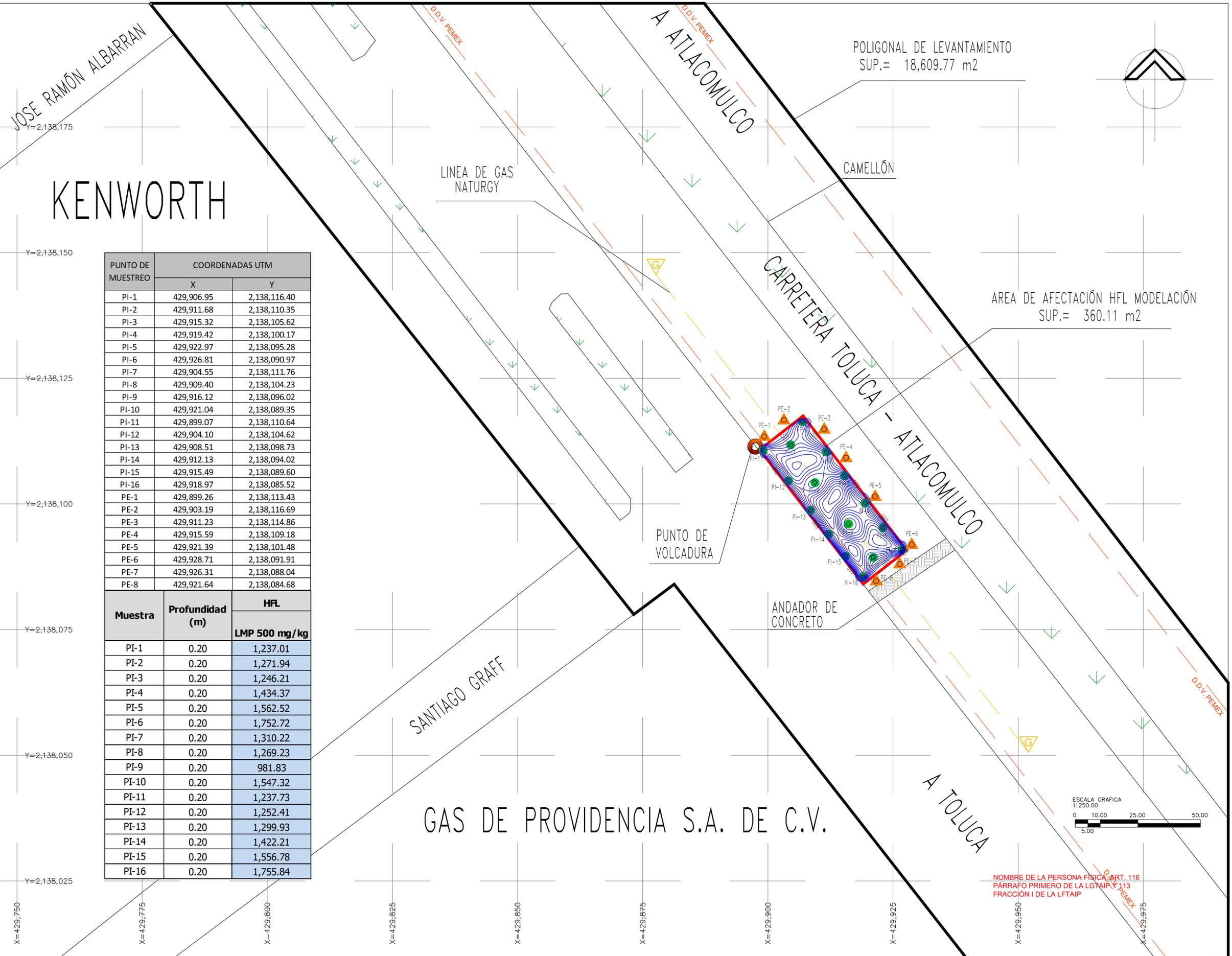
LEVANTADO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 DISEÑADO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

COMPANIA CONTRATISTA CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 FECHA MAYO DE 2021
 ACCION METROS

NUMERO DE PLANO **M1**

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	
	X	Y
PI-1	429,906.95	2,138,116.40
PI-2	429,911.68	2,138,110.35
PI-3	429,915.32	2,138,105.62
PI-4	429,919.42	2,138,100.17
PI-5	429,922.97	2,138,095.28
PI-6	429,926.81	2,138,090.97
PI-7	429,904.55	2,138,111.76
PI-8	429,909.40	2,138,104.23
PI-9	429,916.12	2,138,096.02
PI-10	429,921.04	2,138,089.35
PI-11	429,899.07	2,138,110.64
PI-12	429,904.10	2,138,104.62
PI-13	429,908.51	2,138,098.73
PI-14	429,912.13	2,138,094.02
PI-15	429,915.49	2,138,089.60
PI-16	429,918.97	2,138,085.52
PE-1	429,899.26	2,138,113.43
PE-2	429,903.19	2,138,116.69
PE-3	429,911.23	2,138,114.86
PE-4	429,915.59	2,138,109.18
PE-5	429,921.39	2,138,101.48
PE-6	429,928.71	2,138,091.91
PE-7	429,926.31	2,138,088.04
PE-8	429,921.64	2,138,084.68

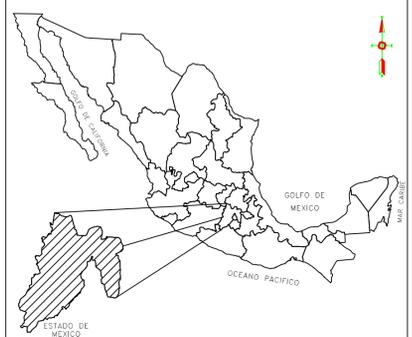




KENWORTH

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	
	X	Y
PI-1	429,906.95	2,138,116.40
PI-2	429,911.68	2,138,110.35
PI-3	429,915.32	2,138,105.62
PI-4	429,919.42	2,138,100.17
PI-5	429,922.97	2,138,095.28
PI-6	429,926.81	2,138,090.97
PI-7	429,904.55	2,138,111.76
PI-8	429,909.40	2,138,104.23
PI-9	429,916.12	2,138,096.02
PI-10	429,921.04	2,138,089.35
PI-11	429,899.07	2,138,110.64
PI-12	429,904.10	2,138,104.62
PI-13	429,908.51	2,138,098.73
PI-14	429,912.13	2,138,094.02
PI-15	429,915.49	2,138,089.60
PI-16	429,918.97	2,138,085.52
PE-1	429,899.26	2,138,113.43
PE-2	429,903.19	2,138,116.69
PE-3	429,911.23	2,138,114.86
PE-4	429,915.59	2,138,109.18
PE-5	429,921.39	2,138,101.48
PE-6	429,928.71	2,138,091.91
PE-7	429,926.31	2,138,088.04
PE-8	429,921.64	2,138,084.68

Muestra	Profundidad (m)	HFL
		LMP 500 mg/kg
PI-1	0.20	1,237.01
PI-2	0.20	1,271.94
PI-3	0.20	1,246.21
PI-4	0.20	1,434.37
PI-5	0.20	1,562.52
PI-6	0.20	1,752.72
PI-7	0.20	1,310.22
PI-8	0.20	1,269.23
PI-9	0.20	981.83
PI-10	0.20	1,547.32
PI-11	0.20	1,237.73
PI-12	0.20	1,252.41
PI-13	0.20	1,299.93
PI-14	0.20	1,422.21
PI-15	0.20	1,556.78
PI-16	0.20	1,755.84



