INFORME FINAL

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX

CDMX, FEBRERO 2021

Contenido

1 ANTECEDENTES 1

1.1 Descripción del Accidente y Áreas Afectadas 1

1.2 Trabajos de Atención a la Emergencia 5

1.3 Características de la Gasolina 7

2 MARCO LEGAL APLICABLE 9

3 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN 11

4 OBJETIVO 13

4.1 Objetivo General 13

4.2 Objetivos específicos 14

5 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO CONTAMINADO 15

5.1 Localización del sitio 15

5.2 Características ambientales de la zona 17
5.2.1 Orografía 17
5.2.2 Hidrografía 19
5.2.3 Clima 20
5.2.4 Flora 21
5.2.5 Fauna 21
5.2.6 Clasificación y Uso del Suelo 21

5.3 Población e Infraestructura 22
5.3.1 Cultura indígena en Cuajimalpa 22
5.3.2 Desempleo y economía en Cuajimalpa 22
5.3.3 Viviendas e infraestructuras en Cuajimalpa 22
5.3.4 Vías de Comunicación y de Acceso al Sitio. 22

6 METODOLOGÍA Y TRABAJOS DE CAMPO 23

6.1 Avisos a la ASEA 23

6.2 Etapa de Planeación 23

6.3 Etapa de Trabajos de Campo 24

6.4 Etapa de Gabinete 24

6.5 Recopilación de información 24

6.6 Localización del sitio 25

6.7 Determinación del área afectada 25

6.8 Levantamiento topográfico 25

6.9 Planeación de la Toma de Muestras 26
6.9.1 Plan para la toma de Muestras 26
6.9.2 Parámetros a Analizar 28

6.10 Laboratorio para toma de Muestras y Análisis 30

6.11 Toma de Muestras 31

6.12 Aspectos Técnicos 33

7 RESULTADOS 35

7.1 Trabajos de campo realizados y análisis de resultados 35

7.2 Ubicación de los puntos de muestreo 35

7.3 Perforación de pozos de muestreo con extracción de núcleos para determinar perfil estratigráfico 36

7.4 Toma de muestras de suelo y resultados de análisis de laboratorio 38
7.4.1 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's en muestras de suelo en sitio 38
7.4.1.1 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 1 41
7.4.1.2 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 2 43
7.4.1.3 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 3 45
7.4.1.4 Resultados de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de análisis de las muestras del Área 4 48
7.4.1.5 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 5 49
7.4.2 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Pesada y HAP's en muestras de suelo en sitio 51
7.4.3 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's en muestras de suelo en celdas 52
7.4.4 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Pesada y HAP's en muestras de suelo en celdas 53

7.5 Toma de muestras de agua en la zona identificada como afectada y resultados de análisis de laboratorio de la determinación de HFL, BTEX, HFP y HAP's 54

7.6 Integración y análisis de los resultados de laboratorio 56

8 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE 59

8.1 Modelo de Simulación 59

8.2 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 1 60

8.3 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 2 62

8.4 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 3 63

8.5 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 4 66

8.6 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 5 68

8.7 Determinación del área y volumen total de contaminación 70

9 VOLUMEN TOTAL DE SUELO CONTAMINADO 74

10 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE 75

10.1 Estimación de Daños al Ambiente 75

10.2 Estimación de Daños Materiales 78

11 EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y A LA SALUD HUMANA 79

11.1 Riesgo a la Salud Humana 79

11.2 Evaluación de Riesgo Ecológico 79

12 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES 81

13 PLAN DE SANEAMIENTO 84

13.1 Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFL y BTEX 85

13.1.1 Diseño de la retícula de pozos 86

13.1.2 Equipos para la inyección de aire, sustancias y la extracción de gases generados durante el proceso de tratamiento 89
13.1.3 Bacterias para una bioaumentación 90
13.1.4 Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento 90
13.1.5 Listado de materiales y equipo a emplear..... 93
13.1.6 Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento..... 94
13.1.6.1 Instalación del Sistema de Tratamiento 94
13.1.6.2 Operación del Sistema de Tratamiento 95
13.1.7 Evaluaciones de seguimiento..... 97
13.1.8 Evaluación final 97
13.1.9 Informe final y reintegración de material a su lugar de origen 98
13.1.10 Tiempo requerido para el tratamiento..... 99

13.2 Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFP 99
13.2.1 Instalación de la biocelda.....100
13.2.2 Disposición del suelo contaminado y colocación en la biocelda 102
13.2.3 Tratamiento del Suelo Contaminado en la Biocelda.....103
13.2.4 Control del Proceso.....105
13.2.5 Evaluación final 106
13.2.6 Informe final y reintegración de material a su lugar de origen 107
13.2.7 Tiempo requerido para el tratamiento. 108

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de identificación de las áreas afectadas en el sondeo inicial 3
Figura 2. Ubicación a nivel nacional del sitio afectado por el derrame de Gasolina 16
Figura 3. Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina 16
Figura 4. Ubicación local del sitio afectado por el derrame de Gasolina 17
Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo del área 1 afectada por el derrame de Gasolina 27
Figura 6. Ubicación de los puntos de muestreo de las áreas 2, 3 y 5 afectadas por el derrame de Gasolina..... 27
Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo del área 4 y la zona de la presa, afectadas por el derrame de Gasolina 28
Figura 8. Perfil estratigráfico de las zonas de estudio..... 37
Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo que reportan concentraciones que sobrepasan los LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el Área 1. 43
Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el Área 2. 45
Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el Área 3. 47
Figura 12. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el área 4..... 49
Figura 13. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el área 5..... 51

Figura 14. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 1 a 1.00 m de profundidad. 61
Figura 15. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 2 a 1.20 m de profundidad. 63
Figura 16. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 3 a 0.15 m de profundidad. 64
Figura 17. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 3 a 0.30 m de profundidad. 65
Figura 18. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 4 a 1.30 m de profundidad. 67
Figura 19. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 5 a 0.15 m de profundidad. 69
Figura 20. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera. a) Superficie total obtenida para el área 1; b) Superficie total en las áreas 2, 3 y 5; c) Superficie total obtenida en el área 4. 71
Figura 21. Modelo 3D de las zonas afectadas 72
Figura 22. Áreas de las que fue retirado el material contaminado saturado con la mezcla de gasolina y aceite. 76
Figura 23. Presencia de hidrocarburos en la presa y en la maleza..... 77
Figura 24. Vista de la presa libre de contaminación 77
Figura 25. Distribución de los pozos en las Áreas 1, 2, 3 y 4 para la restauración de suelo contaminado con HFL. 88
Figura 26. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento..... 89
Figura 27. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado" 99
Figura 28. Características de la celda de tratamiento 102
Figura 29. División de la celda de tratamiento para la toma de muestras puntuales.....106
Figura 30. Puntos de muestreo en las celdas de tratamiento para la toma de muestras finales 107
Figura 31. Tiempo requerido para Biorremediación por Biopilas "On Site".....108

Índice de Tablas

Tabla 1. Profundidad identificada de penetración de gasolina en el subsuelo de las zonas identificadas como afectadas por el derrame de gasolina. 3
Tabla 2. Superficies afectadas por la mezcla de Gasolina y Aceite en la Presa 4
Tabla 3. Volumen de Suelo Contaminado que fue dispuesto en las celdas de Confinamiento Temporal 6
Tabla 4. Volumen de Suelo Contaminado que fue dispuesto en las celdas de Confinamiento. 6
Tabla 5. Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012. 9
Tabla 6. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera, Pesada, BTEX y HAP´s para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)..... 13

Tabla 7. Puntos de muestreo para suelo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar. 29
Tabla 8. Puntos de muestreo para agua y parámetros a analizar. 30
Tabla 9. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM. 31
Tabla 10. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM..... 38
Tabla 11. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo en sitio tomadas a 0.15, 0.30, 1.00, 1.20, 1.30, 1.60 y 1.70 m 39
Tabla 12. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 1. 42
Tabla 13. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 2. 44
Tabla 14. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 3. 46
Tabla 15. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 4. 48
Tabla 16. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 5. 50
Tabla 17. Resultados de los análisis de laboratorio de HFP y HAP's en muestras de suelo en sitio tomadas a 0.15, 0.30, 1.00 y 1.20 m. 52
Tabla 18. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX's en las muestras tomadas a 0.50 m en suelo en celdas. 53
Tabla 19. Resultados de los análisis de laboratorio de HFP y HAP's en muestras tomadas a 0.50 m en suelo en celdas. 54
Tabla 20. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de agua tomadas en la laguna. 55
Tabla 21. Resultados de los análisis de laboratorio de HFP y HAP's en muestras de agua tomadas en la laguna. 55
Tabla 22. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m de profundidad. 60
Tabla 23. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 1 a 1.20 m de profundidad. 61
Tabla 24. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.20 m de profundidad. 62
Tabla 25. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 2 a 1.50 m de profundidad. 63
Tabla 26. Resultados de análisis de laboratorio de HFL a 0.15 y a 0.30 m de profundidad. 64
Tabla 27. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 3 a 0.20 y 0.50 m de profundidad. 65
Tabla 28. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.30 m de profundidad. 66
Tabla 29. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 4 a 1.60 m de profundidad. 67
Tabla 30. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.15 m de profundidad. 68
Tabla 31. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 5 a 0.20 m de profundidad. 69

Tabla 32. Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de las plumas contaminantes. 73
Tabla 33. Volumen Total de Suelo Contaminado por Hidrocarburos Fracción Ligera y Fracción Pesada 74
Tabla 34. Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato. 84
Tabla 35. Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL. 87
Tabla 36. Productos para Tratamiento 93
Tabla 37. Material a Utilizar para Construcción de Pozos. 93
Tabla 38. Equipo a Utilizar. 94
Tabla 39. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)..... 96
Tabla 40. Puntos de Muestreo y cantidad de muestras para Muestreo Final Comprobatorio para las Áreas 1, 2, 3, 4, y 5. 98
Tabla 41. Volumen de Suelo Contaminado que fue dispuesto en las celdas de Confinamiento Temporal 101
Tabla 42. Productos para Tratamiento.....105
Tabla 43. Material a Utilizar para Construcción de la Celda. 105
Tabla 44. Equipo a Utilizar. 105

Anexos

A. Informe de Actividades de Atención a la Emergencia
B. Memoria Fotográfica
C. Informe del siniestro. Copia de acuse de recibido de notificación a la ASEA. Formatos P-ASEA-USIVI-004 Y P-ASEA-USIVI-005
D. Carta Porte
E. Protocolo de muestreo
F. Plano "Levantamiento topográfico (T1)"
G. Acreditación del Laboratorio
H. Plano "Ubicación Puntos de Muestreo (M1)"
I. Resultados de Análisis de Laboratorio
J. Plano "Plumas de Contaminación (M2, M3, M4, M5, M6 y M7)"

INFORME FINAL

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCALDÍA CUAJIMALPA, CDMX.

1 ANTECEDENTES

1.1 Descripción del Accidente y Áreas Afectadas

El 16 de octubre del 2020, un autotanque perteneciente la empresa AUTOTANQUES PETROQUÍMICOS S.A DE C.V., sufrió un accidente mientras transitaba por la carretera México-Toluca km 31+950, Colonia Las Cruces, Alcaldía Cuajimalpa en la CDMX, provocando que se derramaran 30,825 litros de Gasolina Premium.

Bajo la política de cumplir con lo dispuesto por la Ley ambiental del país, se realizaron 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 0003799251/0032 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 ocasionar, 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 Premium en la zona, el personal de Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. realizó una visita inicial al sitio del siniestro el día 21 de octubre de 2020, en la que se observó que la zona donde ocurrió el siniestro presenta una topografía semiplana del área de la carretera y posteriormente tiene una zona de desnivel de aproximadamente 5 m (hacia zona baja),

donde se tiene una superficie semiplana con una pendiente mayor a 5°, y corresponde una parte al Derecho de Vía y una parte a un predio particular donde el Uso del Suelo es Agrícola y Forestal.

En el siniestro ocurrido en la carretera México-Toluca, a la altura del km 31+950 dirección a Toluca, el conductor manifestó que escuchó un sonido fuerte y al observar por el retrovisor se dio cuenta que el segundo semirremolque se había volcado. A causa del impacto se rompió el tanque, derramando el hidrocarburo (gasolina premium) el cual se empezó a dispersar en el área.

Derivado del derrame de los 30,825 litros de Gasolina, se observó que la gasolina derramada sobre la carpeta asfáltica, funciono como solvente extrayendo aceite del chapopote con el que está fabricada la carretera. La mezcla de gasolina y aceite escurrió por la cuneta de asfalto a lo largo de 645 m y posteriormente escurrió en tres puntos de la cuneta hacia el Derecho de Vía en la zona del desnivel, utilizando cauces de escurrimiento pluvial, identificándose afectación en cuatro diferentes áreas del derecho de vía y en una quinta área donde también se afectó un predio particular, en el cual se desarrollan actividades acuícolas contaminándose además del suelo, el agua de una represa artificial utilizada para esta actividad y de la cual se reportó la muerte de 156 organismos de crianza. (Figura 1 y Tablas 1 y 2).

En la inspección realizada, se observó en todas las áreas afectadas una mezcla en fase libre de gasolina y aceite (Hidrocarburos Fracción Pesada). Para la zona de la presa afectada, además de tener la mezcla de hidrocarburos flotando en el agua, se tiene afectación en la maleza que rodea al cuerpo de agua, donde además se está reteniendo hidrocarburo.

En los sondeos realizados en la evaluación inicial del 21 de octubre del 2020, se estimó una superficie afectada de 1,554.56 m^2, identificándose 5 áreas contaminadas donde además de la afectación a nivel de superficie generada por la mezcla de gasolina y aceite, se detectó que se tiene penetración de la gasolina en profundidades que van desde 0.20 m hasta 1.60 m.

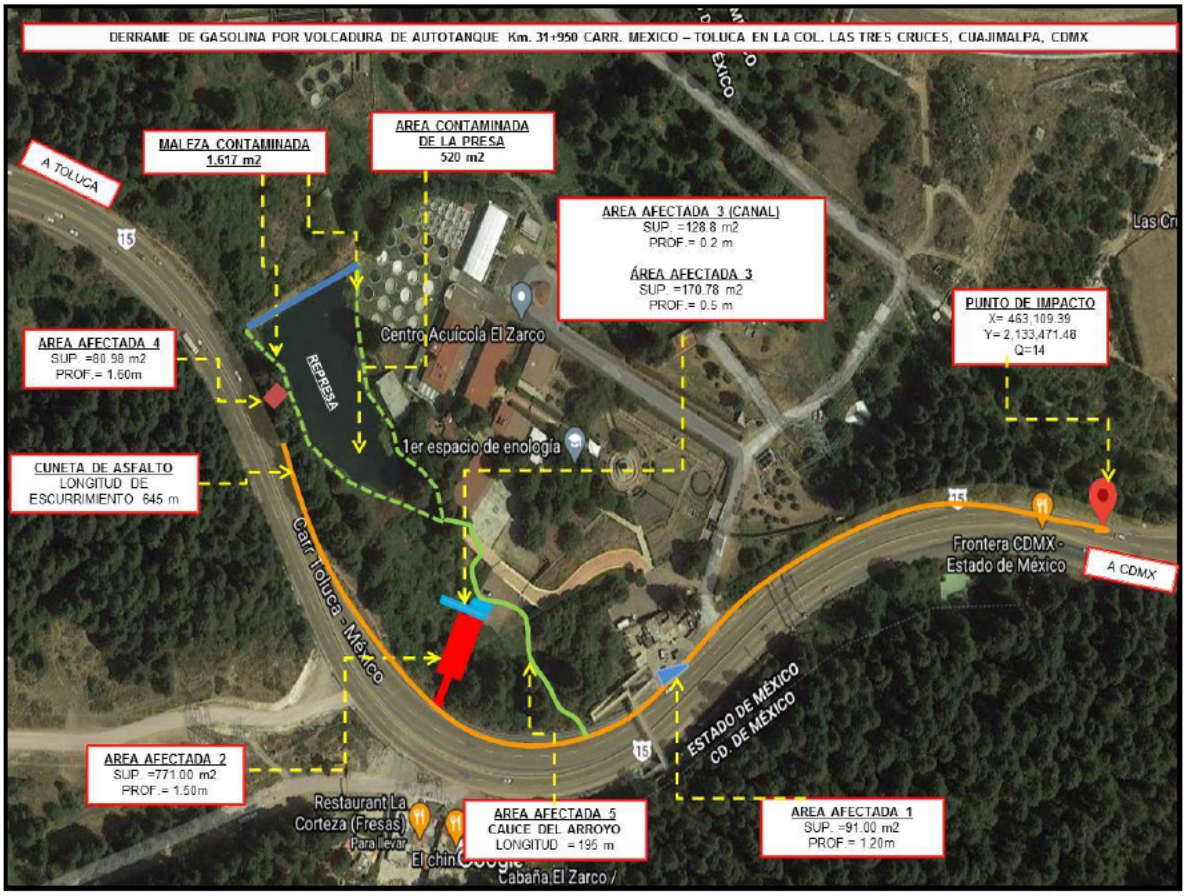


Figura 1. Croquis de identificación de las áreas afectadas en el sondeo inicial

En la siguiente tabla se muestra la profundidad de penetración del hidrocarburo identificada en el sondeo inicial en cada una de las áreas afectadas.

Tabla 1. Profundidad identificada de penetración de gasolina en el subsuelo de las zonas identificadas como afectadas por el derrame de gasolina.

ÁREA	SONDEO	PROFUNDIDAD DE LA EXTRACCION (m)	INFILTRACIÓN DE LA GASOLINA (m)	SUPERFICIE AFECTADA (m^2)
Área 1	1	1.30	1.20	91.00
	2	1.30	1.20	
	3	1.30	1.20	
Área 2	1	1.60	1.50	771.00
	2	1.60	1.50	
	3	1.60	1.50	
	4	1.60	1.50	
	5	1.60	1.50	

ÁREA	SONDEO	PROFUNDIDAD DE LA EXTRACCION (m)	INFILTRACIÓN DE LA GASOLINA (m)	SUPERFICIE AFECTADA (m^2)
	6	1.60	1.50	
Área 3 Canal	1	0.30	0.20	128.80
	2	0.30	0.20	
	3	0.30	0.20	
Área 3	1	0.60	0.50	170.78
	2	0.60	0.50	
	3	0.60	0.50	
	4	0.60	0.50	
Área 4	1	1.70	1.60	80.98
	2	1.70	1.60	
	3	1.70	1.60	
	4	1.70	1.60	
	5	1.70	1.60	
Área 5 Cauce del Arroyo	1	0.30	0.20	312.00
	2	0.30	0.20	
	3	0.30	0.20	
TOTAL				**1,554.56**

En el área de la presa se estima una superficie afectada de 1,617 m^2 de maleza de la zona de las riberas y 520 m^2 correspondientes a la película aceitosa en la laguna (Tabla 2).