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE VOLCADURA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- POZO DE MUESTREO
- PUNTO DE MUESTREO EXTERIOR
- PUNTO DE MUESTREO INTERIOR
- LINEA DE ISOCONCENTRACION HFL:500 mg/kg

NOTAS:
 COORDENADAS DE INICIO DE LA ESTACION BASE LIGADA A LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI.
 NORTE GEOGRAFICO
 DATUM ITRF92
 ELIPSOIDE DE REFERENCIA GRS 80
 CUADRICULA A CADA 25.00 mts.
 ZONA UTM 14Q
 ESCALA 1:250.00

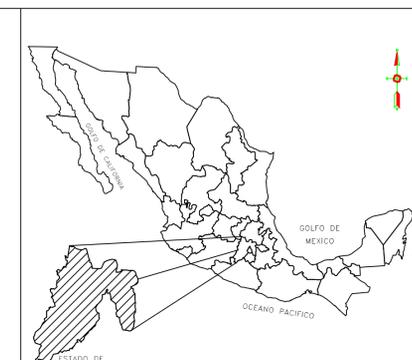
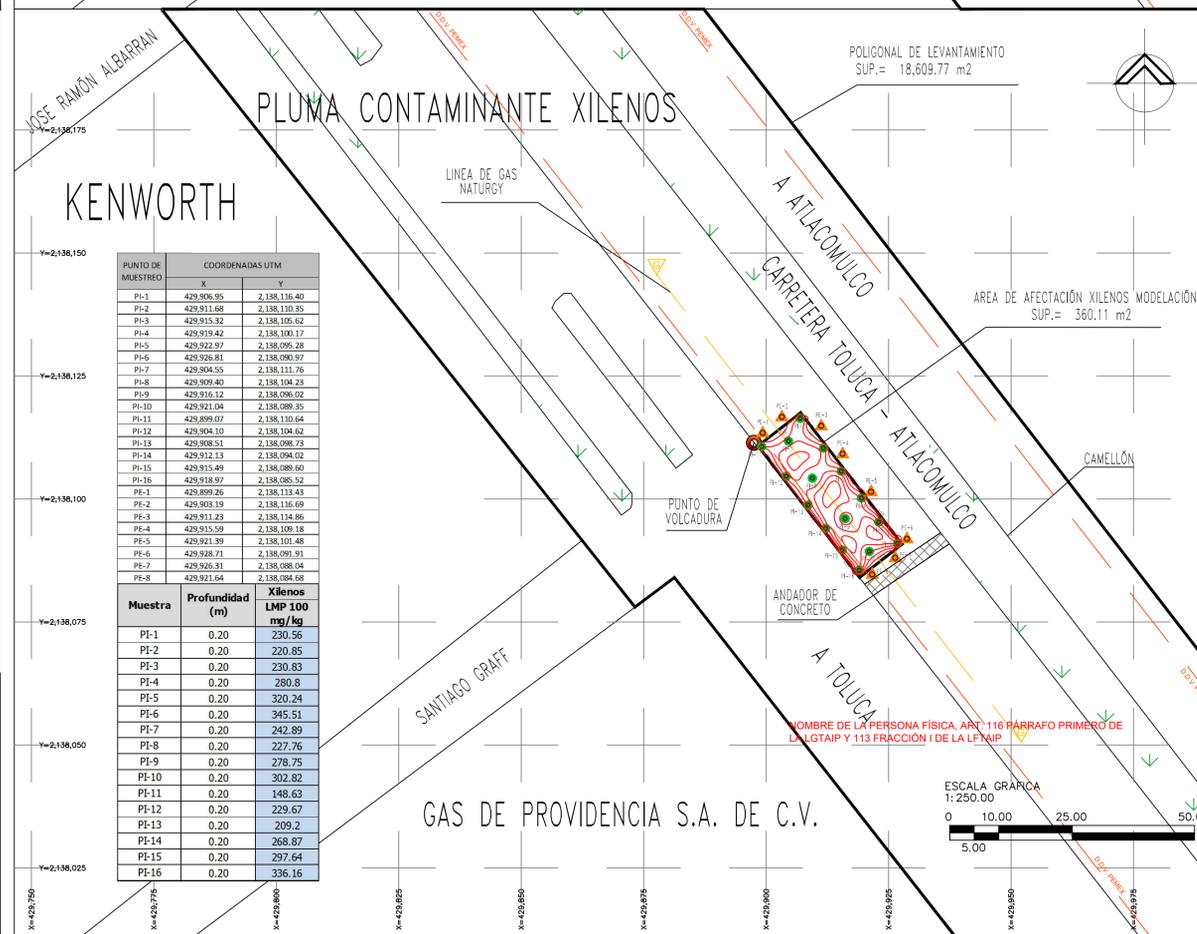
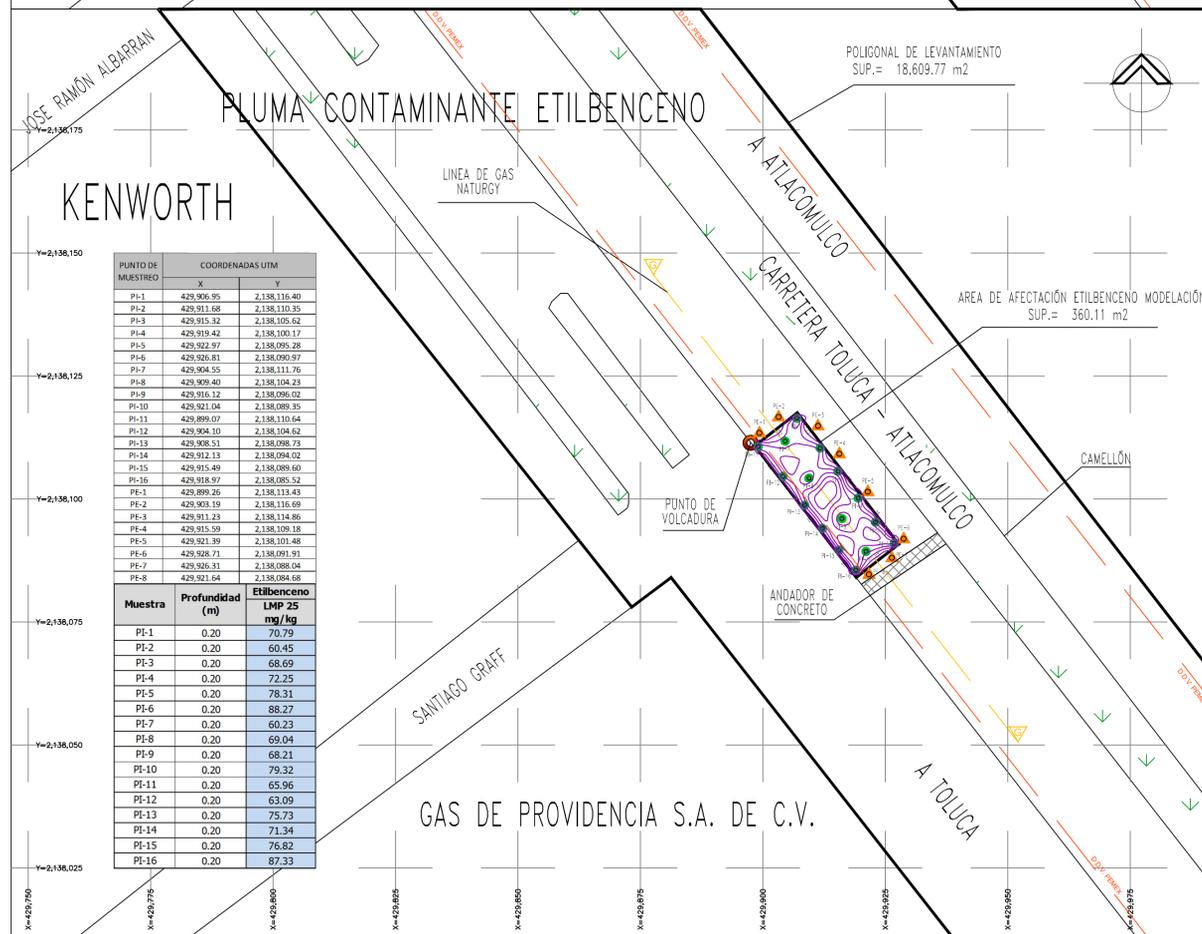
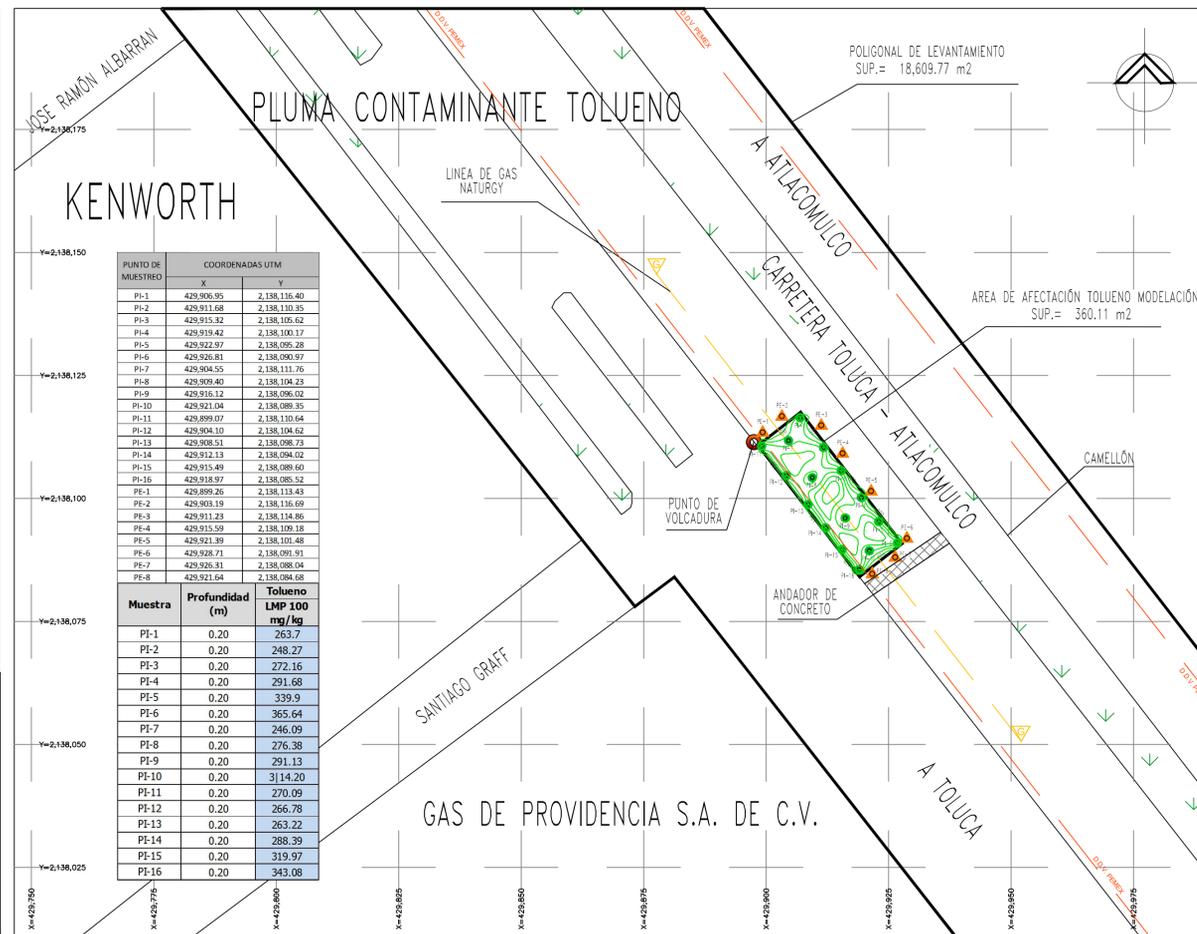
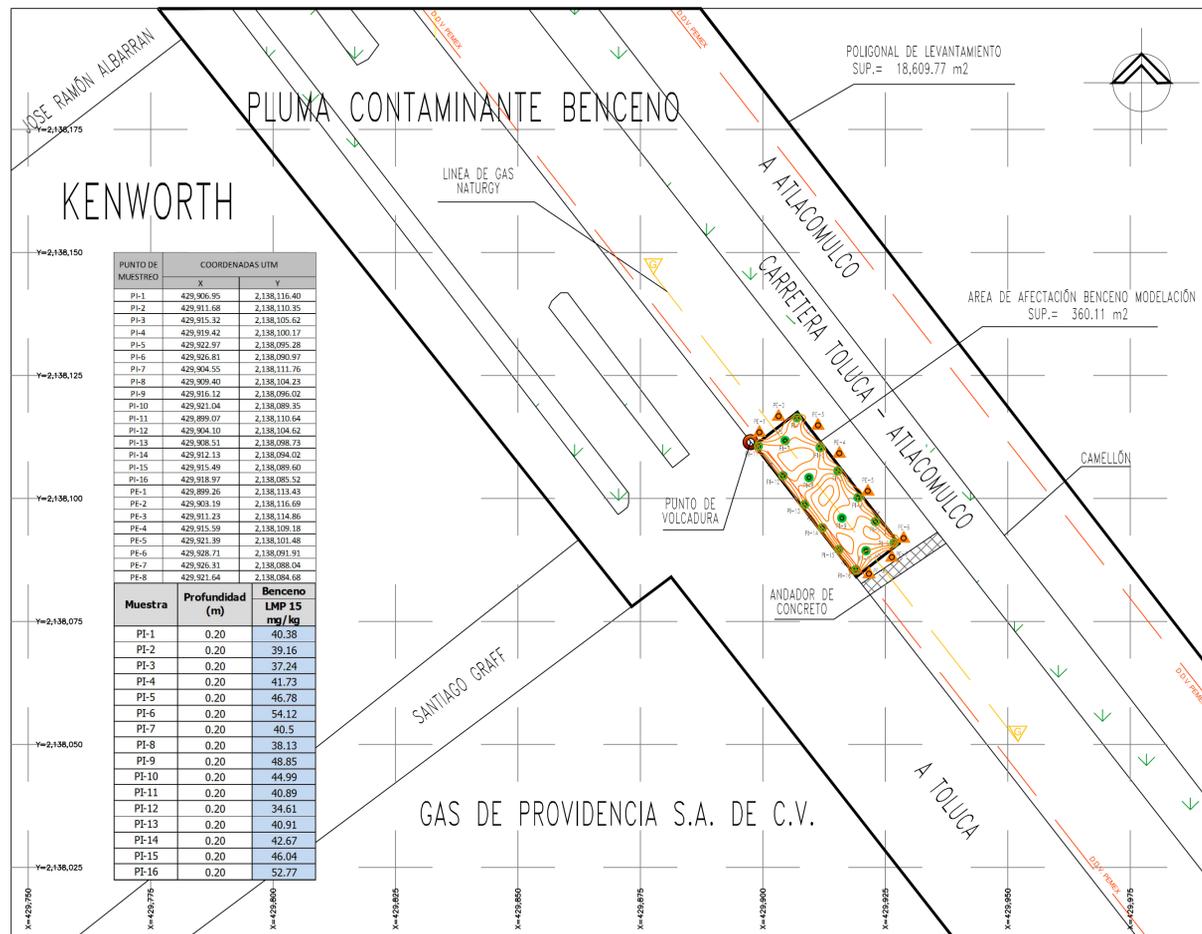
ÁREA AFECTADA POR HFL 0.20 m
 DERRAME DE GASOLINA POR SINISTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM 6+000 CARRETERA TOLUCA - ATLACOMULCO MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO



LEVANTADO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 DISEÑO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 COMPANIA CONTRATISTA CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 FECHA MAYO DE 2021
 ACCION METROS
 NUMERO DE PLANO M2

NOMBRE DE LA PERSONA FISICA ART. 116
 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113
 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP





LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

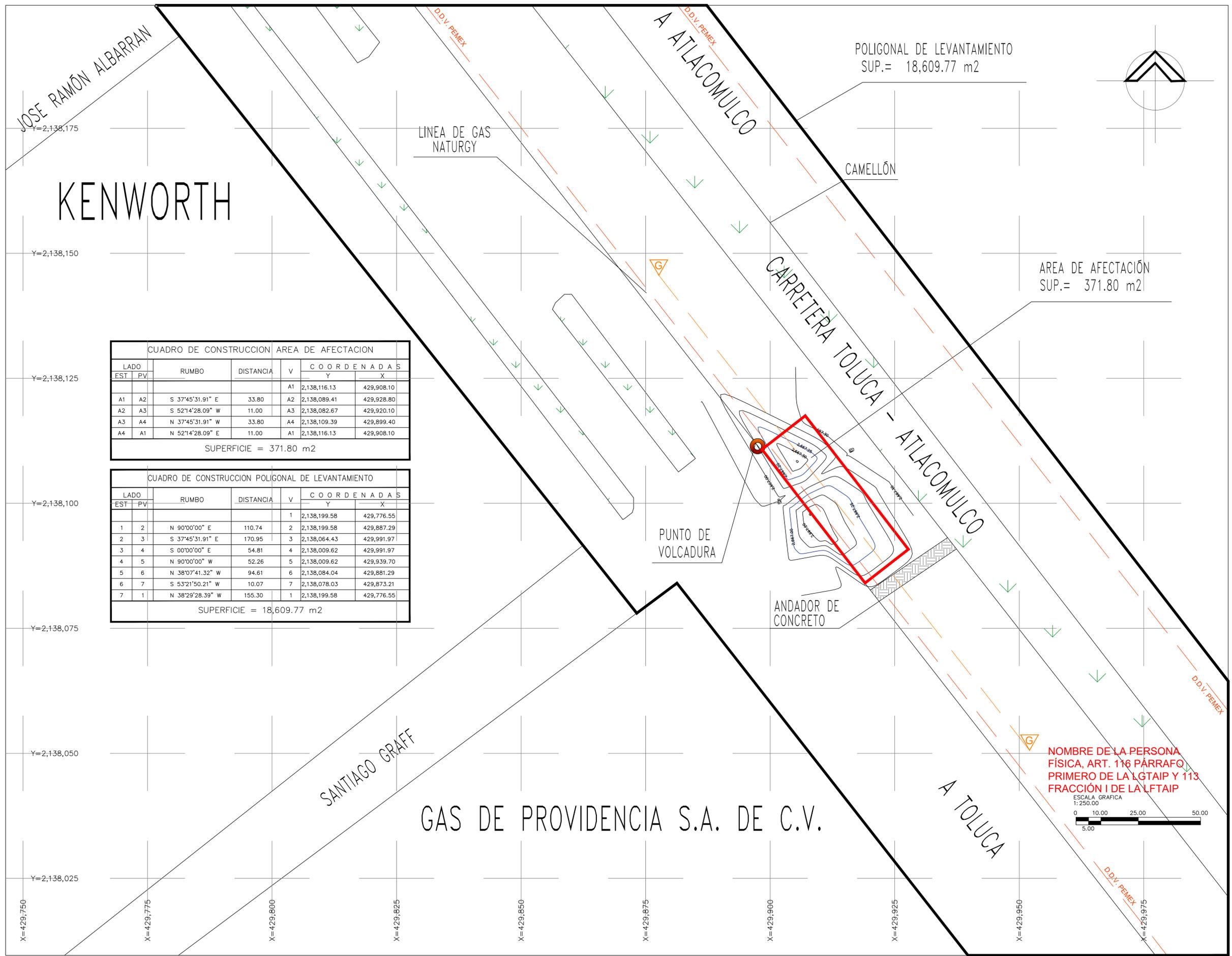
- LINEA DE DDV
- PUNTO DE VOLCADURA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- POZO DE MUESTREO
- PUNTO DE MUESTREO EXTERIOR
- PUNTO DE MUESTREO INTERIOR
- LINEA ISOCONCENTRACION BENCENO>15mg/kg
- LINEA ISOCONCENTRACION TOLUENO>100mg/kg
- LINEA ISOCONCENTRACION ETILBENCENO>25mg/kg
- LINEA ISOCONCENTRACION XILENOS>15mg/kg

NOTAS:
 COORDENADAS DE INICIO DE LA ESTACION BASE LIGADA A LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI GEOGRAFICO
 DATUM: ITRF92
 ELIPSOIDE DE REFERENCIA: GRS 80
 CUADRICULA: A CADA 25.00 mts.
 ZONA UTM: 14Q
 ESCALA: 1:250.00

ÁREA AFECTADA POR BTEX 0.20 m
 DERRAME DE GASOLINA POR SINISTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM 6+000 CARRERA TOLUCA - ATLACOMULCO MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO



LEVANTO: CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 DIBUJO: CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 REVISO: [Redacted]
 COMPANIA CONTRATISTA: CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 FECHA: MAYO DE 2021
 ACCION: METROS
 NUMERO DE PLANO: **M3**