Tabla 2. Superficies afectadas por la mezcla de Gasolina y Aceite en la Presa

ÁREA	SUPERFICIE AFECTADA (m^2)
Maleza Contaminada	1,617.00
Presa	520.00

1.2 Trabajos de Atención a la Emergencia

Como parte de los trabajos de atención a la emergencia y debido al riesgo de incendio que representaba la gasolina derramada, personal de Bomberos de la alcaldía de Cuajimalpa, realizaron el lavado de la carpeta asfáltica, arrastrando el combustible hacia la zona del derecho de vía, zona de desnivel de aproximadamente 5 m (hacia zona baja). Lo anterior ocasionó afectaciones en las zonas aledañas a la carretera, así como dentro de las instalaciones del Centro Educativo CONALEP "El Zarco", contaminando el cauce de un arroyo de escorrentía pluvial y un cuerpo de agua utilizado como criadero de truchas.

Derivado de lo anterior, y considerando el riesgo de generar mayor afectación por escurrimientos de los hidrocarburos, ya que se tenía producto en fase libre, el personal de CAEPSA realizó actividades de atención a la emergencia en las zonas afectadas, entre las que se encuentran:

- Limpieza de terreno con saturación de hidrocarburos en fase libre.
- Limpieza de cauces de escurrimiento pluvial con presencia de hidrocarburos en fase libre.
- Limpieza de la represa
- Retiro de Maleza Contaminada
- Recuperación de Hidrocarburos en fase libre.
- Retiro de Basura Impregnada de aceite
- Limpieza de Cuneta
- Lastrado y limpieza de piso de la represa.

De los trabajos de atención a la Emergencia, que considero retirar todo el suelo saturado con la mezcla de Gasolina-Aceite, que presentaba incluso producto en fase libre en forma de pequeños charcos, fue dispuesto en 5 Celdas de Confinamiento Temporal, para posteriormente ser tratado mediante alguna técnica de biorremediación. El volumen calculado almacenado en las 5 celdas es de 419.60 m^3, de los cuales 165 m^3 corresponden a suelo contaminado y 254.6 m^3 corresponden a la maleza contaminada retirada de la presa (ver tabla 3).

Tabla 3. Volumen de Suelo Contaminado que fue dispuesto en las celdas de Confinamiento Temporal

Celda	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m^2)	Altura del Material (m)	Volumen de material en la celda (m^3)
1	10	7	70	1.65	115.50
2	9.5	9	85.5	1.30	111.15
3	19	4.5	85.5	1.50	128.25
4	7.0	4.41	30.87	1.61	49.70
5	5	3	15.0	1.00	15.00
TOTAL					**419.60**

Para la disposición del producto en fase libre recuperado y de los materiales contaminados retirados de la zona afectada por el derrame de gasolina y con impregnación del aceite de chapopote, los cuales son considerados como Residuos Peligrosos, se contó con el apoyo de la empresa "SERETO, Servicio de Recolección, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Peligrosos", la cual cuenta con las autorizaciones correspondientes de la SEMARNAT para recoger, transportar y disponer este tipo de materiales. El material que fue dispuesto como Residuo Peligroso, corresponde al descrito en la siguiente tabla.

Tabla 4. Volumen de Suelo Contaminado que fue dispuesto en las celdas de Confinamiento.

Residuo	Tipo	Capacidad	Peso
Interfase Gasolina-Agua-Aceite	Líquido	950 Litros	1000 Kg
Contenedor Rotoplast impregnado de hidrocarburos.	Solido	750 Litros	30 Kg
Contenedor Tambo impregnado de hidrocarburos	Sólido	200 Litros	10 Kg
6 Bolsas PET impregnado de hidrocarburos	Sólido	200 Kg	200 Kg
Llanta impregnada de aceite	Sólido	30 Kg	30 Kg
Lámina de Asbesto impregnada de aceite	Solido	70 Kg	70 Kg

Se anexa copia del Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos, así como de las Autorizaciones del Centro de Acopio y del transporte utilizado.

Las actividades realizadas de Atención a la Emergencia por el personal de CAEPSA, mencionadas anteriormente se llevaron a cabo en un lapso de 21 días, del día 24 de octubre al 13 de noviembre de 2020.

Los trabajos realizados se reportan detalladamente en el **"Informe de Actividades de Atención a la Emergencia"** entregado a la ASEA el día 15 de diciembre de 2020 y del cual se incluye copia en los anexos. (Ver ANEXO A)

1.3 Características de la Gasolina

La Gasolina Premium 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 a la Salud.

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 presenta 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, s e describen los parámetros a evaluar correspondientes al presente siniestro de derrame de Gasolina y al aceite extraído del asfalto, 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 5. Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012.

Contaminante	Concentración Máxima Permitida (mg/kg)	Método Analítico
Hidrocarburos Fracción Ligera	200	NMX-AA-105-SCFI-2008
Benceno	6	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	40	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	10	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xilenos	40	NMX-AA-141-SCFI-2007
Hidrocarburos Fracción Pesada	3,000	NMX-AA-134-SCFI-2006
Benzo (a) antraceno	2	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo (b) fluoranteno	2	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo (k) fluoranteno	8	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo (a) pireno	2	NMX-AA-146-SCFI-2008
Dibenzo (a,h) antraceno	2	NMX-AA-146-SCFI-2008
Indeno (1,2,3-cd) pireno	2	NMX-AA-146-SCFI-2008

Los criterios consideran que no es factible de encontrar TPH's en forma natural por lo que es motivo a evaluar la sola presencia de ellos.

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 ruta por donde se desplazó el contaminante, se procedió a planear la realización del Estudio de Caracterización.

Derivado de que la contaminación inicial fue por Gasolina Premium (Hidrocarburo Fracción Ligera) y posteriormente por el Aceite de Chapopote de la Carpeta Asfáltica (Hidrocarburo Fracción Pesada), se considera en el presente estudio la presencia de otros contaminantes como son: BTEX y HAP´s; 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 Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación.

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 identificar y estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación".

La realización del Estudio de Caracterización en el área afectada por contaminación de Hidrocarburos Fracción Ligera, Fracción Pesada, BTEX y HAP´s, 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(s) pluma(s) contaminante(s), identificando su localización dentro del sitio contaminado.

Con el resultado de la identificación del área y volumen de suelo contaminado, se analiza y propone 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: Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). Esta última es quien tiene como función vigilar que esto se lleve a cabo.

4 OBJETIVO

4.1 Objetivo General

Realizar el Estudio de Caracterización del siniestro identificado como: "*Derrame de Gasolina por volcadura de un autotanque en la carretera México-Toluca en el km 31+950, Colonia Las Cruces, Alcaldía Cuajimalpa, CDMX*", para determinar el nivel de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (Gasolina Premium) y/o BTEX, así como determinar si existe contaminación por Hidrocarburos Fracción Pesada y/o HAP's. Dimensionando las superficies, profundidad y el volumen de suelo afectado.

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 mostrados en la siguiente tabla referentes a .

Tabla 6. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera, Pesada, BTEX y HAP´s para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)

PARAMETRO	Límite Máximo Permisible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	200
Benceno	6
Tolueno	40
Etilbenceno	10
Xilenos	40
Hidrocarburos Fracción Pesada	3000
Benzo(a) pireno	2
Dibenzo(a,h) antraceno	2
Benzo(a) antraceno	2
Benzo(b) fluoranteno	2
Benzo(k) fluoranteno	8
Indeno(1,2-3-cd) pireno	2

4.2 Objetivos específicos

- Localizar el sitio de estudio mediante coordenadas geográficas y UTM, elaborando croquis y planos.
- Realizar la búsqueda documental para la caracterización general del sitio.
- Realizar un levantamiento topográfico del sitio de estudio.
- Conocer las características fisicoquímicas, riesgos a la salud por exposición y medidas de seguridad del contaminante.
- Conocer las características del área afectada, así como también del área libre de hidrocarburo.
- Realizar la perforación vertical de pozos de muestreo con herramienta manual, extrayendo núcleos inalterados de suelo en la zona contaminada.
- Tomar muestras de suelo para su análisis en laboratorio, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
- Determinar las características específicas del área contaminada mediante una simulación de los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, identificando la superficie afectada, la profundidad de penetración al subsuelo y el volumen de suelo contaminado y la probable 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 (ANEXO B).

5.1 Localización del sitio

La zona afectada se encuentra ubicada en la zona rural de la Alcaldía de Cuajimalpa, en la colonia Las Cruces, Ciudad de México (CDMX). La alcaldía se localiza entre los paralelos 19°14' y 19°24' de latitud norte y los meridianos 99°15' y 99°22' de longitud oeste; con una altitud entre 2,400 y 3,800 m. La alcaldía se encuentra localizado en la parte norte de la Ciudad de México y colinda al norte con el estado de México y las alcaldías Miguel Hidalgo y Álvaro Obregón; al sur con la alcaldía Álvaro Obregón y el estado de México; al oeste con el estado de México. Cuajimalpa ocupa el 4.7% de la superficie de la Cuidad de México y cuenta con 26 localidades.

La zona donde ocurrió el derrame de Gasolina Premium fue en la carretera México-Toluca en el Km 31+950 en la colonia Las Cruces en la alcaldía de Cuajimalpa en la CDMX. Las coordenadas UTM del punto del siniestro son:

- 14 Q 462,109.39 mE – 2, 133,471.48 mN.

La altitud en el punto del siniestro es de 2,760 msnm.

En las siguientes figuras se muestra la ubicación de la zona a nivel nacional, regional y local.

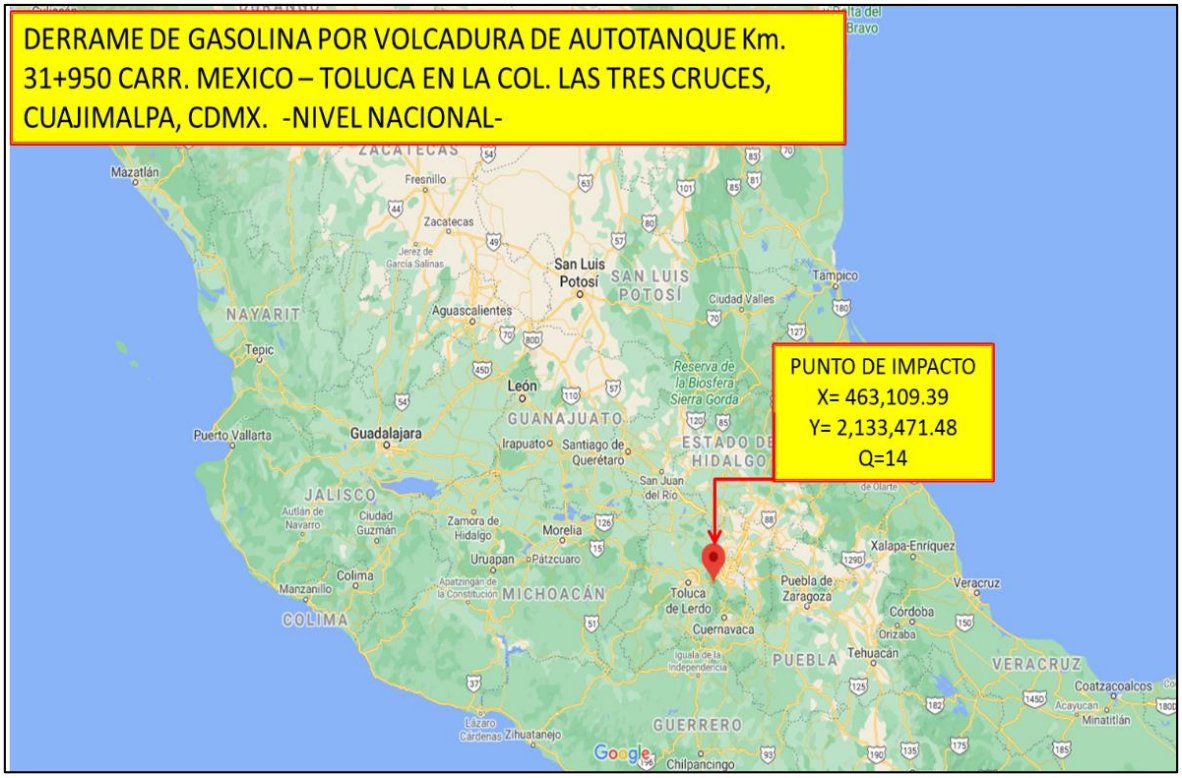


Figura 2. Ubicación a nivel nacional del sitio afectado por el derrame de Gasolina

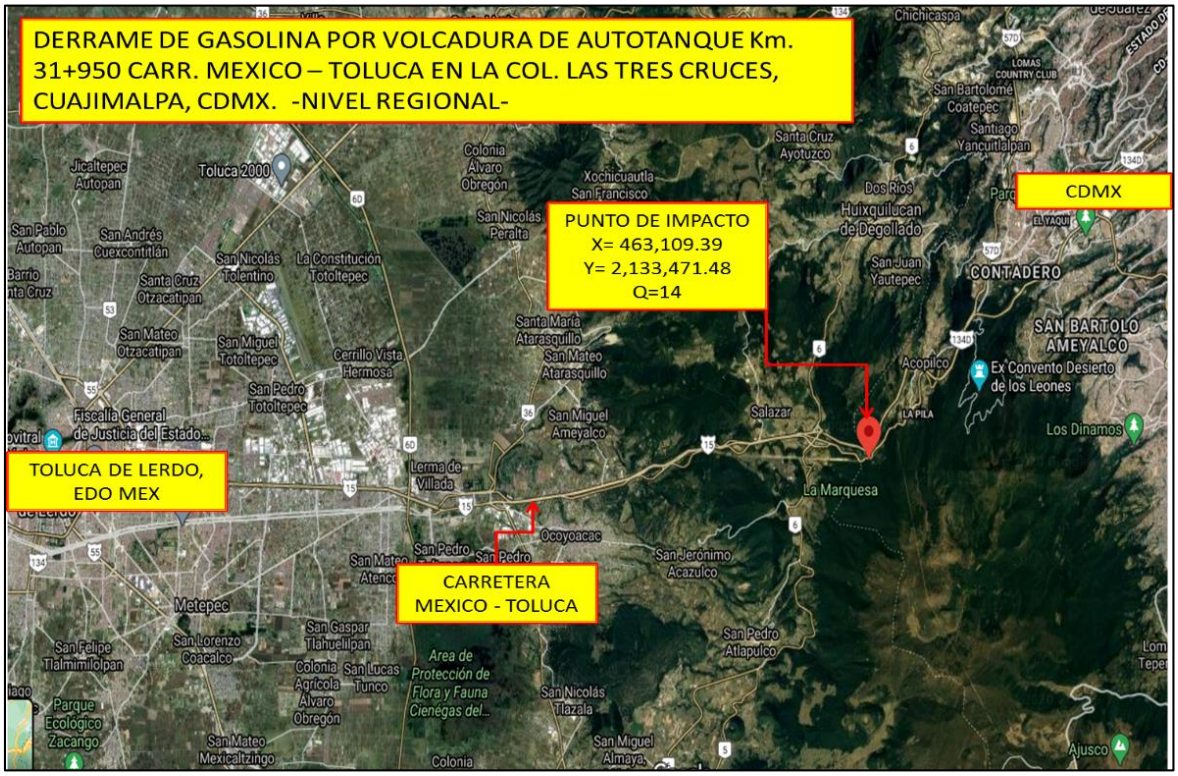


Figura 3. Ubicación regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina

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

5.2 Características ambientales de la zona

5.2.1 Orografía

La alcaldía de Cuajimalpa se localiza sobre la vertiente oriental de la estructura tectónica volcánica llamada Sierra de las Cruces, que constituye el límite occidental de la Cuenca de México. La sierra se extiende en dirección NNE, desde la sierra de Zempoala, al sur, hasta la sierra de La Bufa (Rehilete) en el norte, en proximidad con Acambay. El estratovolcán San Miguel es una de las estructuras geológicas más destacadas cuya vida se inició en el Plioceno tardío y continuó en el Cuaternario, con erupciones de cenizas azules de 170,000 años de edad.

La Sierra de las Cruces es atravesada por numerosas fallas con Dirección NNE a SSW, que originan el control tectónico de las barrancas en la alcaldía. Al centro y sur de la demarcación

predominan las montañas, concentrando la mayoría de los aparatos volcánicos como La Palma, de 3,810 msnm; San Miguel 3,800 msnm; El Cochinito 3,760 msnm y El Ángel de 3,330 msnm, entre otros. Estas estructuras dirigieron las emisiones de lava y flujos de piroclastos hacia el norte del territorio, rellenando las depresiones del relieve con sucesivas acumulaciones de lava.

Contiguo a los aparatos volcánicos, al norte del territorio, se aprecia el inicio del piedemonte en forma de rampa compuesto por cenizas y tobas que se originaron al momento de la erupción o por coladas de lava. Dada la composición petrográfica de estos materiales, la tectónica y el régimen de precipitaciones, en esta porción son más intensos los procesos erosivos denudativos.

Existen dos tipos de barrancas: el primer tipo se refiere a barrancas estables, en forma de "U", anchas en el fondo y de laderas poco abruptas donde existe un equilibrio en los procesos erosivos. Este tipo se localiza al noreste de la alcaldía, en Santa Fe, y en muchos casos, hay una fuerte alteración antrópica que originó la morfología actual.

El segundo tipo es de barrancas vigorosas, en forma de "V", profundas, con pendientes abruptas y una alta energía del relieve, propiciando fenómenos de erosión hacia las cabeceras de los barrancos (cárcavas), derrumbes de materiales rocosos y deslizamientos de suelos. Las barrancas a lo largo de su recorrido en el territorio de la alcaldía, desde su nacimiento hasta su desembocadura reciben varios nombres, como es el caso de una de las barrancas más grandes de la alcaldía de Cuajimalpa; conocida como Arroyo de Santo Domingo, Agua Azul, Los Helechos y Hueyetlaco en sus diferentes trayectos, además de que confluyen numerosos afluentes, cada uno con su denominación.