POLIGONAL DE LEVANTAMIENTO
SUP.= 18,609.77 m²

AREA DE AFECTACION
SUP.= 371.80 m²

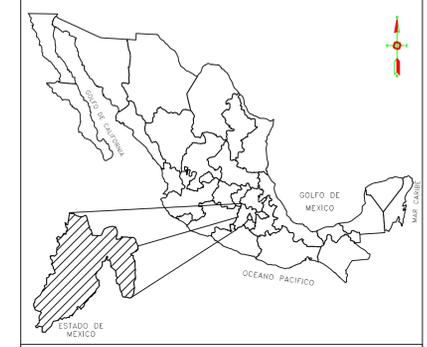
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
A1	A2	S 37°45'31.91" E	33.80	A2	2,138,116.13	429,908.10
A2	A3	S 52°14'28.09" W	11.00	A3	2,138,082.67	429,920.10
A3	A4	N 37°45'31.91" W	33.80	A4	2,138,109.39	429,899.40
A4	A1	N 52°14'28.09" E	11.00	A1	2,138,116.13	429,908.10

SUPERFICIE = 371.80 m²

LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				Y	X
1	2	N 90°00'00" E	110.74	1	2,138,199.58	429,776.55
2	3	S 37°45'31.91" E	170.95	3	2,138,064.43	429,991.97
3	4	S 00°00'00" E	54.81	4	2,138,009.62	429,991.97
4	5	N 90°00'00" W	52.26	5	2,138,009.62	429,939.70
5	6	N 38°07'41.32" W	94.61	6	2,138,084.04	429,881.29
6	7	S 53°21'50.21" W	10.07	7	2,138,078.03	429,873.21
7	1	N 38°29'28.39" W	155.30	1	2,138,199.58	429,776.55

SUPERFICIE = 18,609.77 m²

NOMBRE DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113, FRACCIÓN I DE LA LFTAIP
ESCALA GRAFICA 1:250.00
0 10.00 25.00 50.00
5.00



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE VOLCADURA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- POZO DE MUESTREO

NOTAS:
COORDENADAS DE INICIO DE LA ESTACION BASE LIGADA A LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI.
NORTE GEOGRAFICO
DATUM ITRF92
ELIPSOIDE DE REFERENCIA GRS 80
CUADRICULA A CADA 25.00 mts.
ZONA UTM 14Q
ESCALA 1:250.00

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL AREA DE EVALUACION
DERRAME DE GASOLINA POR SINISTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM 6+000 CARRETERA TOLUCA - ATLACOMULCO MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO



LEVANTADO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	NUMERO DE PLANO T1
DISEÑADO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	
COMPAÑIA CONTRATISTA CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	FECHA MAYO DE 2021
ACCION METROS	

ANEXO FOTOGRÁFICO

**PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE SUELO
CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA
POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN
CARRETERA TOLUCA-ATLACOMULCO KM 6+000
MPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO**



UBICACIÓN DEL ÁREA AFECTADA EN CARRETERA FEDERAL TOLUCA-ATLACOMULCO EN EL KM 6+000, MUNICIPIO TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO





SEÑALAMIENTO DE GASODUCTO
PERTENECIENTE A NATURGY S.A. DE C.V.



SEÑALAMIENTO DE POLIDUCTOS
PERTENECIENTE A PEMEX LOGÍSTICA



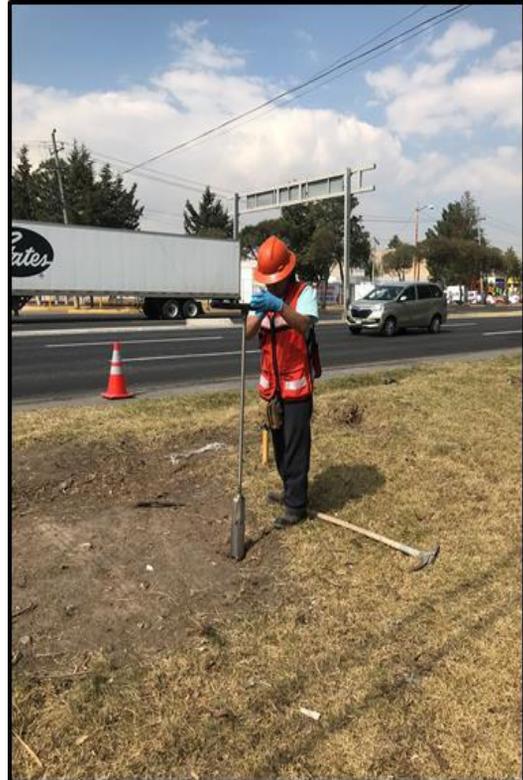
ÁREA AFECTADA POR DERRAME DE GASOLINA EN CARRETERA FEDERAL TOLUCA-ATLACOMULCO
EN EL KM 6+000, MUNICIPIO TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO



FOTOGRAFÍA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP



REALIZACIÓN DE SONDEOS EN VISITA INICIAL PARA IDENTIFICAR Y DELIMITAR ÁREA AFECTADA Y PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE LA GASOLINA DERRAMADA.



TOMA DE MUESTRAS DE SUELO EN AREA AFECTADA POR PERSONAL DE LABORATORIO ACREDITADO ANTE LA EMA



EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO EN LOS LÍMITES DEL ÁREA AFECTADA



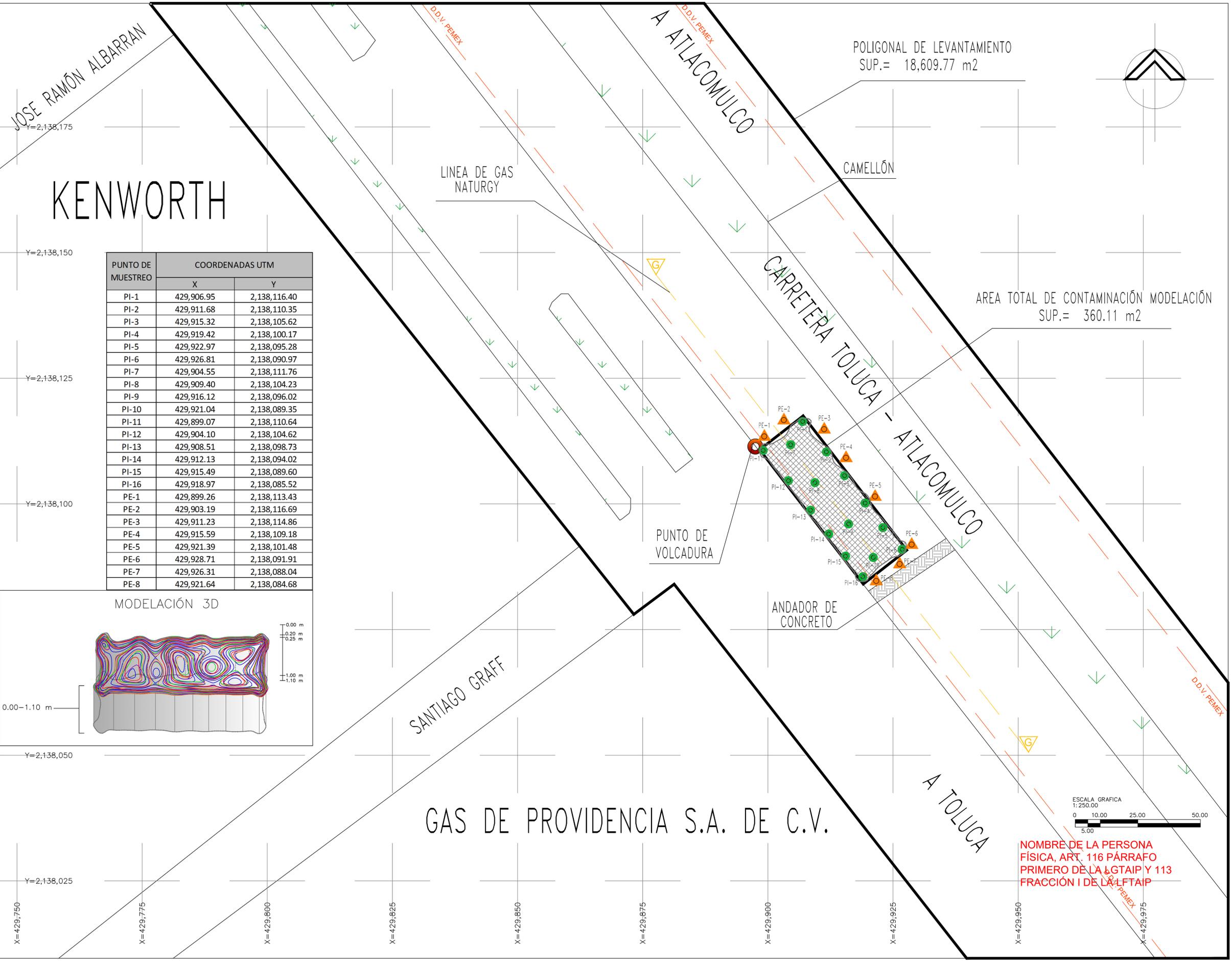
TOMA DE MUESTRA DE SUELO POR PERSONAL ACREDITADO DEL LABORATORIO.