En la zona donde se originó el siniestro, y en las zonas afectadas se pueden observar diferentes pendientes, algunas de ellas hasta 40°. Lo anterior originó que el hidrocarburo derramado migrara a zonas más alejadas al punto del siniestro; aumentando la superficie afectada.

5.2.2 Hidrografía

La alcaldía de Cuajimalpa pertenece a la región hidrológica Pánuco (94%) y Lerma-Santiago (6%). En la alcaldía se comprende de 7 microcuencas, denominadas Arroyo Agua de Leones, Arroyo Santo Desierto, Río Tacubaya, Río Becerra, Río San Joaquín, Río Barrilaco y Río Magdalena. Estas conducen las aguas pluviales que se vierten sobre la zona mediante un cauce principal que generalmente corre de suroeste a noreste. Las dos primeras y la última nacen en la sierra de Las Cruces, en tanto las otras cuatro tienen su origen en la parte central o norte de la demarcación y al salir de ésta desembocan en las alcaldías de Álvaro Obregón, Miguel Hidalgo o Magdalena Contreras, o hacia el Estado de México.

Las corrientes de agua que se localizan en la alcaldía son:
Corriente la Coyotera: Esta corriente tiene una longitud de 1.1 Km. Forma su cauce principal dentro del área urbana en la zona conocida como Cacalote, cerca del límite con Jesús del Monte, Estado de México. En su primer tramo drena áreas de Cacalote y tiene una Dirección sensiblemente sur- norte, hasta su confluencia con la corriente Cacalote, cuyas aguas recibe por la margen izquierda, a la altura de la Avenida San José de los Cedros.

Río Borracho: Tiene una longitud de 12.6 Km., inicia en la cota 3,350 msnm (metros sobre el nivel del mar) en el Estado de México, a unos 1,100 m de la Estación piscícola El Zarco (Las Truchas), y se integra al territorio Delegacional paralelo al límite del Estado de México.

Río Mixcoac: Esta corriente se origina al sureste de la alcaldía de Cuajimalpa, dentro del denominado Parque Nacional Desierto de los Leones, a una altitud aproximada de 2,980 msnm, tiene una longitud de 2,000 m. A la altura del Valle de las Monjas en San Mateo Tlaltenango se observa el cauce de la corriente con un escurrimiento permanente como consecuencia del excedente de los manantiales localizados en su área de influencia.

Río Tacubaya: Este río tiene una longitud de 1.35 Km. La corriente principal se origina en la cerrada de José María Castorena, dentro de la Unidad Habitacional Villas de Cuajimalpa. El tramo comprendido entre las cerradas José María Castorena y Margaritas se encuentra entubado con una tubería de 2.13 de diámetro de 2.13 m. A partir de la cerrada Margaritas

la corriente continua en un tramo aproximado de 190 m. en una sección rectangular de 3.50 m x 2.00 m, de mampostería y losa de concreto.

Río Atitla: Esta corriente tiene su origen en el Estado de México y la mayor parte de su recorrido es en las inmediaciones del pueblo de San Pablo Chimalpa. Del límite de la zona de influencia hasta la confluencia con el Río Borracho.

A la captación de agua, se le suma la presencia del sistema de fracturas y fallas, alineadas paralelamente a las corrientes intermitentes y los ríos. Se calcula, de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que la profundidad del nivel freático en el territorio es de 200 a 250 metros que representan los valores más altos de profundidad en el acuífero de la Zona Metropolitana del Valle de México.

El abastecimiento de agua potable en la alcaldía proviene principalmente de manantiales y el resto de pozos profundos, así como del Ramal Sur del Sistema Lerma Cutzamala y del Acueducto Periférico.

En el sitio, ubicado entre las zonas 2 y 3 se encuentra el cauce de un arroyo de escorrentía pluvial que desemboca en una represa particular, la cual fue construida para ser utilizada para el desarrollo de actividades acuícolas.

5.2.3 Clima

De acuerdo con el "Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos" la alcaldía de Cuajimalpa (anteriormente delegación Cuajimalpa de Morelos, Distrito Federal), con clave geoestadística 09004; la alcaldía se caracteriza por tener en un 49.0% un clima templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (45.0%) y semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano (6.0%). Esta cuenta con un rango de precipitación pluvial de 900 a 1, 600 mm. La temperatura promedio anual que se reporta es de 6° a 14°C.

5.2.4 Flora

La flora en la alcaldía de Cuajimalpa, de acuerdo a lo publicado en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México de la Alcaldía de Cuajimalpa 2017, está constituida de 1,064 especies aproximadamente, entre las que se encuentran: oyameles (*Abies religiosa*), ocote (*Pinusteocote*), pino (*Pinus Montezumae*), fresno, encino y más de cien especies de hongos. La zona donde sucedió el siniestro se considera una zona boscosa. Por lo que se pueden observar diversas especies arbóreas; principalmente pinos. De igual manera se observan algunos matorrales y especies arbustivas.

5.2.5 Fauna

Dentro de la fauna representativa de la alcaldía se identifican alrededor de 279 especies; las que se dividen cuatro grupos principales los cuales son: anfibios (ajolote, salamandra y rana), reptiles (lagartija y víbora), aves (zopilote, paloma, torcaza, tórtolas, coquitas, búho, golondrina, cuervo, sonajas, cenzontle, jilguero, zanate, gorrión, canario y zacatero) y mamíferos (tlacuache, musaraña, murciélago, conejo, ardilla, tuza y ratón).

En la zona del siniestro no se observó ningún tipo de fauna silvestre que se viera afectada por el siniestro. Mención aparte es lo relacionado con los peces del criadero que murieron por causa de la contaminación en la represa.

5.2.6 Clasificación y Uso del Suelo

En la alcaldía de Cuajimalpa el tipo de suelo dominante es Andosol (48%), este se forma sobre cenizas, rocas, vidrios y otros materiales de origen volcánico; también se denomina suelo de cenizas volcánicas y es de color negro. Posee un alto contenido de materia orgánica y tiene una alta capacidad de retención de agua, así como de intercambio catiónico. Otro tipo de suelo que se puede encontrar en menor porcentaje es el Phaeozem (5%), el cual tiene como característica principal un alto contenido de materia orgánica, la cual le da una estabilidad estructural elevada.

El uso de suelo en la alcaldía corresponde principalmente a zona urbana (47%) y bosque (47%). Con menor porcentaje se encuentra la agricultura (4%) y pastizal (2%). En el sitio

de estudio el uso de suelo es forestal y la vegetación presente corresponde a pastos, árboles y algunos arbustos.

5.3 Población e Infraestructura

De acuerdo con el censo nacional, INEGI 2010, la alcaldía de Cuajimalpa tiene una población total de 186,391 habitantes de los cuales el 47.56% (88,642 habitantes) son hombres y el 52.44% restante (97,749 habitantes) son mujeres. La densidad de población de la alcaldía es de 2,787.6 habitantes/ km^2. El 97.2% de la población mayor a 25 años es analfabeta; y el grado de escolaridad promedio es de 11.4.

5.3.1 Cultura indígena en Cuajimalpa

En el año 2010 Cuajimalpa contaba con 2,049 habitantes que hablaban alguna lengua indígena, lo que representa el 1.23% de la población total; las principales lenguas indígenas que predominan son náhuatl, mazahua, otomí y mixteco; en donde el 96% de esos habitantes habla también el español. En la alcaldía de Cuajimalpa el 5.7% de la población mayor de 3 años pertenece a una etnia indígena.

5.3.2 Desempleo y economía en Cuajimalpa

El 57.2% de la población mayor de 12 años del municipio se encuentra económicamente activa (40.2% de la población femenina y 59.8% de la población masculina).

5.3.3 Viviendas e infraestructuras en Cuajimalpa

En el municipio existen un total de 46,438 viviendas particulares habitadas, de las cuales el 99.7% cuentan con electricidad, el 99.1% tienen agua entubada, el 99.0% cuentan con sanitario, el 55.2% tienen servicio de televisión de paga, el 61.0% cuenta con computadora personal, el 72.8% tiene teléfono fijo y el 89.6% cuenta con teléfono celular, únicamente el 64.5% cuentan con internet.

5.3.4 Vías de Comunicación y de Acceso al Sitio.

La principal vía de comunicación para llegar a la alcaldía de Cuajimalpa y al Sitio del área afectada por el siniestro, es la carretera México-Toluca.

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, seguido de una etapa de planeación, una de trabajos de campo y finalmente una de trabajos en gabinete.

6.1 Avisos a la ASEA

Se dio la notificación del siniestro a la ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente) vía Oficialía de Partes mediante los Formatos P-ASEA-USIVI-004 de Aviso Inmediato y P-ASEA-USIVI-005 Formalización de Aviso para la ASEA (ANEXO C). En el mismo Oficio con fecha del 22 de octubre del 2020, se notifica que será la empresa Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. (CAEPSA), la responsable de realizar los trabajos de evaluación de los daños ambientales que se pudieron ocasionar, así como de todos aquellos trámites ambientales que se generen con la autoridad competente. De igual forma, también se dio el aviso correspondiente a la ASEA con ambos formatos, mediante correo electrónico. Adicionalmente se anexa copia de la factura de adquisición del hidrocarburo y su Remisión. (ANEXO D).

CAEPSA notificó a la ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente) el 18 de noviembre de 2020 a través del Oficio CAE-54/2020 de fecha 16 de noviembre 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 E).

Los trabajos realizados se reportan detalladamente en el **"Informe de Actividades de Atención a la Emergencia"** entregado a la ASEA el día 15 de diciembre de 2020 y del cual se incluye copia en los anexos. (Ver ANEXO A)

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.

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, el análisis de resultados de los estudios 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), Alcaldía de Cuajimalpa, Sistema Meteorológico Nacional (SMN); así como instituciones de educación superior:

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 (GPS) marca Garmin con una precisión de ±5 m, para obtener una referencia satelital en los límites del área de estudio. Las coordenadas UTM del punto del siniestro son: 14 Q 463,109.39 mE – 2, 133,471.48 mN. El uso del suelo en la zona afectada es agrícola y forestal.

Se determinó el área afectada, con base en la topografía del terreno, la distribución del escurrimiento de la Gasolina y de la mezcla de Gasolina-Aceite; y se consideraron las observaciones de campo tales como 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

Se marcaron los límites que se consideran para el área de estudio, para lo cual se usaron estacas y se marcaron las líneas de las poligonales determinadas.

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 40,046.31 m^2, estando dentro de su perímetro el área de estudio y las zonas circunvecinas que servirán como referencia para las siguientes etapas (ANEXO F). El equipo utilizado para el levantamiento fue el siguiente:

- Estación total FOCUS 8 SPECTRA PRECISION precisión ±1 m.
- Tripie de aluminio con plomada.

- Bastón con prisma de -0.30 OFFSET.
- GPS Garmin Precisión ±5 m.
- Brújula 1" Ø 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

Toma de muestras de suelo

El plan de muestreo, consideró la identificación y delimitación de las áreas de estudio; para el presente sitio, donde se estimó una superficie inicial afectada de 1,554.56 m^2 aproximadamente; la cual corresponde a las cinco áreas afectadas identificadas. En total se propuso ubicar 25 puntos de muestreo dentro de las zonas identificadas como afectadas, donde se tomaron en total 60 muestras de suelo. Para delimitar las zonas afectadas se colocaron 25 puntos en el área perimetral tomando 1 muestra en cada punto (25 muestras delimitantes). Adicionalmente se tomaron 9 muestras duplicadas de las cuales, 8 muestras distribuidas en las 5 zonas afectadas y 1 en la celda de confinamiento temporal. El número total de muestras a tomadas fue de 94 para analizar en el laboratorio.

De las 94 muestras de suelo 6 de ellas (5 muestras simples y 1 duplicada), se tomaron del material contaminado dispuesto en las celdas de confinamiento temporales.

Toma de muestras de agua

Se realizó la toma de dos muestras de agua en la zona de la presa para el análisis de Hidrocarburos Fracción Pesada. Lo anterior para verificar que no se reportaba contaminación en esta zona después de realizar las acciones de atención a la emergencia.

En las siguientes figuras, se muestran los croquis donde se ubican los puntos para la toma de muestras en las diferentes áreas de suelo para analizar en el laboratorio.

Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo del área 1 afectada por el derrame de Gasolina

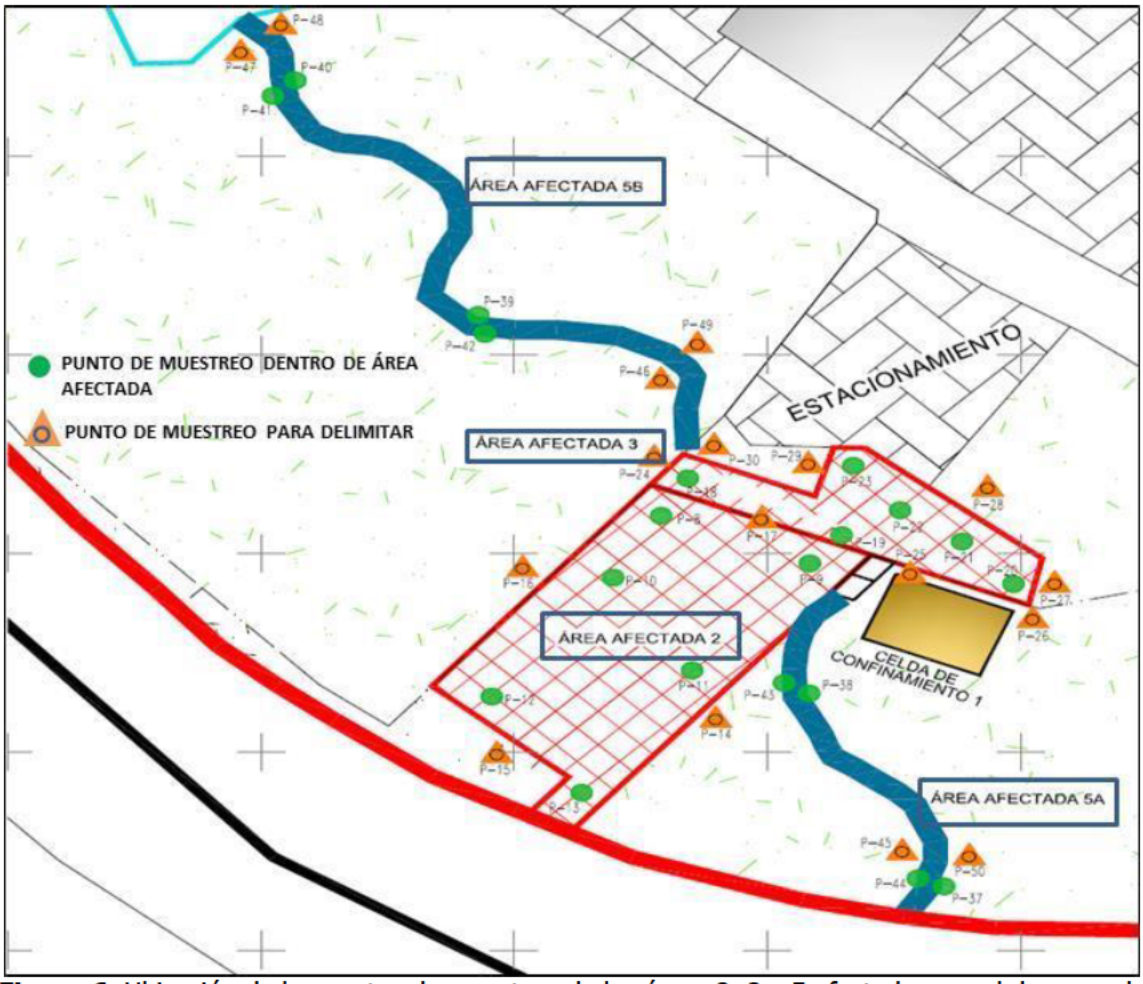


Figura 6. Ubicación de los puntos de muestreo de las áreas 2, 3 y 5 afectadas por el derrame de Gasolina

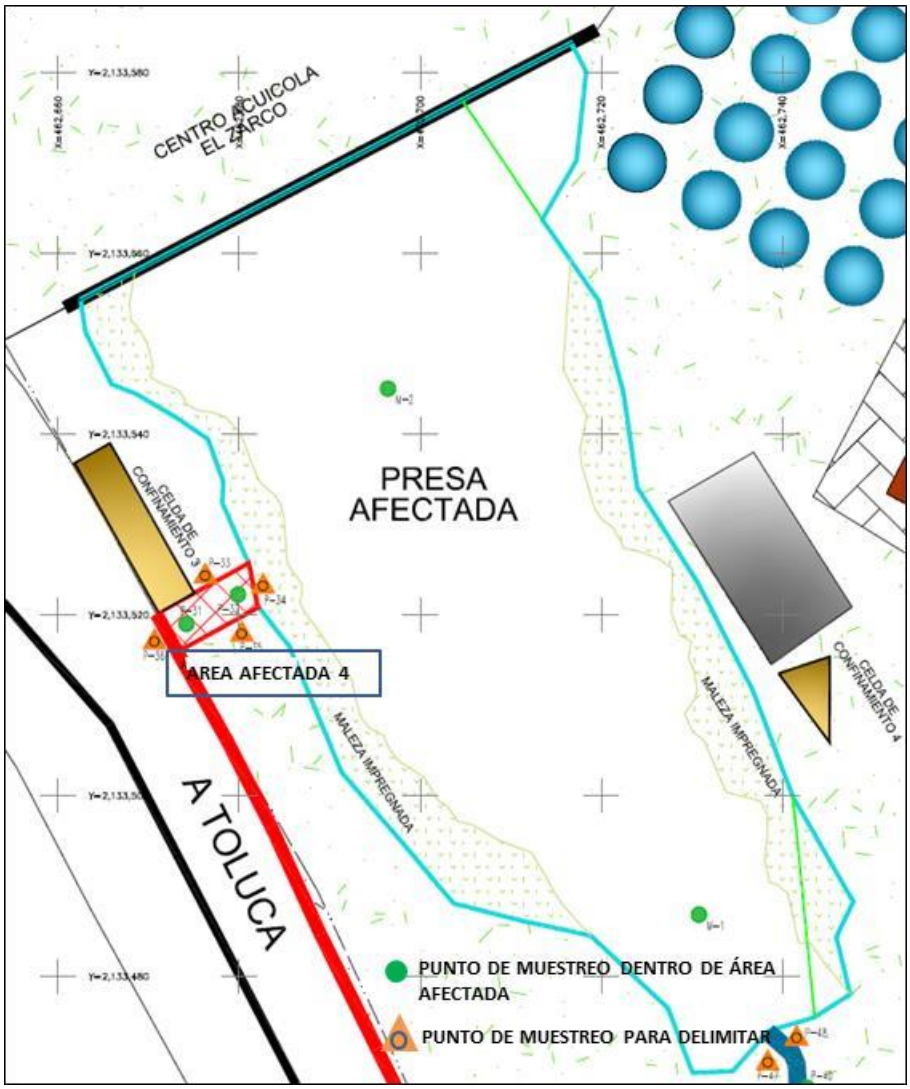


Figura 7. Ubicación de los puntos de muestreo del área 4 y la zona de la presa, afectadas por el derrame de Gasolina

6.9.2 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar, considerando que el contaminante es Gasolina y también por aceite de chapopote, de acuerdo a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, son: Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL), Hidrocarburos Fracción Pesada (HFP), BTEX y HAP´s.

De acuerdo a los sondeos realizados en el levantamiento de campo inicial, se propuso que en los puntos de muestreo se tomaran muestras de suelo a diferentes profundidades

considerando la profundidad detectada hasta donde se identificó que llego el contaminante en cada área afectada identificada: en el Área 1 de 1.20 m, Área 2 de 1.50 m, Área 3 0.20 y 0.50 m, Área 4 de 1.60 m y Área 5 de 0.20 m.

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 establecido en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012.

Tabla 7. Puntos de muestreo para suelo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar.

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUND. (m)	pH y HUMEDAD	HFP	HAP's	HFL	BTEX
ÁREA 1	P-1	2	1.0 y 1.30	√			√	√
	P-1A	1	1.0	√	√	√		
	P-2	2	1.0 y 1.30	√			√	√
	P-3	2	1.0 y 1.30	√			√	√
	P-4	1	0.30	√			√	√
	P-5	1	0.30	√			√	√
	P-6	1	0.30	√			√	√
	P-7	1	0.30	√			√	√
ÁREA 2	P-8	2	1.20 y 1.60	√			√	√
	P-8A	1	1.20	√	√	√		
	P-9	2	1.20 y 1.60	√			√	√
	P-10	2	1.20 y 1.60	√			√	√
	P-11	2	1.20 y 1.60	√			√	√
	P-12	2	1.20 y 1.60	√			√	√
	P-13	2	1.20 y 1.60	√			√	√
	P-14	1	0.30	√			√	√
	P-15	1	0.30	√			√	√
	P 16	1	0.30	√			√	√
	P 17	1	0.30	√			√	√
ÁREA 3	P-18	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-18A	1	0.15	√	√	√		
	P-19	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-20	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-21	2	0.30 m, y 0.60	√			√	√
	P-22	2	0.30 m, y 0.60	√			√	√
	P-23	2	0.30 m, y 0.60	√			√	√
	P-24	1	0.30	√			√	√
	P-25	1	0.30	√			√	√
	P-26	1	0.30	√			√	√
	P-27	1	0.30	√			√	√
	P-28	1	0.30	√			√	√
	P-29	1	0.30	√			√	√
	P-30	1	0.30	√			√	√
ÁREA 4	P-31	2	1.30 m, y 1.70	√			√	√
	P-31A	1	1.30	√	√	√		
	P-32	2	1.30 m, y 1.70	√			√	√
	P-33	1	0.30	√			√	√
	P-34	1	0.30	√			√	√

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUND. (m)	pH y HUMEDAD	HFP	HAP's	HFL	BTEX
	P-35	1	0.30	√			√	√
	P-36	1	0.30	√			√	√
ÁREA 5 Cauce del Arroyo	P-37	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-37A	1	0.15	√	√	√		
	P-38	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-39	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-40	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-41	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-42	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-43	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-44	2	0.15 m, y 0.30	√			√	√
	P-45	1	0.30	√			√	√
	P-46	1	0.30	√			√	√
	P-47	1	0.30	√			√	√
	P-48	1	0.30	√			√	√
	P-49	1	0.30	√			√	√
	P-50	1	0.30	√			√	√
CELDA 1	P.51	1	0.50	√	√	√	√	√
CELDA 2	P-52	1	0.50	√	√	√	√	√
CELDA 3	P-53	1	0.50	√	√	√	√	√
CELDA 4	P-54	1	0.50	√	√	√	√	√
CELDA 5	P-55	1	0.50	√	√	√	√	√
MUESTRAS		**85**	-	-	-	-	-	-
DUPLICADOS		**9**	-	-	-	-	-	-
TOTAL MUESTRAS		**94**	-	-	-	-	-	-

Debido a la contaminación generada al agua de la represa donde se realiza acuacultura, se ubicaron dos puntos de muestreo en la zona de la presa para el análisis de HFP y HAP's.

Tabla 8. Puntos de muestreo para agua y parámetros a analizar.

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	HFP	HAP's	HFL	BTEX
PRESA	ML-P1	1	√	√	√	√
	ML-P2	1	√	√	√	√

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 G)

6.11 Toma de Muestras

El laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA, realizó la toma de muestras el día 24 de noviembre del 2020 iniciando a las 10:00 am, terminando actividades a las 17:00 pm. El muestreo se realizó con la presencia del siguiente personal:

Por CAEPSA:

Ing. Alberto Ávila

Ing. Ximena Gutiérrez Aviña

2 peones de apoyo

Por parte del Laboratorio:

Omar Alcántara Reyes

Gabriel Hernández Pérez

4 muestreadores de apoyo

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 colectar 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 9. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM.

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	No. DE POZO	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM	
				X	Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	No. DE POZO	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM	
				X	Y
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,758.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.63
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	EXTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ÁREA 5 Cauce del Arroyo	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,467.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	No. DE POZO	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM	
				X	Y
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,696.44	2,133,545.03

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, de acuerdo a 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 enviadas al laboratorio fueron conservadas a una temperatura inferior a los 4° C, para la determinación de Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera, HAP´s 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 a detalle de las características organolépticas de la pluma contaminante, así como de aspectos físicos del suelo (suelo manchado, vegetación afectada, etc., a fin de tener información complementaria, 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 nos permite identificar y 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 dentro de las 5 áreas identificadas como afectadas y en puntos ubicados para su delimitación, a profundidades de 0.15 m, 0.30 m, 1.00 m, 1.20 m, 1.30 m, 1.60 m y 1.70 m, para su análisis en laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera, Hidrocarburos Fracción Pesada, BTEX y HAP's; mediante los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008, NMX-AA-134-SCFI-2006, NMX-AA-141-SCFI-2014 y NMX-AA-146-SCFI-2008, respectivamente. Adicionalmente, también se les determino pH y Humedad a las muestras de suelo analizadas.
4. Toma de muestras del suelo contaminado en las celdas de confinamiento temporal para su análisis en laboratorio, para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera, Hidrocarburos Fracción Pesada, BTEX y HAP's; mediante los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008, NMX-AA-134-SCFI-2006, NMX-AA-141-SCFI-2014 y NMX-AA-146-SCFI-2008, respectivamente. Adicionalmente, también se les determino pH y Humedad a las muestras de suelo analizadas.
5. Toma de dos muestras de agua en el área de la presa para la determinación de Fracción Ligera, Hidrocarburos Fracción Pesada, BTEX y HAP's.

7.2 Ubicación de los puntos de muestreo

La ubicación de los puntos de muestreo correspondió a zonas representativas y bien definidas como afectadas por el derrame de Gasolina Premium y del aceite de chapopote. Considerando cinco zonas afectadas por el derrame, se propuso ubicar 25 puntos de muestreo distribuidos dentro de las áreas afectadas y 25 puntos de muestreo fuera de estas, con el objetivo de delimitar las zonas de contaminación. Se ubicaron en total 50 puntos de muestreo en la zona de estudio para la toma de muestras de suelo. En las celdas de confinamiento temporal se ubicaron 5 puntos de muestreo. Adicional a las muestras de suelo, se tomaron dos muestras de agua en la presa (ML-P1 y ML-P2), con la finalidad de verificar que no se presentaba contaminación de hidrocarburos, después de haber realizado

las actividades de atención a la emergencia. Se anexa plano de ubicación de los puntos de muestreo (ANEXO H).

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 la 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 los pozos, se observó el tipo de suelo que presentaba cada uno de los estratos de las zonas identificadas como afectadas de acuerdo a la profundidad de penetración. Los estratos que se identificaron en las diferentes áreas de estudio fueron:

Área 1

En esta zona se identificaron dos perfiles. De 0.00 a 0.30 m material de relleno debido a que esta área se encuentra en el derecho de vía carretero; y de 0.30 m a 1.30 m un estrato limo arcilloso.

Área 2

Esta zona se encuentra a 100 m aproximadamente, del derecho de vía carretero; inmersa en la zona forestal que colinda con las instalaciones del CONALEP "El Zarco". Por lo que se observó un estrato limo arcilloso de 0.00 a 0.50 m, seguido de uno limo arcilloso hasta los 1.60 m de profundidad.

Área 3

Esta zona está ubicada dentro de las instalaciones del CONALEP "El Zarco". La estratigrafía de esta zona es similar a la del área 2. Encontrando el estrato limo arenoso de 0.00 a 0.30 m y el estrato limo arcilloso de 0.30 a 0.60 m.

Área 4

Esta zona se localiza a un costado de la presa, y la estratigrafía identificada corresponde al tipo de suelo limo arenoso de 0.00 a 0.50 m y de 0.50 a 1.70 m se identificó el estrato limo arcilloso.

Área 5

Esta zona corresponde al cauce del arroyo que atraviesa las áreas 2 y 3 y que desemboca en la presa. La estratigrafía en la zona es similar a la descrita anteriormente para las áreas 2, 3 y 4. Sin embargo, el estrato limo arenoso se identificó de 0.00 a 0.30 m y el estrato limo arcilloso de 0.30 a 0.50 m.

Como se puede observar el perfil estratigráfico de la zona, es homogéneo en cada una de las zonas afectadas. En la siguiente figura se muestra la estratigrafía general de la zona afectada.

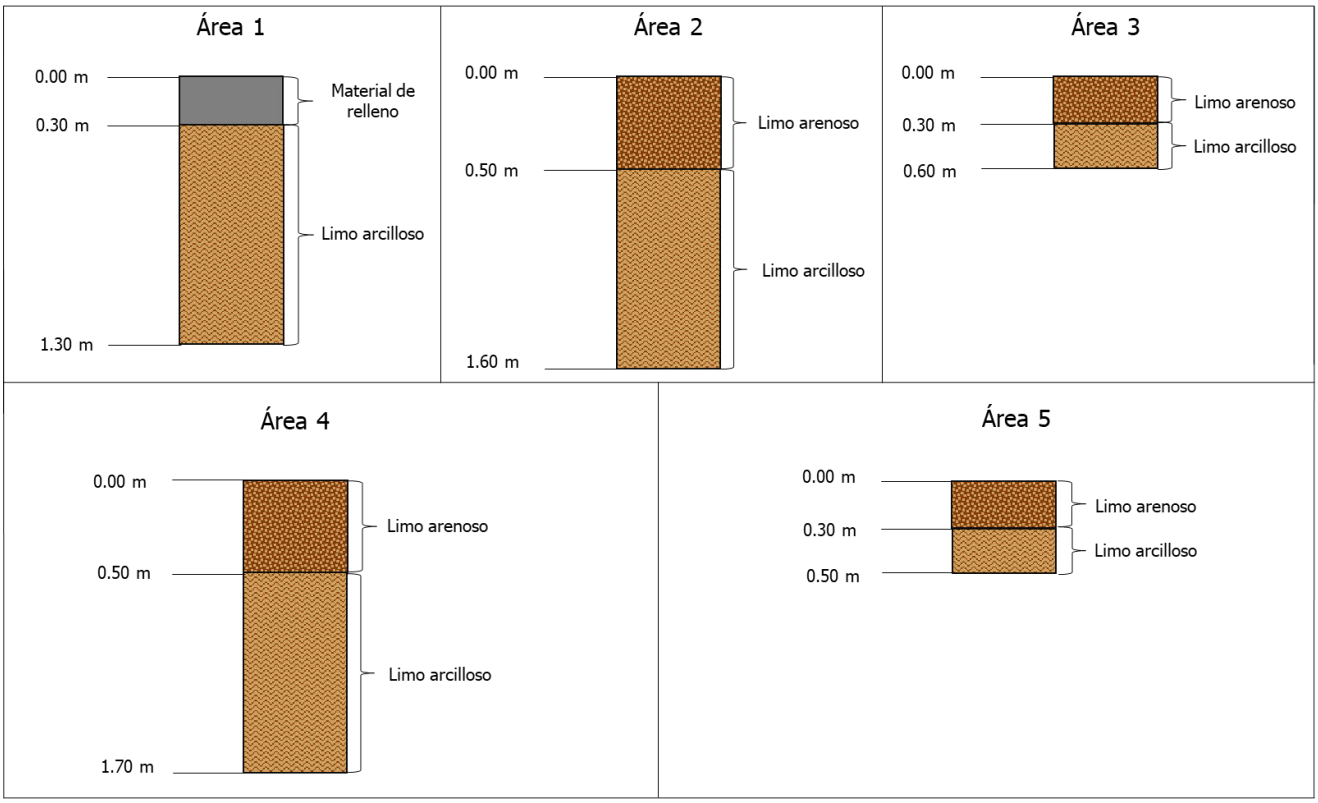


Figura 8. Perfil estratigráfico de las zonas de estudio.

7.4 Toma de muestras de suelo y resultados de análisis de laboratorio

Se realizó la toma de 94 muestras de suelo para el análisis en el laboratorio de HFL, BTEX's, HFP y HAP's. De estas, 88 fueron tomadas en las zonas identificadas como afectadas con el objetivo de delimitar la pluma contaminante. Las 6 muestras restantes, se tomaron dentro las celdas de confinamiento temporal para su caracterización.

En los siguientes apartados se muestran los resultados obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio a las muestras de suelo. Para lo anterior, se diferenciaron las muestras de suelo como se muestra a continuación:

- *Suelo en sitio: muestras correspondientes a las 5 áreas identificadas*
- *Suelo en celdas: muestras en las celdas de confinamiento temporal*

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las muestras tomadas para las determinaciones en el laboratorio de los parámetros.

Tabla 10. Ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas UTM

Tipo de muestra	HFL/BTEX's	HFP/HAP's	Total de muestras
Suelo en sitio	82	6	88
Suelo celdas	6		6
			94

7.4.1 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's en muestras de suelo en sitio

De los resultados de análisis de laboratorio para la determinación de HFL y BTEX's, que se realizó a las 82 muestras de suelo obtenidas de los 50 puntos de muestreo en las cinco áreas afectadas, a las profundidades de 0.15, 0.30, 1.00, 1.20, 1.30, 1.60 y 1.70 m, se presenta lo siguiente.

Tabla 11. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de suelo en sitio tomadas a 0.15, 0.30, 1.00, 1.20, 1.30, 1.60 y 1.70 m

UBICACIÓN	No.	Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
			LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
ÁREA 1	P-1	1.00	2,741.37	< L.C.	1.91	5.61	8.68
		1.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-2	1.00	1,923.65	< L.C.	5.81	6.45	7.57
		1.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-3	1.00	2,314.56	< L.C.	2.35	5.12	3.68
		1.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-4	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-5	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-6	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-6 D	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-7	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 2	P-8	1.20	1,554.69	< L.C.	3.25	1.36	1.98
		1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-9	1.20	2,678.98	< L.C.	3.21	2.32	3.75
		1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-10	1.20	2,548.56	< L.C.	7.87	2.36	< L.C.
		1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-11	1.20	1,968.32	< L.C.	1.65	1.32	< L.C.
		1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-11 D	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-12	1.20	1,798.65	< L.C.	6.87	4.36	3.94
		1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-13	1.20	2,945.65	< L.C.	5.68	2.53	< L.C.
		1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-14	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-15	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P 16	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P 17	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 3	P-18	0.15	1,765.64	< L.C.	1.78	2.45	< L.C.
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-18 D	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-19	0.15	1,963.54	< L.C.	1.65	1.53	3.69
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-20	0.15	2,798.65	< L.C.	6.97	1.87	7.10
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-21	0.30	2,634.58	< L.C.	3.78	2.36	8.77

UBICACIÓN	No.	Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
			LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
		0.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-22	0.30	2,783.65	< L.C.	1.83	2.54	5.58
		0.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-23	0.30	2,147.45	< L.C.	1.65	3.65	< L.C.
		0.30 D	2,201.34	< L.C.	1.57	3.78	< L.C.
		0.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-24	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-25	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-26	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-27	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-28	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-29	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-30	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 4	P-31	1.30	2,987.45	< L.C.	8.35	9.61	3.12
		1.70	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-31 D	1.70	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-32	1.30	2,689.65	< L.C.	3.86	8.45	5.21
		1.70	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-33	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-34	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-35	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-36	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 5 Cauce del Arroyo	P-37	0.15	2,456.97	< L.C.	1.23	7.65	3.15
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-38	0.15	2,796.98	< L.C.	2.65	8.12	< L.C.
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-39	0.15	2,165.35	< L.C.	2.87	5.36	3.85
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-40	0.15	2,365.45	< L.C.	2.64	4.12	< L.C.
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-40 D	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-41	0.15	1,897.65	< L.C.	2.97	2.51	4.80
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-42	0.15	1,587.96	< L.C.	3.96	2.91	< L.C.
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-43	0.15	2,945.67	< L.C.	4.58	2.12	< L.C.
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-44	0.15	2,873.61	< L.C.	1.65	3.45	3.52

UBICACIÓN	No.	Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
			LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
		0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-45	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-46	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-47	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-48	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-49	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-50	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-50 D	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
Simbología							
	Muestra duplicada						
	Muestra con valores mayores al LMP para HFL (200 mg/kg)						

7.4.1.1 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 1

En el Área 1.- Dentro de la zona afectada se ubicaron 3 Pozos de Muestreo (P-1, P-2 y P-3) para la toma de 2 muestras en cada pozo a las profundidades de 1.00 m y 1.30 m, para un total de 6 muestras. Para delimitar la zona afectada, se ubicaron 5 Pozos de Muestreo para la toma de 1 muestra en cada pozo a la profundidad de 0.30m. A todas las muestras se les determino Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, observándose lo siguiente:

a) De los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera, en las 6 muestras simples obtenidas dentro de la zona afectada (2 por pozo de muestreo), se observa que a la profundidad de 1.00 m se reportan concentraciones mayores al LMP (200 mg/kg) con valores de 1,923.65, 2,314.56 y 2,741.37 mg/kg para los pozos P-1, P-2 y P-3 respectivamente. En las 3 muestras tomadas a la profundidad de 1.30 m para cada pozo de muestreo, se reportan concentraciones menores al límite de cuantificación (<L.C.).

b) De las 5 muestras (4 simples y 1 duplicada) que se tomaron a 0.30 m para delimitar la zona afectada (Pozos de Muestreo P-4, P-5, P-6 y P-7), todas reportaron concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera, menores al límite de cuantificación (<L.C.).

c) Los resultados de los análisis para determinar BTEX, realizados a las 11 muestras de suelo (10 simples y 1 duplicada) provenientes de los pozos P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6 y P-7 correspondientes al área 1, tomadas a diferentes profundidades (0.30, 1.00 y 1.30 m), reportan que solo en 3 de ellas se detectó presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos. Sin embargo, en todos los casos, estos compuestos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal; tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 12. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 1.