REGISTRO DE LA PROFUNDIDAD DE LA TOMA DE MUESTRA DE SUELO

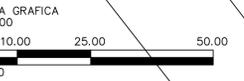


LAVADO DE LA HERRAMIENTA UTILIZADA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE SUELO.



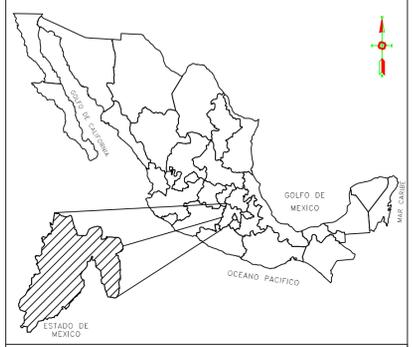
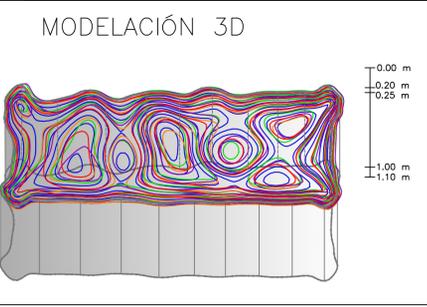
POLIGONAL DE LEVANTAMIENTO
SUP.= 18,609.77 m²

AREA TOTAL DE CONTAMINACIÓN MODELACIÓN
SUP.= 360.11 m²



NOMBRE DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116 PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	
	X	Y
PI-1	429,906.95	2,138,116.40
PI-2	429,911.68	2,138,110.35
PI-3	429,915.32	2,138,105.62
PI-4	429,919.42	2,138,100.17
PI-5	429,922.97	2,138,095.28
PI-6	429,926.81	2,138,090.97
PI-7	429,904.55	2,138,111.76
PI-8	429,909.40	2,138,104.23
PI-9	429,916.12	2,138,096.02
PI-10	429,921.04	2,138,089.35
PI-11	429,899.07	2,138,110.64
PI-12	429,904.10	2,138,104.62
PI-13	429,908.51	2,138,098.73
PI-14	429,912.13	2,138,094.02
PI-15	429,915.49	2,138,089.60
PI-16	429,918.97	2,138,085.52
PE-1	429,899.26	2,138,113.43
PE-2	429,903.19	2,138,116.69
PE-3	429,911.23	2,138,114.86
PE-4	429,915.59	2,138,109.18
PE-5	429,921.39	2,138,101.48
PE-6	429,928.71	2,138,091.91
PE-7	429,926.31	2,138,088.04
PE-8	429,921.64	2,138,084.68



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE VOLCADURA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- POZO DE MUESTREO
- PUNTO DE MUESTREO EXTERIOR
- PUNTO DE MUESTREO INTERIOR
- AREA TOTAL CONTAMINADA

NOTAS:
 COORDENADAS DE INICIO DE LA ESTACION BASE LIGADA A LA RED GEODESICA NACIONAL ACTIVA DEL INEGI.
 NORTE GEOGRAFICO
 DATUM ITRF92
 ELIPSOIDE DE REFERENCIA GRS 80
 CUADRICULA A CADA 25.00 mts.
 ZONA UTM 14Q
 ESCALA 1:250.00

ÁREA TOTAL AFECTADA

DERRAME DE GASOLINA POR SINISTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM 6+000 CARRETERA TOLUCA - ATLACOMULCO MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO



LEVANTADO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	NUMERO DE PLANO M4
DISEÑADO CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	
COMPANIA CONTRATISTA CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	FECHA MAYO DE 2021
ACCION METROS	

ANEXO 1

PLAN DE MUESTREO **DE SEGUIMIENTO**

**PARA EVALUAR EL SANEAMIENTO DE SUELO
CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA
POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM
6+000 CARRETERA FEDERAL TOLUCA –
ATLACOMULCO, MUNICIPIO DE TOLUCA,
ESTADO DE MEXICO.**

Consultoría Ambiental
Estudios y Proyectos

PLAN DE MUESTREO DE SEGUIMIENTO

PARA EVALUAR EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM 6+000 CARRETERA FEDERAL TOLUCA – ATLACOMULCO, MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO.

Elaborado por:	
Firma del Responsable Técnico:	
Lugar de Elaboración:	Ciudad de México
Fecha:	

**NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116
PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP**

1 Antecedentes

Derivado del tratamiento por "Bioventeo Aerobio *In Situ*", que se está realizando para el saneamiento de una superficie de 360.11 m², con 369.11 m³ de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera y por BTEX, ocasionado por el derrame de Gasolina y donde se detectó que las profundidades máximas de penetración del hidrocarburo fueron de 1.00 m y 1.10 m, se hace necesario realizar pruebas periódicamente a fin de verificar el avance en la degradación del contaminante por causa del tratamiento.

De acuerdo al cronograma de actividades, se estima que durante los primeros 30 días se realizará la perforación, equipamiento e interconexión de pozos y se iniciara las actividades y ajustes del tratamiento.

Con base en lo anterior, se considera que será hasta el día 45 cuando se realizará la primera toma de muestras de suelo en las Secciones 1 y 2.

Sera a partir de ese momento que se inicie la toma de muestras para dar seguimiento al tratamiento del suelo contaminado a través de la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*", y será en función de los resultados como se identificará si es necesario hacer los ajustes que se requieran a la forma de operar el sistema.

2 Objetivo

Realizar un seguimiento del saneamiento a través de análisis de muestras del suelo tratado, para evaluar la eficiencia del proceso, a fin de verificar si los resultados son los esperados o para realizar los ajustes necesarios para corregir y mejorar los trabajos de restauración del suelo contaminado.

Realizar la toma de muestras de suelo para realizar análisis para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, realizando los análisis con base en lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Durante el proceso de seguimiento, las muestras serán analizadas con el apoyo del equipo de campo PetroFLAG®.