Ubicación	No.	UTM		Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		X	Y		LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
ÁREA 1	P-1	462874.277	2133410.647	1.00	**2,741.37**	< L.C.	1.91	5.61	8.68
		462874.277	2133410.647	1.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-2	462876.229	2133406.424	1.00	**1,923.65**	< L.C.	5.81	6.45	7.57
		462876.229	2133406.424	1.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-3	462883.817	2133412.525	1.00	**2,314.56**	< L.C.	2.35	5.12	3.68
		462883.817	2133412.525	1.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-4	462886.969	2133414.041	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-5	462881.672	2133407.201	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-6	462871.052	2133406.503	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-6 D	462871.052	2133406.503	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-7	462877.516	2133415.115	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

Simbología	
	Muestra con valores mayores al LMP para HFL (200 mg/kg)

La siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en el Área 1 a 1.00 m de profundidad que reportan concentraciones mayores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

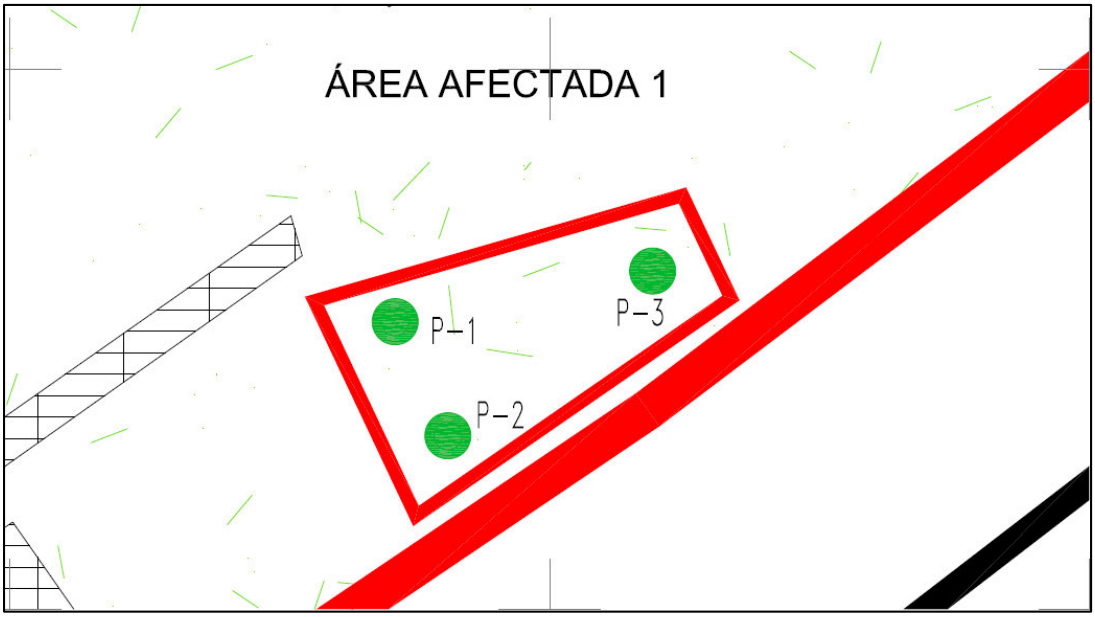


Figura 9. Ubicación de los puntos de muestreo que reportan concentraciones que sobrepasan los LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el Área 1.

7.4.1.2 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 2

En el Área 2.- Dentro de la zona afectada se ubicaron 6 Pozos de Muestreo (P-8, P-9, P-10, P-11, P-12 y P-13) para la toma de 2 muestras en cada pozo a las profundidades de 1.20 m y 1.60 m, para un total de 12 muestras. Para delimitar la zona afectada, se ubicaron 4 Pozos de Muestreo (P-14, P-15, P-16 y P-17) para la toma de 1 muestra en cada pozo a la profundidad de 0.30 m. A todas las muestras se les determino Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, observándose lo siguiente:

d) Dentro de la zona contaminada, aparte de las 12 muestras simples se tomó 1 adicional en el Pozo P-11 a la Profundidad de 1.60 m.
e) Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera, en las 13 muestras (12 simples y 1 duplicado) obtenidas dentro de la zona afectada (2 por pozo de muestreo), se observa que a la profundidad de 1.20 m se reportan concentraciones mayores al LMP (200 mg/kg) con valores de 1,554.69 (P-8), 1,798.65 (P-12), 1,968.32 (P-11), 2,548.56 (P-10), 2,678.98 (P-9) y 2,945.65 (P-13) mg/kg. En las 7 (6 simples y 1 duplicada) muestras tomadas a la profundidad

de 1.60 m para cada pozo de muestreo, se reportan concentraciones menores al límite de cuantificación (<L.C.).

f) Los resultados de los análisis para determinar BTEX, realizados a las 17 muestras de suelo en sitio correspondientes al área 2 (16 simples y 1 duplicada), provenientes de los 10 Pozos de Muestreo, y que fueron tomadas a diferentes profundidades (0.30, 1.20 y 1.60 m), reportan que solo en los 6 pozos de muestreo ubicados dentro del área contaminada (P-8, P-9, P-10, P-11, P-12 y P-13), se reportó a la profundidad de 1.20 m presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos. Sin embargo, en todos los casos estos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal;

g) En los 4 Pozos de Muestreo para delimitar el área, no se reporta ni Hidrocarburos Fracción Ligera ni BTEX, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 2.

Ubicación	No.	UTM		Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		X	Y		LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
ÁREA 2	P-8	462771.600	2133423.778	1.20	1,554.69	< L.C.	3.25	1.36	1.98
		462771.600	2133423.778	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-9	462783.337	2133418.989	1.20	2,678.98	< L.C.	3.21	2.32	3.75
		462783.337	2133418.989	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-10	462767.812	2133417.558	1.20	2,548.56	< L.C.	7.87	2.36	< L.C.
		462767.812	2133417.558	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-11	462774.046	2133408.190	1.20	1,968.32	< L.C.	1.65	1.32	< L.C.
		462774.046	2133408.190	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-11 D	462774.046	2133408.190	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-12	462758.242	2133405.559	1.20	1,798.65	< L.C.	6.87	4.36	3.94
		462758.242	2133405.559	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-13	462765.324	2133395.865	1.20	2,945.65	< L.C.	5.68	2.53	< L.C.
		462765.324	2133395.865	1.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-14	462775.884	2133403.252	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-15	462758.602	2133399.710	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P 16	462760.643	2133418.467	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P 17	462779.486	2133423.384	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		Muestra con valores mayores al LMP para HFL (200 mg/kg)							

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en el Área 2 en los cuales se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.20 m de profundidad con concentraciones superiores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

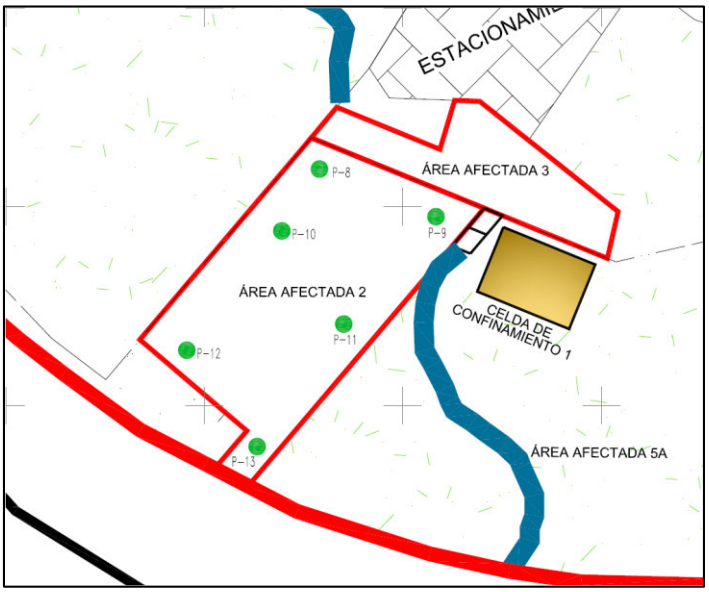


Figura 10. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el Área 2.

7.4.1.3 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 3

En el Área 3.- Dentro de la zona afectada se ubicaron 6 Pozos de Muestreo (P-18, P-19, P-20, P-21, P-22 y P-23) para la toma de 2 muestras en cada pozo. El área 3 presenta 2 profundidades de afectación, una sección hasta 0.20 m y la otra sección hasta 0.50 m, tomándose muestras a las profundidades de 0.15 m y 0.30 m en la primera sección (Pozos P-18, P-19 y P-20) y de 0.30 m y 0.60 m en la segunda sección (Pozos P-21, P-22 y P-23), para un total de 12 muestras, donde adicionalmente se tomaron 2 muestras duplicadas para un total de 14. Para delimitar la zona afectada, se ubicaron 7 Pozos de Muestreo (P-24, P-25, P-26, P-27, P-28, P-29 y P-30) para la toma de 1 muestra en cada pozo a la profundidad de 0.30 m. A todas las muestras se les determino Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, observándose lo siguiente:

h) De los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera, se observa que en los pozos P-18, P-19, P-20 a la profundidad de 0.15 m, ubicados dentro de la zona afectada, se reportan concentraciones mayores al LMP (200 mg/kg) con valores de 1,765.64, 1,963.54 y 2,798.65 mg/kg. No detectándose presencia del contaminante en las muestras tomadas a 0.30 m de profundidad en estos pozos.

i) En los pozos P-21, P-22 y P-23, ubicados dentro de la zona afectada, a la profundidad de 0.30 m, se reportan concentraciones mayores al LMP (200 mg/kg) con valores de 2,634.58, 2,783.65 y 2,147.45 mg/kg respectivamente, donde además en 1 muestra duplicada en el P-23 también se reporta 2,201.34 mg/kg. No detectándose presencia del contaminante en las muestras tomadas a 0.60 m de profundidad en estos pozos.

j) En las muestras que tienen Hidrocarburos Fracción Ligera por arriba de los LMP, también se reporta presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos. Sin embargo, en todos los casos estos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal;

k) En los 7 Pozos de Muestreo para delimitar el área, no se reporta Hidrocarburos Fracción Ligera ni BTEX, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 14. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 3.

Ubicación	No.	UTM		Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		X	Y		LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
ÁREA 3	P-18	462773.704	2133427.571	0.15	1,765.64	< L.C.	1.78	2.45	< L.C.
		462773.704	2133427.571	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-18 D	462773.704	2133427.571	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-19	462785.847	2133421.843	0.15	1,963.54	< L.C.	1.65	1.53	3.69
		462785.847	2133421.843	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-20	462799.414	2133416.918	0.15	2,798.65	< L.C.	6.97	1.87	7.10
		462799.414	2133416.918	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-21	462795.345	2133421.204	0.30	2,634.58	< L.C.	3.78	2.36	8.77
		462795.345	2133421.204	0.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-22	462790.467	2133424.351	0.30	2,783.65	< L.C.	1.83	2.54	5.58
		462790.467	2133424.351	0.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-23	462786.766	2133428.832	0.30	2,147.45	< L.C.	1.65	3.65	< L.C.
	P-23 D	462786.766	2133428.832	0.30	2,201.34	< L.C.	1.57	3.78	< L.C.
	P-23	462786.766	2133428.832	0.60	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-24	462771.030	2133429.629	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-25	462791.241	2133417.875	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

Ubicación	No.	UTM		Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		X	Y		LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
	P-26	462800.911	2133413.317	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-27	462802.640	2133416.894	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-28	462797.353	2133426.565	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-29	462783.203	2133428.955	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-30	462775.756	2133430.820	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

Muestra dentro del área | Muestra delimitante | Muestra con valores mayores al LMP

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en el Área 3 en los cuales se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera con concentraciones superiores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal. A 0.15 m de profundidad los puntos de muestreo P-18 a P-20 y a 0.30 m de profundidad los puntos de muestreo P-21 a P-23.

Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el Área 3.

7.4.1.4 Resultados de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de análisis de las muestras del Área 4

En el Área 4.- Dentro de la zona afectada se ubicaron 2 Pozos de Muestreo (P-31 y P-32) para la toma de 2 muestras en cada pozo a las profundidades de 1.30 m y 1.70 m, para un total de 4 muestras simples, más 1 duplicada (en total 5 muestras). Para delimitar la zona afectada, se ubicaron 4 Pozos de Muestreo (P-33, P-34, P-35 y P-36), para la toma de 1 muestra en cada pozo a la profundidad de 0.30 m. A todas las muestras se les determino Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, observándose lo siguiente:

l) De los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera, se observa que en los pozos P-31 y P-32 a la profundidad de 1.30 m, se reportan concentraciones mayores al LMP (200 mg/kg) con valores de 2,987.45 y 2,689.65 mg/kg. No detectándose presencia del contaminante en las muestras tomadas a 1.70 m de profundidad en estos pozos.

m) En las muestras que tienen Hidrocarburos Fracción Ligera por arriba de los LMP, también se reporta presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos. Sin embargo, en todos los casos estos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal;

n) En los 4 Pozos de Muestreo para delimitar el área, no se reporta Hidrocarburos Fracción Ligera ni BTEX, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 15. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 4.

UBICACIÓN	No.	UTM		Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		X	Y		LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
ÁREA 4	P-31	462674.173	2133519.014	1.30	2,987.45	< L.C.	8.35	9.61	3.12
		462674.173	2133519.014	1.70	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-31 D	462674.173	2133519.014	1.70	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-32	462679.875	2133522.259	1.30	2,689.65	< L.C.	3.86	8.45	5.21
		462679.875	2133522.259	1.70	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-33	462676.228	2133524.350	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-34	462682.626	2133523.233	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-35	462680.274	2133517.924	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-36	462670.626	2133517.065	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

Muestra dentro del área	Muestra delimitante	Muestra con valores mayores al LMP

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo en los que se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.30 m de profundidad en el área 4, con concentraciones superiores a los 200 mg/kg establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

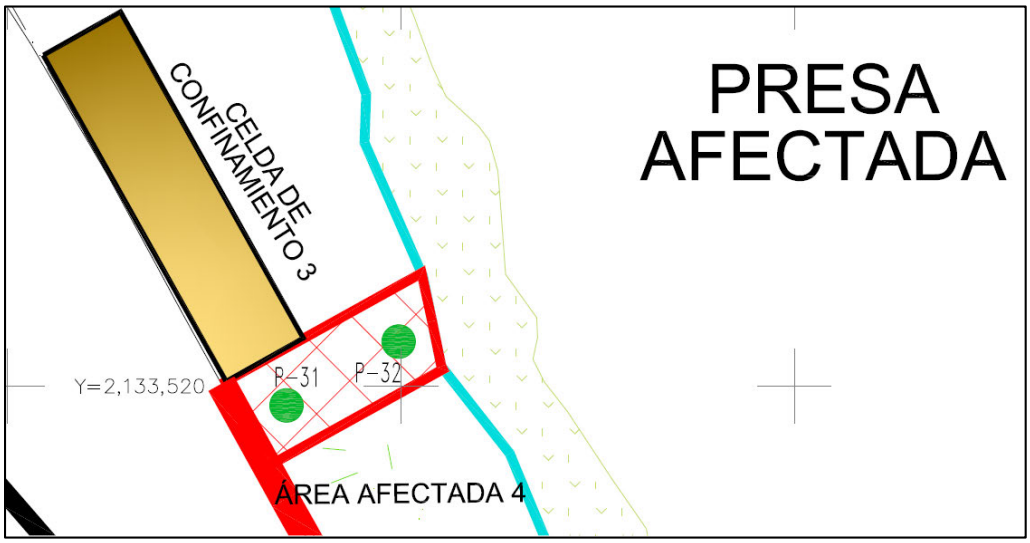


Figura 12. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el área 4.

7.4.1.5 Resultados de análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's de las muestras del Área 5

En el Área 5, que corresponde al Cauce del Arroyo, se ubicaron 8 Puntos de Muestreo en el área afectada (P-37, P-38, P-39, P-40, P-41, P-42, P-43 y P44) para la toma de 2 muestras en cada pozo a la profundidad de 0.15 m y 0.30 m, para un total de 16 muestras simples, más 1 duplicado (17 muestras en total). Para delimitar la zona afectada, se ubicaron 6 Pozos de Muestreo (P-45, P-46, P-47, P-48, P-49 y P-50), para la toma de 1 muestra en cada pozo a la profundidad de 0.30 m. A todas las muestras se les determino Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, observándose lo siguiente:

o) De los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera, se observa que en los pozos P-37, P-38, P-39, P-40, P-41, P-42, P-43 y P44, a la profundidad de 0.15 m, se reportan concentraciones mayores al LMP (200 mg/kg) con valores de 2,456.97, 2,796.98, 2,165.35, 2,365.45,

1,897.65, 1,587.96, 2,945.67 y 2,873.61 mg/kg. No detectándose presencia del contaminante en las muestras tomadas a 0.30 m de profundidad en estos pozos.

p) En las muestras que tienen Hidrocarburos Fracción Ligera por arriba de los LMP, también se reporta presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos. Sin embargo, en todos los casos estos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un Uso de Suelo Agrícola y Forestal;

q) En los 6 Pozos de Muestreo para delimitar el área, no se reporta Hidrocarburos Fracción Ligera ni BTEX, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 16. Resultados de análisis de laboratorio para Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's a muestras de suelo en sitio correspondientes al Área 5.

UBICACIÓN	No.	UTM		Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		X	Y		LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
ÁREA 5 Cauce del Arroyo	P-37	462793.931	2133386.418	0.15	2,456.97	< L.C.	1.23	7.65	3.15
		462793.931	2133386.418	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-38	462783.282	2133405.874	0.15	2,796.98	< L.C.	2.65	8.12	< L.C.
		462783.282	2133405.874	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-39	462757.154	2133444.042	0.15	2,165.35	< L.C.	2.87	5.36	3.85
		462757.154	2133444.042	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-40	462742.736	2133467.695	0.15	2,365.45	< L.C.	2.64	4.12	< L.C.
		462742.736	2133467.695	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-40 D	462742.736	2133467.695	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-41	462740.937	2133466.127	0.15	1,897.65	< L.C.	2.97	2.51	4.80
		462740.937	2133466.127	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-42	462757.703	2133442.121	0.15	1,587.96	< L.C.	3.96	2.91	< L.C.
		462757.703	2133442.121	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-43	462781.299	2133406.938	0.15	2,945.67	< L.C.	4.58	2.12	< L.C.
		462781.299	2133406.938	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-44	462791.856	2133387.223	0.15	2,873.61	< L.C.	1.65	3.45	3.52
		462791.856	2133387.223	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-45	462790.612	2133389.902	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-46	462771.549	2133437.442	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-47	462738.379	2133470.496	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-48	462741.570	2133473.222	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-49	62774.451	2133441.051	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-50	462795.896	2133389.407	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-50 D	462795.896	2133389.407	0.30	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

Muestra dentro del área | Muestra delimitante | Muestra con valores mayores al LMP

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los puntos de muestreo donde se tomaron muestras de suelo a 0.15 m de profundidad en el área 5, donde los resultados de los análisis

de laboratorio reportaron concentraciones mayores a 200 mg/kg de Hidrocarburos Fracción Ligera (establecidos como el Límite Máximo Permisible en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012).

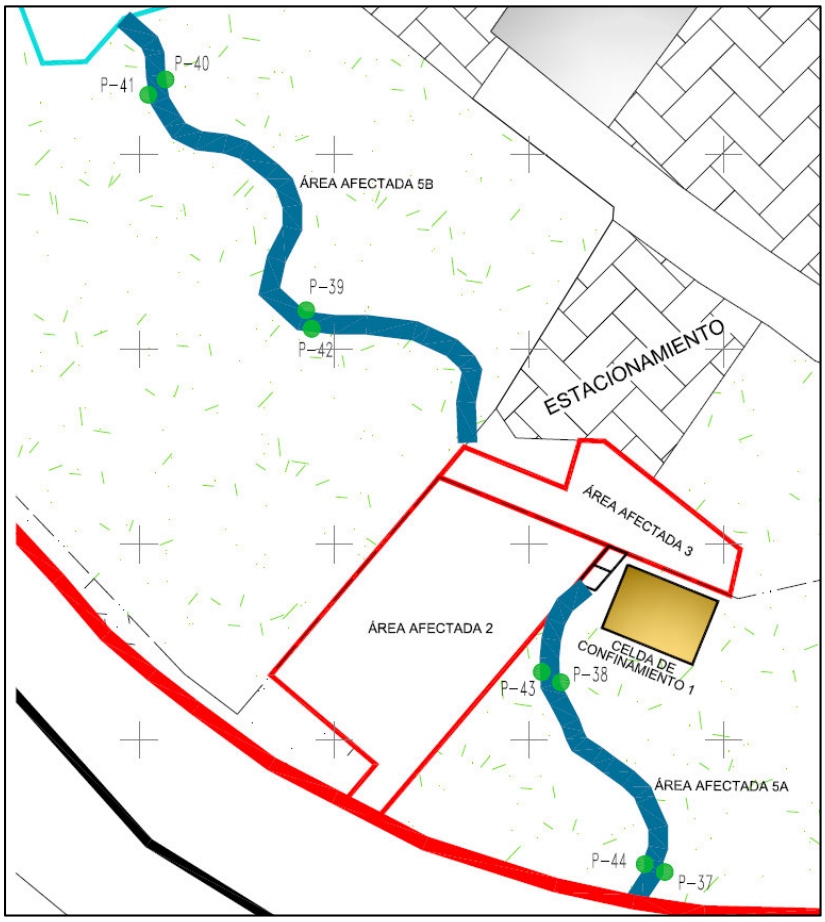


Figura 13. Ubicación de los puntos de muestreo que presentan concentraciones mayores al LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para HFL en el área 5.

7.4.2 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Pesada y HAP's en muestras de suelo en sitio

Se realizó la toma de una muestra de suelo en cada una de las cinco zonas identificadas como afectadas (Área 1, 2, 3, 4 y 5), y donde se llevaron a cabo los trabajos para el retiro de la capa superficial del suelo afectadas por el aceite de chapopote, para verificar si aún existe contaminación en estas por la presencia de HFP y/o HAP's. Se ubicaron 5 puntos de muestreo en las zonas afectadas a diferentes profundidades de acuerdo a la zona a evaluar, tal como se puede apreciar en la tabla 17, donde se reporta que no se detectó presencia de

HFP ni HAP's. Los análisis de Hidrocarburos de Fracción Pesada y HAP's se realizaron por los métodos NMX-AA-134-SCFI-2006 y NMX-AA-146-SCFI-2008 respectivamente.

Se anexa el reporte de los análisis del laboratorio acreditado (ANEXO I). Cabe aclarar que el contaminante principal es Gasolina (HFL), pero debido a el lavado ocasionado por el derrame de esta en la carpeta asfáltica y que ocasiono la extracción de aceite del chapopote el cual también escurrió hacia la zona afectada, también se realizó el análisis de HFP y HAP's.

Tabla 17. Resultados de los análisis de laboratorio de HFP y HAP's en muestras de suelo en sitio tomadas a 0.15, 0.30, 1.00 y 1.20 m.

Zona	No.	Profundidad (m)	HFP	Benzo(a) pireno	Dibenzo(a,h) antraceno	Benzo(a) antraceno	Benzo(b) fluoranteno	Benzo(k) fluoranteno	Indeno(1,2-3-cd) pireno
			LMP 3000 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 8 mg/kg	LMP 2 mg/kg
ÁREA 1	P-1A	1.00	2,432.47	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 2	P-8A	1.20	2,136.45	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 3	P-18A	0.15	1,532.45	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 4	P-31A	1.30	1,645.78	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
ÁREA 5	P-37A	0.15	1,847.23	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-37A D	0.15	1,784.65	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

Simbología	
	Muestra duplicada
	Muestra con valores mayores al LMP

7.4.3 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX's en muestras de suelo en celdas

Se construyeron 5 celdas de almacenamiento temporal para el material impregnado de hidrocarburos (suelo y maleza), extraído y retirado de las zonas afectadas, como parte de las actividades de atención a la emergencia.

Se tomó una muestra a 0.50 m de profundidad en cada una de las celdas para conocer la concentración de hidrocarburos y poder realizar posteriormente su saneamiento. Las 5 muestras reportaron concentraciones mayores al LMP establecido para Hidrocarburos Fracción Ligera. En cuanto a los resultados de las determinaciones de BTEX, todas las muestras reportan presencia de Tolueno, Etilbenceno y Xilenos, sin embargo, estas son

menores a los límites máximos permisibles para estos compuestos. Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 18. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX's en las muestras tomadas a 0.50 m en suelo en celdas.

Zona	No.	Profundidad (m)	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
			LMP 200 mg/kg	LMP 6 mg/kg	LMP 40 mg/kg	LMP 10 mg/kg	LMP 40 mg/kg
CELDA 1	P.51	0.50	2,934.87	< L.C.	8.69	9.45	4.81
CELDA 2	P-52	0.50	2,763.12	< L.C.	6.87	9.12	3.72
CELDA 3	P-53	0.50	2,865.45	< L.C.	5.34	6.45	5.90
CELDA 4	P-54	0.50	2,346.54	< L.C.	8.97	8.45	6.57
CELDA 5	P-55	0.50	2,498.12	< L.C.	7.83	8.67	5.13
	P-55 D	0.50	2,465.45	< L.C.	8.98	7.94	4.30
	Muestra con valores mayores al LMP						

7.4.4 Resultados de laboratorio para determinar Hidrocarburos Fracción Pesada y HAP's en muestras de suelo en celdas

Los resultados obtenidos a los análisis de HFP y HAP's reportan concentraciones superiores al límite máximo permisible establecido de 3,000 mg/kg por la normatividad para Hidrocarburos Fracción Pesada; con concentraciones que van desde los 8,103.54 mg/kg hasta los 10,121.37 mg/kg. Los resultados reportados para los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) resultaron menores al límite de cuantificación (<L.C.). Lo anterior se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 19. Resultados de los análisis de laboratorio de HFP y HAP's en muestras tomadas a 0.50 m en suelo en celdas.

Zona	No.	Profun-didad (m)	HFP	Benzo(a) pireno	Dibenzo(a,h) antraceno	Benzo(a) antraceno	Benzo(b) fluoranteno	Benzo(k) fluoranteno	Indeno(1,2-3-cd) pireno
			LMP 3000 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 2 mg/kg	LMP 8 mg/kg	LMP 2 mg/kg
CELDA 1	P-51	0.50	8,856.56	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
CELDA 2	P-52	0.50	9,945.63	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
CELDA 3	P-53	0.50	8,103.54	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
CELDA 4	P-54	0.50	10,121.37	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
CELDA 5	P-55	0.50	8,456.31	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P-55 D	0.50	8,236.54	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	Muestra con valores mayores al LMP								

7.5 Toma de muestras de agua en la zona identificada como afectada y resultados de análisis de laboratorio de la determinación de HFL, BTEX, HFP y HAP's

Debido a que la contaminación en el sitio resultante del derrame de gasolina (HFL y BTEX's) y el arrastre de aceite producto del lavado de la carpeta asfáltica (HFP y HAP's), involucró cuerpos de agua; se realizó un muestreo de la represa para evaluar si existe la presencia de estos contaminantes, aún después de haber realizado las actividades de limpieza de atención a la emergencia (ANEXO A).

Los resultados obtenidos de estos análisis reportaron concentraciones menores al límite detección de estos contaminantes en las dos muestras tomadas en la laguna, ML-P1 y ML-P2. Lo anterior se puede observar en las tablas siguientes.

Cabe hacer la precisión de que en México no existe normatividad sobre contaminación por hidrocarburos en cuerpos de agua, de ello la importancia de que los resultados de los análisis de laboratorio reporten que no se haya detectado HFL, HFP, BTEX ni HAP´s.

Tabla 20. Resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en muestras de agua tomadas en la laguna.

Zona	No.	HFL	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xilenos
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
LAGUNA	ML-P1	< 0.200	< 0.030	< 0.10	< 0.20	< 0.50
	ML-P2	< 0.200	< 0.030	< 0.10	< 0.20	< 0.50

Tabla 21. Resultados de los análisis de laboratorio de HFP y HAP's en muestras de agua tomadas en la laguna.

Zona	No.	HFP (mg/L)	Benzo(a) pireno (mg/L)	Dibenzo(a,h) antraceno (mg/L)	Benzo(a) antraceno (mg/L)	Benzo(b) fluoranteno (mg/L)	Benzo(k) fluoranteno (mg/L)	Indeno(1,2-3-cd) pireno (mg/L)	Benzo (g,h,i) Pirileno (mg/L)
LAGUNA	ML-P1	< 5.00	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
	ML-P2	< 5.00	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10

Zona	No.	Criseno (mg/L)	Naftaleno (mg/L)	Acenaftileno (mg/L)	Acenafteno (mg/L)	Fluoreno (mg/L)	Fenantreno (mg/L)	Antraceno (mg/L)	Fluoranteno (mg/L)	Pireno (mg/L)
LAGUNA	ML-P1	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
	ML-P2	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10

7.6 Integración y análisis de los resultados de laboratorio

De los resultados obtenidos del análisis de laboratorio realizado a 88 muestras de suelo (80 simples y 8 duplicadas) para determinar presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, provenientes de las cinco áreas identificadas como afectadas y obtenidas a diferentes profundidades, se resume lo siguiente:

1. De los 50 puntos de muestreo establecidos en la zona de estudio, 25 fueron ubicados dentro de las áreas identificadas como afectadas y los 25 restantes se ubicaron para la delimitación de estas zonas.
2. En los 25 puntos de muestreo correspondientes a las cinco áreas contaminadas, se analizaron 60 muestras de suelo (54 simples y 6 duplicadas), observando que en las áreas identificadas como afectadas, en las muestras de primer nivel (0.15 m) los análisis reportan Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) que sobrepasan de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de 200 mg/kg, y de las muestras de fondo, en todos los casos se reportan concentraciones de HFL menores a los LMP.
3. Tomando como base la profundidad de infiltración de la gasolina en el subsuelo que se identificó con los trabajos de campo, y que se tomaron como base para establecer las muestras de profundidad y las muestras de fondo, los cuales correspondían a cada zona de la siguiente forma:

Zona	Profundidad de Infiltración
1	1.20 m
2	1.50 m
3 (Canal)	0.20 m
3	0.50 m
4	1.60 m
5	0.20 m

Con base en lo anterior, de forma particular por cada zona se observa lo siguiente:

a) **Área 1.-** Todos los puntos de muestreo de esta zona (P-1 a P-3) presentan HFL fuera de norma hasta 1.00 m de profundidad, con concentraciones que van de 1,923.65 a 2,741.37 mg/kg. En las 3 muestras se detectó presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos; sin embargo, en todos los casos, estos compuestos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012. En las 3

muestras tomadas a la profundidad de 1.30 m para cada pozo de muestreo, se reportan tanto para HFL como para BTEX, concentraciones menores al límite de cuantificación (<L.C.). Lo que concuerda con la profundidad máxima de 1.20 m en que en los trabajos de campo en la que ya no se detectó la presencia del hidrocarburo.

b) **Área 2.-** Los puntos de muestreo ubicados en esta área (P-8 a P13) reportan concentraciones de HFL fuera de norma a los 1.20 m de profundidad, en concentraciones que van desde 1,554.69 hasta 2,945.65 mg/kg. En las 6 muestras se detectó presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos; sin embargo, en todos los casos, estos compuestos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012. En las 6 muestras tomadas a la profundidad de 1.60 m para cada pozo de muestreo, se reportan tanto para HFL como para BTEX, concentraciones menores al límite de cuantificación (<L.C.). Lo que concuerda con la profundidad máxima de 1.50 m en que en los trabajos de campo en la que ya no se detectó la presencia del hidrocarburo.

c) **Área 3.-** Para las muestras de profundidad ubicadas en esta área a 0.15 m (P-18 a P-20) y a 0.30 m (P-21 a P-23), se reportan concentraciones de HFL fuera de norma, con concentraciones que van hasta los 1,765.64 hasta 2,798.65 mg/kg. En todas las muestras se detectó presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos; sin embargo, en todos los casos, estos compuestos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012. En las 3 muestras de fondo tomadas a la profundidad de 0.30 m y las 3 de fondo de 0.60 m, se reportan tanto para HFL como para BTEX, concentraciones menores al límite de cuantificación (<L.C.). Lo que concuerda con la profundidad máxima de 0.20 m y 0.50 m en que respectivamente en los trabajos de campo ya no se detectó la presencia del hidrocarburo.

d) **Área 4.-** Los dos puntos de muestreo de esta zona (P-31 y P-32) presentan HFL fuera de norma a los 1.30 m de profundidad. Las muestras de estos puntos reportan concentraciones de 2,689.65 y 2,987.45 mg/kg. En las dos muestras se detectó presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos; sin embargo, en todos los casos, estos compuestos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012. En las 2 muestras de fondo tomadas a la profundidad de 1.70 m, se reportan tanto para HFL como para BTEX, concentraciones menores al

límite de cuantificación (<L.C.). En todas las muestras se detectó presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos; sin embargo, en todos los casos, estos compuestos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012. Lo que concuerda con la profundidad máxima de 1.60 m en que en los trabajos de campo ya no se detectó la presencia del hidrocarburo.

e) **Área 5.-** El muestreo realizado a los 8 puntos ubicados en esta zona (P-37 a P-44), a los 0.15 m de profundidad, reportan concentraciones que sobrepasan el LMP para HFL; con valores que van desde los 1,587.67 hasta los 2,945.67 mg/kg. Sin embargo, los resultados de las muestras de fondo a 0.30 m de profundidad se reportaron como <L.C. En todas las muestras se detectó presencia de Etilbenceno, Tolueno y Xilenos; sin embargo, en todos los casos, estos compuestos se encuentran por debajo de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012. Lo que concuerda con la profundidad máxima de 0.20 m en que en los trabajos de campo ya no se detectó la presencia del hidrocarburo.

4. En los 25 puntos de muestreo ubicados para la delimitación de las áreas contaminadas, se tomaron 27 muestras de suelo (25 simples y 2 duplicadas), a las que también se les realizo el análisis para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL), y en ninguna de ellas se detectó presencia del hidrocarburo. Tampoco se detectó presencia de BTEX en estas muestras.
5. Las 6 muestras tomadas en los cinco puntos de muestreo (P-1A, P-8A, P-18A, P-31A y P-37A), para analizar Hidrocarburos Fracción Pesada y HAP's en las cinco áreas afectadas, reportaron concentraciones menores al límite máximo permisible establecido para estos contaminantes.
6. Los puntos de muestreo ubicados en las celdas de confinamiento temporal (P-51 a P-55), realizados a 0.50 m de profundidad reportaron concentraciones superiores a los límites máximos permisibles establecidos para Hidrocarburos Fracción Ligera y Fracción Pesada. Por lo que se requerirá de un método de biorremediación por biopilas para el saneamiento del suelo contaminado dispuesto en estas.

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 el volumen de suelo contaminado de la pluma contaminante. Se anexan los planos con la modelación obtenida (ANEXO J).

Para el cálculo de las plumas de contaminación se consideraron las 5 zonas que se identificaron como afectadas y en donde se realizó la toma de muestras de suelo para su análisis en laboratorio. Estas fueron: Área 1, Área 2, Área 3, Área 4 y Área 5

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 existente
- La zona visible de contaminación
- La topografía del lugar
- Las pruebas de campo y sondeos iniciales realizados en el sitio (Muestras de fondo).

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. Para la consideración de la profundidad máxima de cada una de las áreas afectadas se tomó en cuenta los sondeos realizados en campo y los resultados de los análisis de laboratorio donde no reportaron concentraciones que sobrepasen los límites máximos permisibles en las muestras tomadas a mayor profundidad.