3 Procedimiento de Muestreo y Análisis

El tipo de muestreo a realizar será Selectivo (Dirigido), ya que se han seleccionado puntos representativos del sitio.

En cada periodo de seguimiento, se seleccionarán 3 puntos de muestreo en la Sección de Tratamiento 1 y 2 puntos de muestreo en la Sección de Tratamiento 2.

Las muestras se obtendrán con la herramienta manual "Hand Auger" y se les realizará pruebas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera con un equipo de campo (PetroFLAG®).

Una vez que el proceso de tratamiento ya esté operando de forma uniforme y continua, se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de HFL con el equipo de campo y de esta forma evaluar el avance de la restauración. Teniendo en cuenta que se restaurará hasta los 1.10 m (sección 2) y 1.00 m (sección 1), se propone que se recolecten muestras para análisis en campo, representativas de las profundidades: 0.20 m y 0.90 m (dos muestras por punto). Se proponen tres puntos de muestreo en cada evento, en los muestreos correspondientes a los días 15 se evaluará la sección 1; y en los muestreos correspondientes a los días 30 la sección 2.

El parámetro de control serán los Hidrocarburos Fracción Ligera, considerando como referencia el valor establecido como Límite Máximo Permisible en la NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012.

Para el desarrollo de los muestreos de seguimiento, se tomará la programación marcada en el cronograma anexo.

4 Volumen de Obra

Como se mencionó anteriormente, el inicio de toma de muestras para el seguimiento del tratamiento se dará a partir del día 45 y dado que se reportó que el contaminante que es un Hidrocarburo Fracción Ligera, se encuentra dentro del estrato de 0.0 a 1.00 m (Sección

1) y de 0.00 a 1.10 m (Sección 2) en el suelo, se estima que el tratamiento se podrá lograr en los siguientes 60 días. Por lo que se proyecta realizar 3 muestreos de seguimiento, de acuerdo al programa que se establece en la Figura 1. La profundidad de la toma de muestras será a 0.20 y 0.90 m.

PROGRAMA DE MUESTREO DE EVALUACIÓN DE TRATAMIENTO								
ACTIVIDAD	1		2		3		4	
	15	30	15	30	15	30	15	30
INSTALACIÓN DE LOS POZOS PARA EL TRATAMIENTO, EQUIPAMIENTO E INICIO DE OPERACIÓN	■							
PRIMER MUESTREO DE EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO.			■					
SEGUNDO MUESTREO DE EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO.				■				
TERCER MUESTREO DE EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO.					■			
MUESTREO FINAL COMPROBATORIO						■		

Figura 1. Programa de Muestreo de Evaluación de Tratamiento

De tal forma, el volumen de obra del Muestreo de Seguimiento corresponderá a lo marcado en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Relación de Muestras a tomar a 0.20 y 0.90 m de profundidad, para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

Periodo	No. de Muestras		Total Muestras	Parámetros de Análisis
	Sección 1	Sección 2		
1 (Día 45)	3	0	3	Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX
2 (Día 60)	0	2	2	Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX
3 (Día 75)	3	0	3	Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX

De los resultados que se obtengan del último muestreo, se determinará si es necesario aumentar el tiempo de tratamiento, lo cual incrementará el número de muestreos de seguimiento hasta obtener valores que indiquen que el suelo o está ya saneado y libre de hidrocarburos o sus valores se encuentran debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Adicionalmente a la toma de muestras para su análisis de laboratorio, también se realizará durante el proceso de extracción de vapores, la medición de los COV's con fotoionizador que indicará si en los vapores de extracción se están expulsando estos compuestos, y el registro periódico de los valores nos indicará si hay una disminución en las concentraciones de los gases emitidos. La toma de estas lecturas, se realizará el mismo día que sea la toma de muestras de suelo.

El análisis de los resultados reportados por el laboratorio, así como el de las lecturas de COV's, indicarán si el proceso se está operando adecuadamente para degradar los hidrocarburos, o se tienen que hacer ajustes en la forma de operar el sistema.

En la *Figura 1* se presenta la esquematización de la colocación del sistema de pozos en la Sección 1 y en la Sección 2. En la *Figura 2* se presenta la ubicación de los puntos donde se puede realizar la toma de muestras de seguimiento en las 2 secciones, tomándose

siempre en la misma área la toma de las muestras en los 3 períodos a fin de poder realizar el registro de la evolución del tratamiento.

Figura 2. Esquema para ubicación del Sistema de Pozos Interconectados para las Secciones Afectadas 1 y 2.

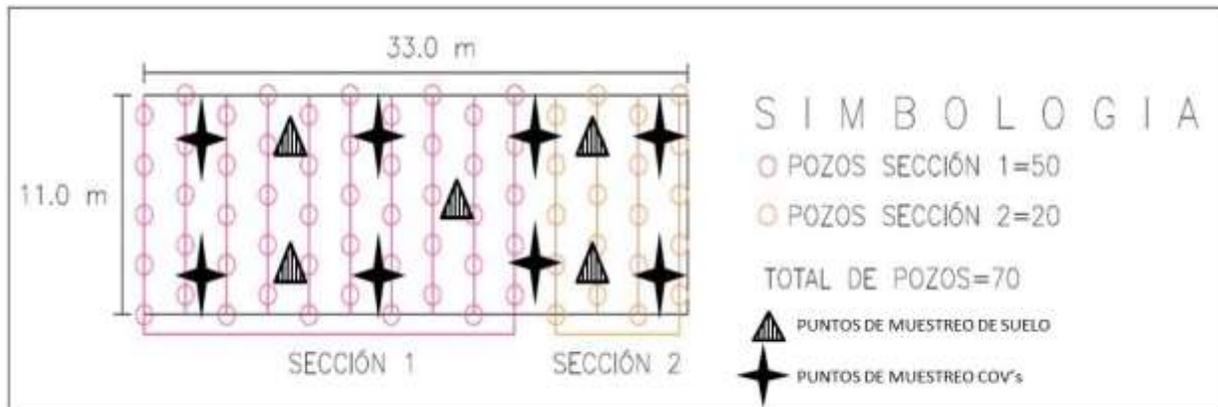


Figura 3. Esquema para ubicación Puntos de Muestreo de Suelo y de Lectura de COV's en el Sistema de Pozos Interconectados para las Secciones Afectadas 1 y 2

5 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar en el programa de seguimiento en muestras de suelo, considerando los contaminantes identificados en el Estudio de Caracterización y con base a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, serán Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera, los cuales serán determinados con el equipó de Campo PetroFLAG®.

De la lectura de emisiones de gases extraídos, el parámetro de registro será COV's (Compuestos Orgánicos Volátiles).

Se registrará en Bitácora los resultados de los análisis.

6 Equipo para toma de Muestras

Para realizar la perforación del suelo, se utilizará el equipo conocido como "Hand Auger", a través del cual también se tomará la muestra de suelo.

Al terminar la perforación y toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación Hand Auger será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

Para la toma de Lecturas de COV's, se utilizará un equipo Fotoionizador que nos dará la lectura de COV's (Compuestos Orgánicos Volátiles) en ppm.

7 Tiempo Estimado de los Trabajos

El tiempo de realización de los trabajos en campo para la toma de muestras de suelo, será de 2 horas para suelo y de lecturas de COV's.