3. En cada zona, la profundidad de la pluma contaminante tuvo variación de acuerdo al nivel de penetración que presentó el hidrocarburo.
4. La simulación para el contaminante identificado (HFL), se realizó únicamente para las profundidades de muestras tomadas a las profundidades de 0.15 m (Área 3 y 5), 0.30 m (Área 3), 1.00 m (Área 1), 1.20 m (Área 2) y a 1.30 m (Área 4), ya que estas fueron las que reportaron concentraciones mayores al LPM establecido por la normatividad para Hidrocarburos Fracción Ligera.
5. No se realizó una modelación para los Hidrocarburos Fracción Pesada, debido a que las muestras que reportaron concentraciones mayores al valor establecido por la normatividad se encuentran dentro de las celdas de confinamiento temporal. Dichas celdas están construidas con una geomembrana lo que impide la migración del contaminante al suelo.

A continuación, se presenta la modelación de las plumas contaminantes a las profundidades correspondientes para cada una de las zonas identificadas en este estudio.

8.2 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 1

De acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo realizado a 1.00 m y 1.20 m de profundidad en el Área 1, se obtuvieron concentraciones superiores al LMP establecido por la normatividad en las muestras tomadas a 1.00 m, con valores que van de 1,923.65 mg/L a 2,741.3 mg/L. Las muestras tomadas a 1.20 m (muestras de fondo) reportan concentraciones de HFL menores al límite de cuantificación, por lo que no se consideraron para la modelación de la pluma contaminante. En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de HFL con las cuales se realizó la modelación.

Tabla 22. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.00 m de profundidad.

Zona	No.	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 1	P-1	1.00	2,741.37
	P-2	1.00	1,923.65
	P-3	1.00	2,314.56

A continuación, se presenta la modelación del Área 1 a 1.00 m de profundidad. Así como el área obtenida en esta y el cálculo del volumen. Para lo anterior, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial.

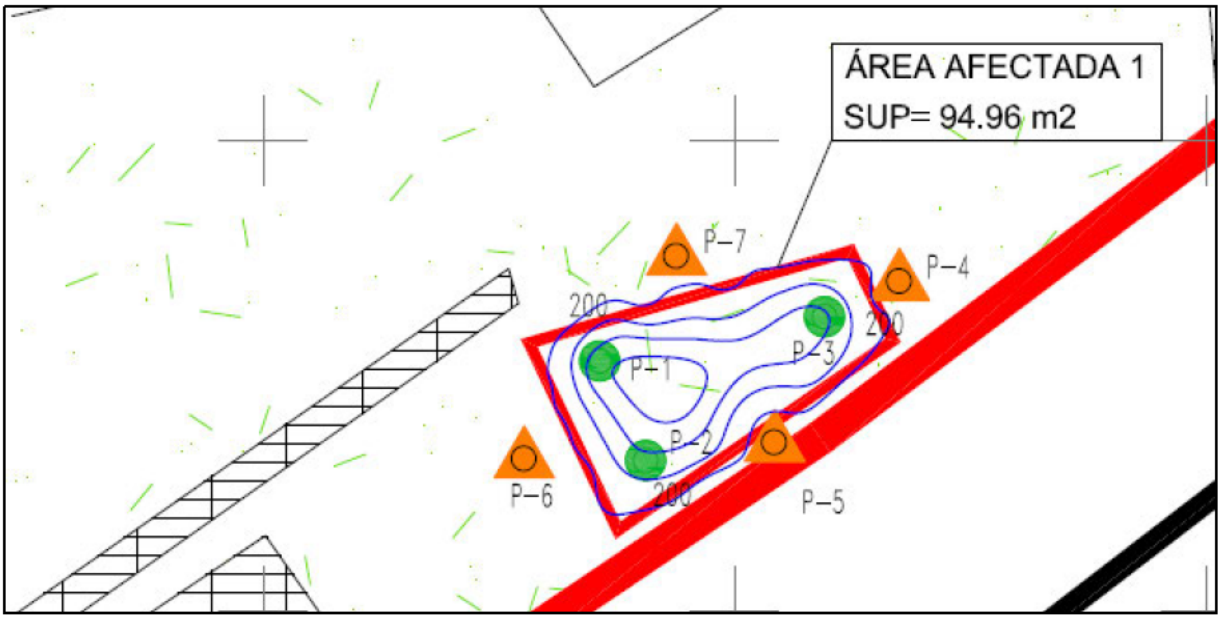


Figura 14. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 1 a 1.00 m de profundidad.

Tabla 23. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 1 a 1.20 m de profundidad.

Área afectada (m^2)	94.96
Profundidad toma de muestra (m)	1.00
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	1.20
Volumen afectado (m^3)	(94.96)(1.20)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL a en el Área 1 a 1.20 m	**113.95 m^3**

8.3 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 2

De acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo realizado a 1.20 m y 1.60 m de profundidad en el Área 2, se obtuvieron concentraciones superiores al LMP establecido por la normatividad en las muestras tomadas a 1.20 m, con valores que van de 1,554.69 mg/L a 2,945.65 mg/L. Las muestras tomadas a 1.60 m (muestras de fondo) reportan concentraciones de HFL menores al límite de cuantificación, por lo que no se consideraron para la modelación de la pluma contaminante. En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de HFL con las cuales se realizó la modelación.

Tabla 24. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.20 m de profundidad.

Zona	No.	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 2	P-8	1.20	1,554.69
	P-9	1.20	2,678.98
	P-10	1.20	2,548.56
	P-11	1.20	1,968.32
	P-12	1.20	1,798.65
	P-13	1.20	2,945.65

A continuación, se presenta la modelación del área 2 a 1.20 m de profundidad. Así como el área obtenida en esta y el cálculo del volumen. Para lo anterior, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial.

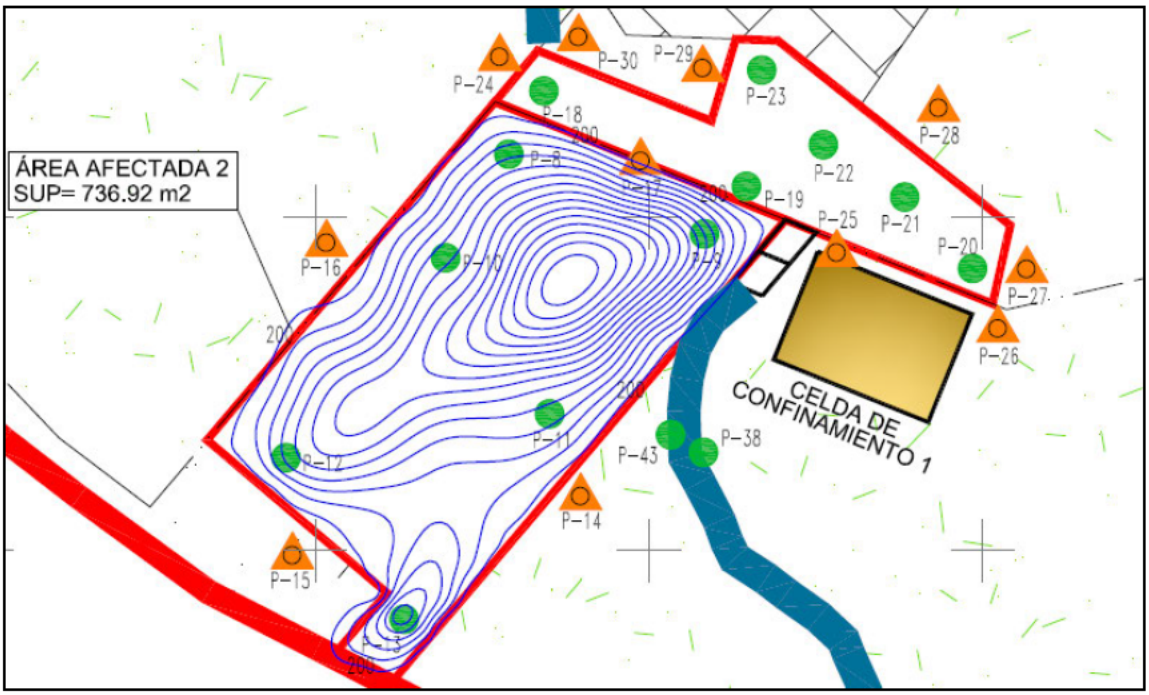


Figura 15. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 2 a 1.20 m de profundidad.

Tabla 25. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 2 a 1.50 m de profundidad.

Área afectada (m^2)	736.92
Profundidad toma de muestra (m)	1.20
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	1.50
Volumen afectado (m^3)	(736.92)(1.50)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL a en el Área 2 a 1.50 m	**1,105.38 m^3**

8.4 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 3

De acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo realizado a 0.15 m y 0.30 m de profundidad en el Área 3, se obtuvieron concentraciones superiores al LMP establecido por la normatividad en las muestras tomadas a 0.15 y 0.30 m, con valores que van de 1,765.64 mg/L a 2,798.65 mg/L y de 2,147.45 mg/L a 2,783.65 mg/L, respectivamente. En la

siguiente tabla se muestran las concentraciones de HFL con las cuales se realizó la modelación de pluma contaminante.

Tabla 26. Resultados de análisis de laboratorio de HFL a 0.15 y a 0.30 m de profundidad.

Zona	No.	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 3	P-18	0.15	1,765.64
	P-19	0.15	1,963.54
	P-20	0.15	2,798.65
	P-21	0.30	2,634.58
	P-22	0.30	2,783.65
	P-23	0.30	2,147.45
	P-23 D	0.30	2,201.34

A continuación, se presenta la modelación del área 3 a 0.15 y 0.30 m de profundidad. Así como el área obtenida en esta y el cálculo del volumen. Para lo anterior, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial.

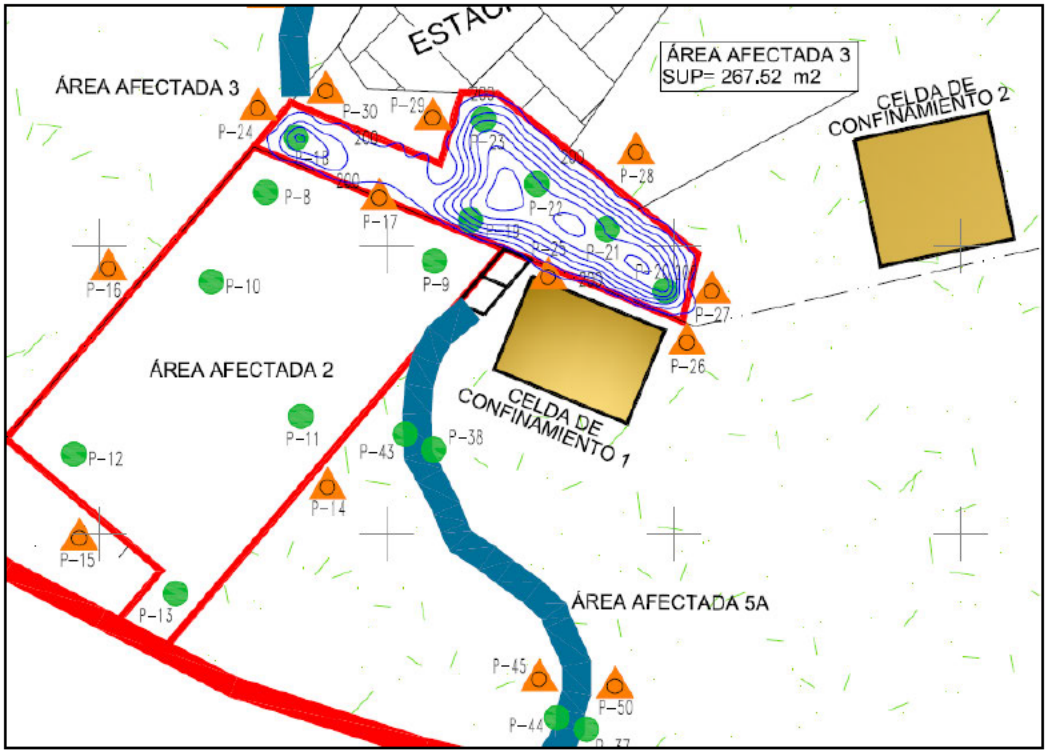


Figura 16. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 3 a 0.15 m de profundidad.

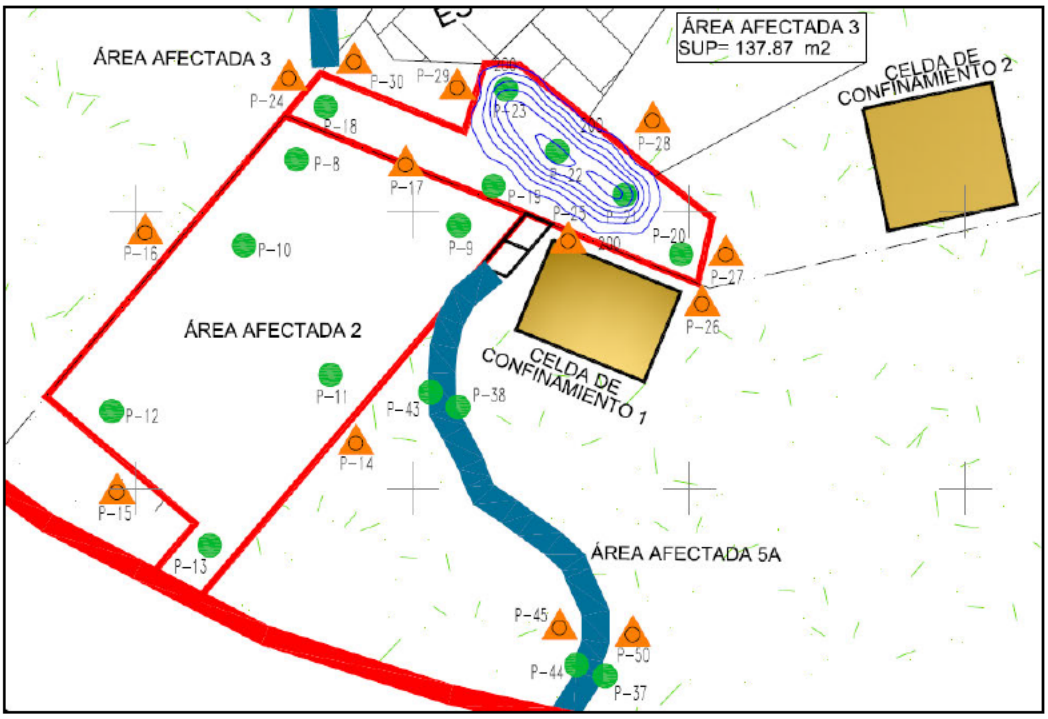


Figura 17. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 3 a 0.30 m de profundidad.

Tabla 27. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 3 a 0.20 y 0.50 m de profundidad.

Área afectada (m^2)	267.52	137.87
Profundidad toma de muestra (m)	0.15	0.30
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.20	0.50
Volumen afectado (m^3)	(267.52)(0.20)=	(137.87)(0.30)=
Volumen	53.50 m3	41.36 m3
Volumen total de suelo contaminado con HFL a en el Área 3	**94.86 m^3**	

8.5 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 4

De acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo realizado a 1.30 m y 1.70 m de profundidad en el Área 4, se obtuvieron concentraciones superiores al LMP establecido por la normatividad en las muestras tomadas a 1.30 m, con valores que van de 2,689.65 mg/L a 2,987.45 mg/L. Las muestras tomadas a 1.70 m (muestras de fondo) reportan concentraciones de HFL menores al límite de cuantificación, por lo que no se consideraron para la modelación de la pluma contaminante. En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de HFL con las cuales se realizó la modelación.

Tabla 28. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 1.30 m de profundidad.

Zona	No.	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 4	P-31	1.30	2,987.45
	P-32	1.30	2,689.65

A continuación, se presenta la modelación del área 4 a 1.30 m de profundidad. Así como el área obtenida en esta y el cálculo del volumen. Para lo anterior, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial.

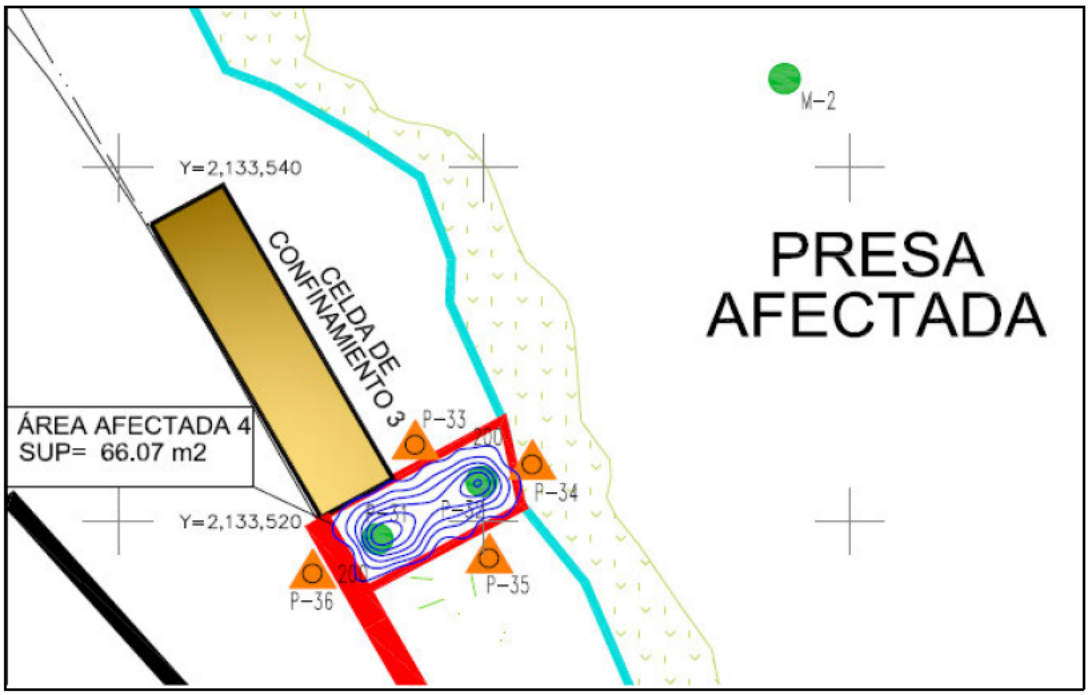


Figura 18. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 4 a 1.30 m de profundidad.

Tabla 29. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 4 a 1.60 m de profundidad.