8 Fecha Propuesta de Muestreo

Se establecerán una vez que se inicien los trabajos, pero se cuidara cumplir con la periodicidad propuesta.

ANEXO 2

PLAN DE MUESTREO **FINAL COMPROBATORIO**

**PARA EVALUAR EL SANEAMIENTO DE SUELO
CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA
POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM
6+000 CARRETERA FEDERAL TOLUCA –
ATLACOMULCO, MUNICIPIO DE TOLUCA,
ESTADO DE MEXICO.**

Consultoría Ambiental
Estudios y Proyectos

PLAN DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO

PARA EVALUAR EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN KM 6+000 CARRETERA FEDERAL TOLUCA – ATLACOMULCO, MUNICIPIO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

Elaborado por:	   
Firma del Responsable Técnico:	
Lugar de Elaboración:	Ciudad de México
Fecha:	

NOMBRE Y FIRMA DE LA PERSONA FÍSICA, ART. 116
PÁRRAFO PRIMERO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN I DE LA
LFTAIP

1 Antecedentes

A consecuencia del siniestro ocurrido en el Km 6+000 de la Carretera Federal Toluca-Atlacomulco, Municipio de Toluca, al autotanque propiedad de la empresa Javier Cantú Barragán que transportaba Gasolina, se ocasionó la afectación por este hidrocarburo a una superficie de 360.11 m², generando 369.11 m³ de suelo contaminado. Las profundidades máximas de penetración fueron 1.00 y 1.10 m.

Con base en lo anterior, en la superficie contaminada de 360.11 m² (dividido en 2 Secciones de Afectación: 1 y 2) se realizaron los trabajos para el saneamiento, donde la técnica de remediación aplicada fue "Bioventeo Aerobio *In Situ*" cuyo objetivo fue eliminar o disminuir al máximo posible la concentración de hidrocarburos presentes en el subsuelo (hasta quedar por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012), y que consistió en la inyección de aire limpio y de soluciones acuosas que contenían nutrientes y oxígeno a través del suelo contaminado, con lo cual se estimuló el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos endógenos, acelerando las tasas de biodegradación, dando lugar a la eliminación del hidrocarburo contaminante.

De las pruebas de control realizadas, para verificar que a través del tratamiento se estuviera degradando el nivel de contaminación generado por Hidrocarburos Fracción Ligera y por BTEX (contaminantes detectados en el Estudio de Caracterización), se observó que las concentraciones de estos compuestos ya se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, por lo que se considera se ha logrado el objetivo de los trabajos de saneamiento.

Con base en lo anterior, es que se propone realizar un Muestreo Final Comprobatorio, a fin de que de forma oficial se demuestre a la autoridad ambiental que se ha saneado el área afectada de acuerdo a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.

2 Objetivo

Realizar la toma de muestras de suelo en el área tratada para que se le realicen análisis de laboratorio donde se le determine Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, a fin de identificar si se tiene concentraciones por debajo de los "Límites Máximos Permisibles" establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

3 Procedimiento de Muestreo

El tipo de Muestreo a realizar será Selectivo (Dirigido) Representativo, ya que se han seleccionado puntos representativos del sitio.

Sin embargo y a petición de la autoridad, el muestreo también podrá ser aleatorio a fin de verificar que toda el área ha sido tratada y saneada.

4 Volumen de Obra

Como se mencionó anteriormente, el área afectada tratada está perfectamente delimitada y corresponde a la zona del derecho de vía, y que para mejor identificación fue dividida en 2 Secciones (1 y 2), tal como se puede apreciar en la *Figura 1*.

Considerando que el área afectada tiene una longitud de 33 m a lo largo del derecho de vía, se propone ubicar los Puntos de Muestreo de la siguiente manera (Ver *Figura 1*):

- Sección 1: (270.08 m²), 6 Puntos de Muestreo dentro del área tratada.
- Sección 2: (90.03 m²), 3 Puntos de Muestreo dentro del área tratada.

Para la profundidad de la toma de muestras se propone que las profundidades sean las mismas del seguimiento de avance: 0.20 y 0.90 m, analizando HFL y BTEX.

El criterio para la ubicación de Puntos de Muestreo en las secciones fue a juicio del experto creando una retícula en toda el área afectada.

En total se propone ubicar 9 puntos de muestreo para la toma de 18 muestras de suelo para analizar en el laboratorio. Adicionalmente se tomarán 2 muestras duplicadas.

En la *Tabla 1* se presenta la relación de Puntos de Muestreo y la profundidad de toma de muestras en cada uno.

Tabla 1. Puntos de Muestreo, Profundidad de las Muestras y Parámetros a Analizar.

No.	AREA AFECTADA	MUESTRAS	COORDENADAS UTM		PROFUND (m)	HFL	BTEX
			X	Y			
1	1	1	429,902.91	2,138,109.19	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
2	1	1	429,907.33	2,138,112.56	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
3	1	1	429,907.76	2,138,102.69	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
4	1	1	429,912.17	2,138,105.98	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
5	1	1	429,913.47	2,138,096.27	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
6	1	1	429,917.45	2,138,099.73	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
7	2	1	429,918.39	2,138,093.78	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
8	2	1	429,918.63	2,138,088.50	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
9	2	1	429,923.42	2,138,092.50	0.20	√	√
		1			0.90	√	√
SUBTOTAL		18					
MUESTRAS DUPLICADAS		2				√	√
TOTAL		20					



Figura 1. Esquema para ubicación de los Puntos de Muestreo dentro del área afectada por derrame de Gasolina

5 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar considerando los contaminantes identificados en el Estudio de Caracterización y con base a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, serán Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera y BTEX.

El total de muestras a analizar será de 18 muestras simples más 2 muestras duplicadas, a las cuales también se les analizarán los parámetros de Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera y BTEX.

6 Equipo para toma de Muestras

Para realizar la perforación del suelo, se utilizará el equipo conocido como "Hand Auger", a través del cual también se tomará la muestra de suelo.

Al terminar la perforación y toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación Hand Auger será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

7 Laboratorio para Toma de Muestras y Análisis

El laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA que realizará la toma de muestras y análisis es: Laboratorios y Suministros Ambientales e Industriales S.A. de C.V., del cual se anexa copia de sus acreditaciones.

Las muestras de suelo serán simples y serán dispuestas en frascos de cristal limpios con tapa de teflón, se verificará que la muestra de suelo llene a tope el recipiente para colocar posteriormente la tapa. Los frascos serán etiquetados y sellados y posteriormente colocados en una hielera a 4°C hasta su entrega al laboratorio, el cual será en un tiempo menor a 8 horas posteriores a la terminación del muestreo.

El personal elaborará el registro de las muestras tomadas en las "Cadenas de Custodia", donde se anotarán todos los datos correspondientes, tales como Nombre de la Empresa y Responsable del Muestreo, Ubicación del sitio, Clave de Identificación de la Muestra, Hora de la Toma, Ubicación del Punto de Muestreo en Coordenadas, Parámetros a Analizar, Responsable de la Toma de las Muestras.

La Cadena de Custodia, también deberá incluir 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

8 Tiempo Estimado de los Trabajos

El tiempo de realización de los trabajos en campo para la toma de muestras de suelo, será de 1 día hábil.

9 Fecha Propuesta de Muestreo

La fecha se podrá establecer en función de la evolución de los trabajos y los resultados de los análisis de seguimiento realizados.