Área afectada (m^2)	66.07
Profundidad toma de muestra (m)	1.30
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	1.60
Volumen afectado (m^3)	(66.07)(1.60)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL a en el Área 4 a 1.60 m	**105.71 m^3**

8.6 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el Área 5

De acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo realizado a 0.15 m y 0.30 m de profundidad en el área 5, se obtuvieron concentraciones superiores al LMP establecido por la normatividad en las muestras tomadas a 0.15 m, con valores que van de 1,587.96 mg/L a 2,945.67 mg/L. Las muestras tomadas a 0.30 m (muestras de fondo) reportan concentraciones de HFL menores al límite de cuantificación, por lo que no se consideraron para la modelación de la pluma contaminante. En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de HFL con las cuales se realizó la modelación.

Tabla 30. Resultados de análisis de laboratorio de Hidrocarburos Fracción Ligera a 0.15 m de profundidad.

Zona	No.	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
ÁREA 5 Cauce del Arroyo	P-37	0.15	2,456.97
	P-38	0.15	2,796.98
	P-39	0.15	2,165.35
	P-40	0.15	2,365.45
	P-41	0.15	1,897.65
	P-42	0.15	1,587.96
	P-43	0.15	2,945.67
	P-44	0.15	2,873.61

A continuación, se presenta la modelación del área 5 a 0.15 m de profundidad. Así como el área obtenida en esta y el cálculo del volumen. Para lo anterior, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad máxima en la zona a la que se realizó el sondeo inicial.

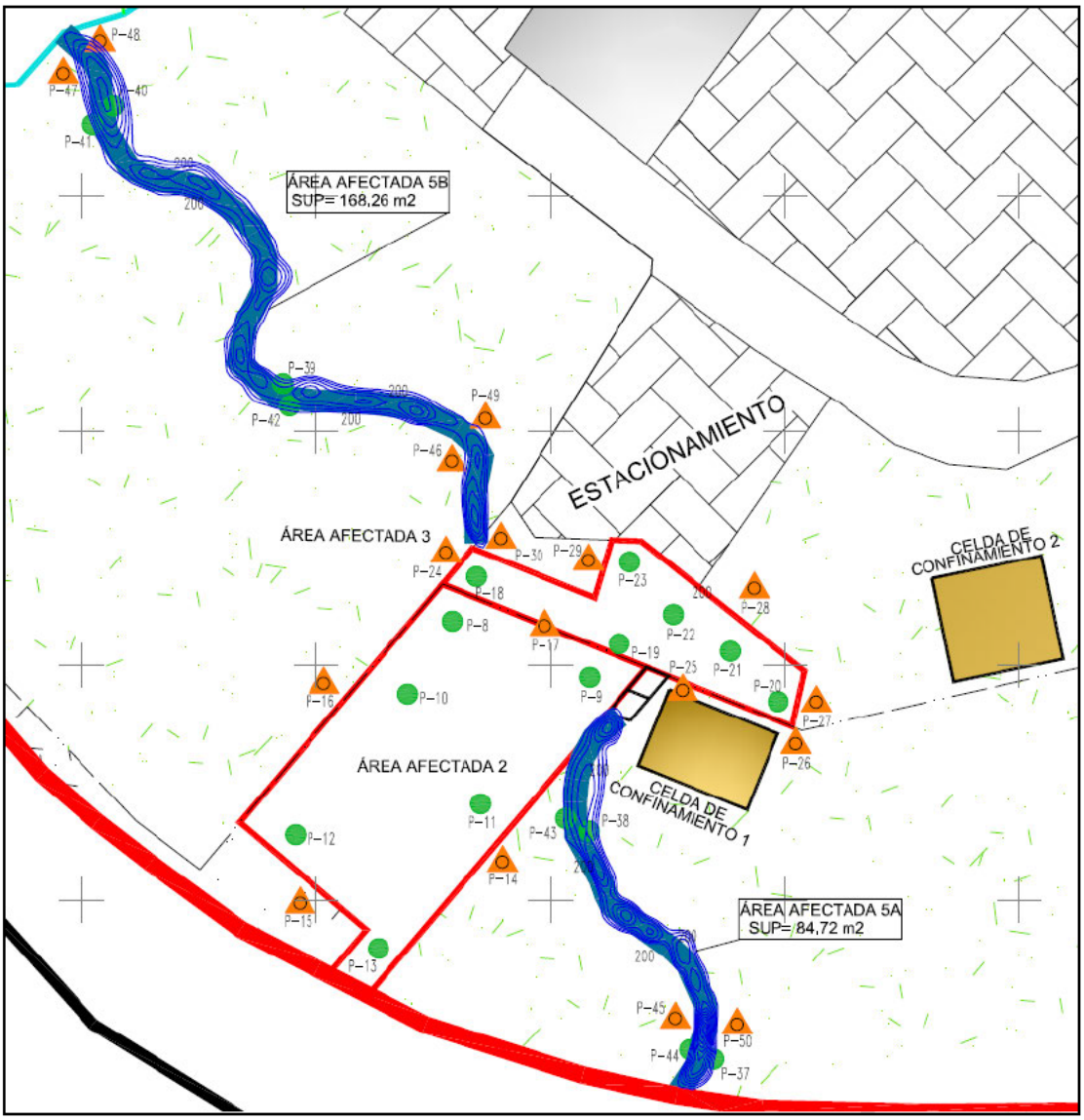


Figura 19. Simulación de la pluma contaminante de Hidrocarburos Fracción Ligera en el área 5 a 0.15 m de profundidad.

Tabla 31. Área y volumen de suelo contaminado por HFL en el área 5 a 0.20 m de profundidad.

Área afectada (m^2)	252.98
Profundidad toma de muestra (m)	0.15
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.20
Volumen afectado (m^3)	(252.98)(0.20)=
Volumen total de suelo contaminado con HFL a en el Área 5 a 0.20 m	**50.60 m^3**

8.7 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 integración y/o sobre posición de las plumas obtenidas para cada contaminante evaluado a las profundidades respectivas, debido a la forma en que se desplazó el contaminante se obtuvieron 6 plumas de contaminación total, las cuales se muestran en la *Figura 20*. Después de realizar la sobre posición de las plumas contaminantes el área total contaminada resultante fue de ***1,418.45 m²***.

Para el cálculo del volumen total se consideró el área contaminada en cada una de las zonas identificadas y la profundidad establecida previamente de acuerdo a los sondeos iniciales y confirmada con los resultados de los análisis de laboratorio. Obteniendo que el volumen total de suelo contaminado es de ***1,470.5 m³***. En la *Figura 21* se presenta el modelo del corte lateral de las plumas de contaminación en cada una de las áreas. En la *Tabla 32* se muestra un resumen de las áreas y volúmenes por estrato de suelo obtenidos de la sobre posición de las plumas contaminantes para el cálculo del volumen.

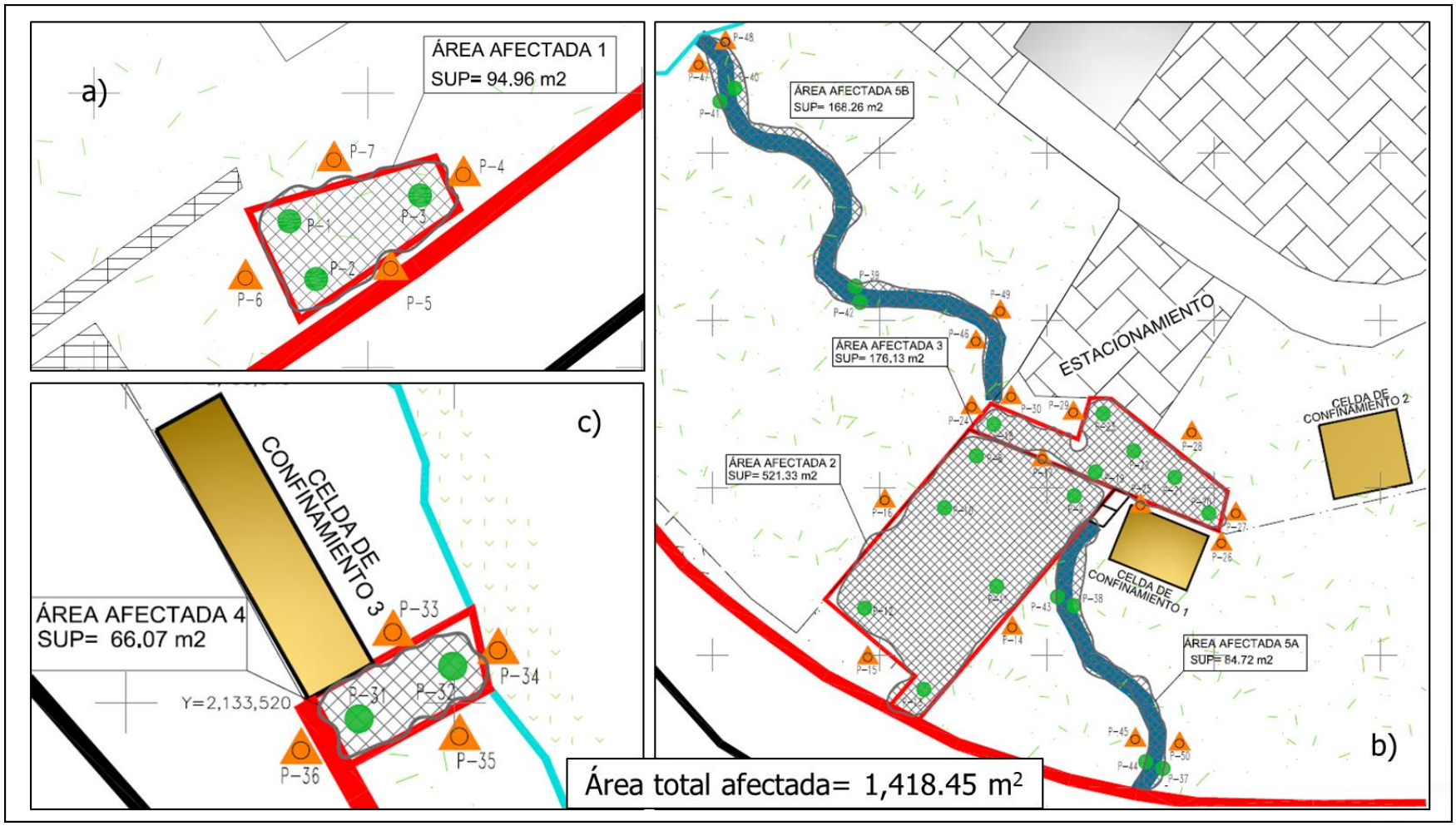


Figura 20. Integración de las Plumas Contaminantes determinadas por el modelo de simulación para Hidrocarburos Fracción Ligera. a) Superficie total obtenida para el área 1; b) Superficie total en las áreas 2, 3 y 5; c) Superficie total obtenida en el área 4.

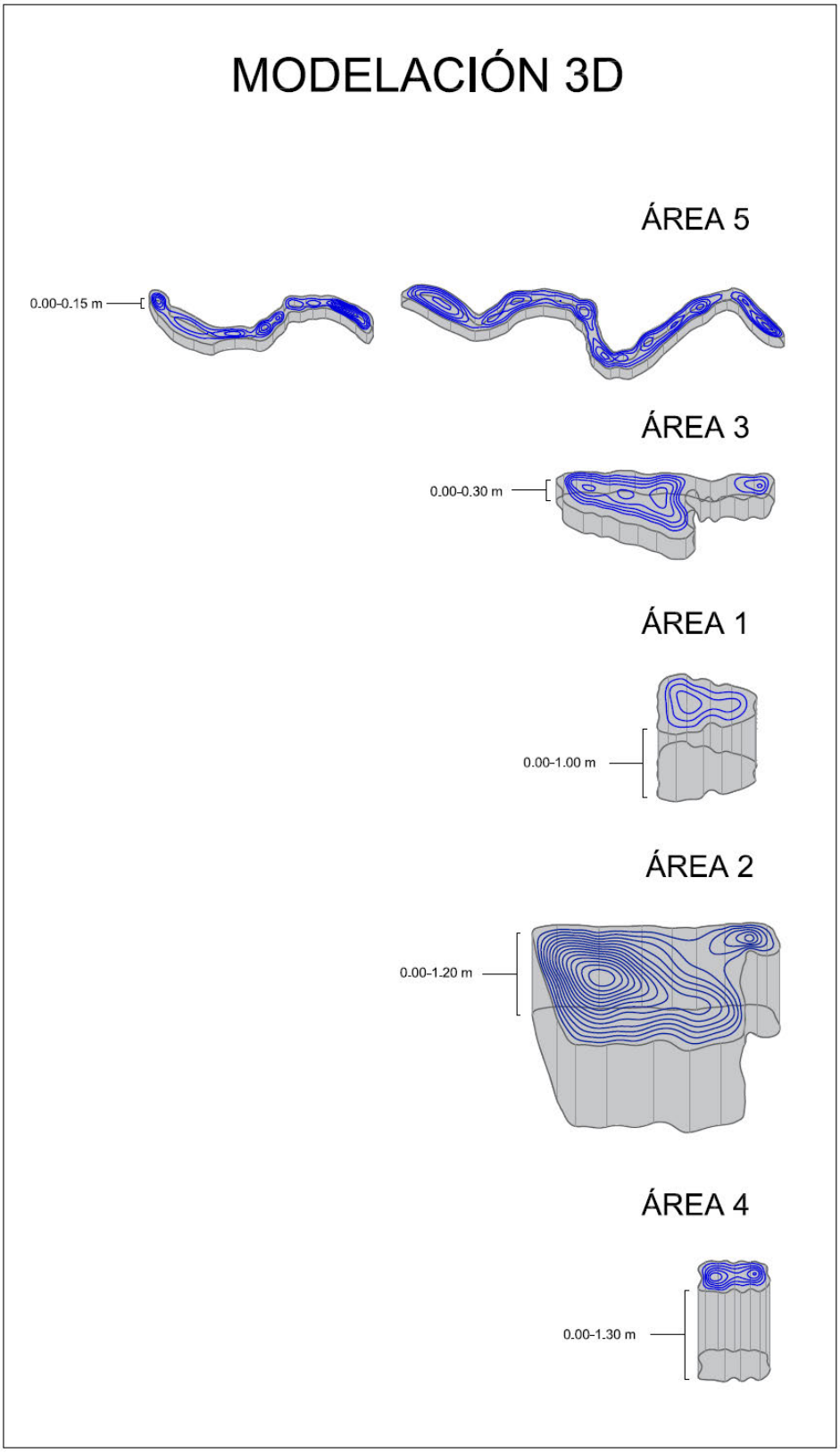


Figura 21. Modelo 3D de las zonas afectadas

Tabla 32. Área y volumen total de suelo contaminado obtenido de las plumas contaminantes.

Zona	Estrato	Profundidad del estrato afectado con HFL(m)	Área (m^2)	Volumen Total (m^3)
Área 1	0.00-1.70	1.20	94.96	113.95
Área 2	0.00-1.60	1.50	736.92	1,105.38
Área 3	0.00-0.15	0.20	267.52	53.50
	0.15-0.30	0.50	137.87	41.36
Área 4	0.00-1.70	1.60	66.07	105.71
Área 5	0.00-0.30	0.20	252.98	50.60
TOTAL			**1,418.45**	**1,470.50**

9 VOLUMEN TOTAL DE SUELO CONTAMINADO

Una vez realizado el estudio de evaluación del área afectada, se identificó y cuantificó el volumen de suelo contaminado que se tiene en las 5 áreas que están afectadas con Hidrocarburos Fracción Ligera y el cual es de 1,470.50 m^3.

Adicionalmente, para determinar el volumen total, a esta cantidad de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera ubicado en las zonas 1, 2, 3, 4 y 5, se le deberá sumar el suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera e Hidrocarburos Fracción Pesada que fue retirado durante los trabajos de atención a la emergencia y que está dispuesto en las celdas de confinamiento temporal, y el cual se determinó son 165 m3 de suelo.

De tal forma, el total de suelo contaminado que se generó a causa del derrame de 30,825 litros de Gasolina, fue de 1,635.50 m3, tal como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 33. Volumen Total de Suelo Contaminado por Hidrocarburos Fracción Ligera y Fracción Pesada

Celda	Contaminante	Volumen (m^3)
Área 1	HFL	113.95
Área 2	HFL	1,105.38
Área 3	HFL	94.86
Área 4	HFL	105.71
Área 5	HFL	50.60
Celdas de Confinamiento Temporal	HFL e HFP	165.00
TOTAL		**1,635.50**

10 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS AL AMBIENTE

10.1 Estimación de Daños al Ambiente

Los daños ambientales generados a causa del siniestro ocurrido en el Km 31+950 de la carretera México-Toluca, Colonia Las Cruces, Alcaldía Cuajimalpa, CDMX., en el cual se tiene como contaminante los 30,825 L de Gasolina Premium, así como el aceite del chapopote proveniente de la carpeta asfáltica, afecto a los siguientes elementos:

- Suelo
- Vegetación
- Agua.
- Fauna

Suelo:

Fue el principal receptor del derrame de gasolina y del aceite de chapopote. El suelo contaminando por los hidrocarburos tiene una superficie total de 1,418.45 m^2.

Se afectó suelo tanto del Derecho de Vía como de una propiedad particular, teniéndose infiltración al subsuelo a profundidades que van desde 0.20 m hasta 1.60 m. En las acciones de atención a la emergencia de las zonas 2, 3, 4 y 5 se retiraron los primeros 0.20 m de la capa superficial de suelo para evitar una extensión mayor de la contaminación.

Vegetación:

El derrame del hidrocarburo, en las zonas contaminadas, provoco afectación tanto de pastizales, maleza, arbustos y árboles. En la zona se registra presencia de árboles de pino de entre 3 y 5 m altura, arbustos y pastos. Adicionalmente se contamino también la vegetación que bordea la represa donde se realizan actividades acuícolas dentro del predio particular.

Agua:

Producto del derrame, se vieron afectaciones en el área correspondiente a un predio particular, en el cual se desarrollan actividades acuícolas contaminándose el agua dela presa con los escurrimientos del hidrocarburo. Para la realización de la limpieza de la represa, se realizó la extracción de todo el hidrocarburo presente en el cuerpo de agua.

Fauna:

Debido a la presencia de la capa aceitosa en el agua de la represa, se generaron condiciones tóxicas que afectaron y causaron la muerte de 156 peces (truchas).

En las siguientes figuras, se muestran las afectaciones en las zonas identificadas y el estado de estas después de las actividades de atención a la emergencia.

Figura 22. Áreas de las que fue retirado el material contaminado saturado con la mezcla de gasolina y aceite.

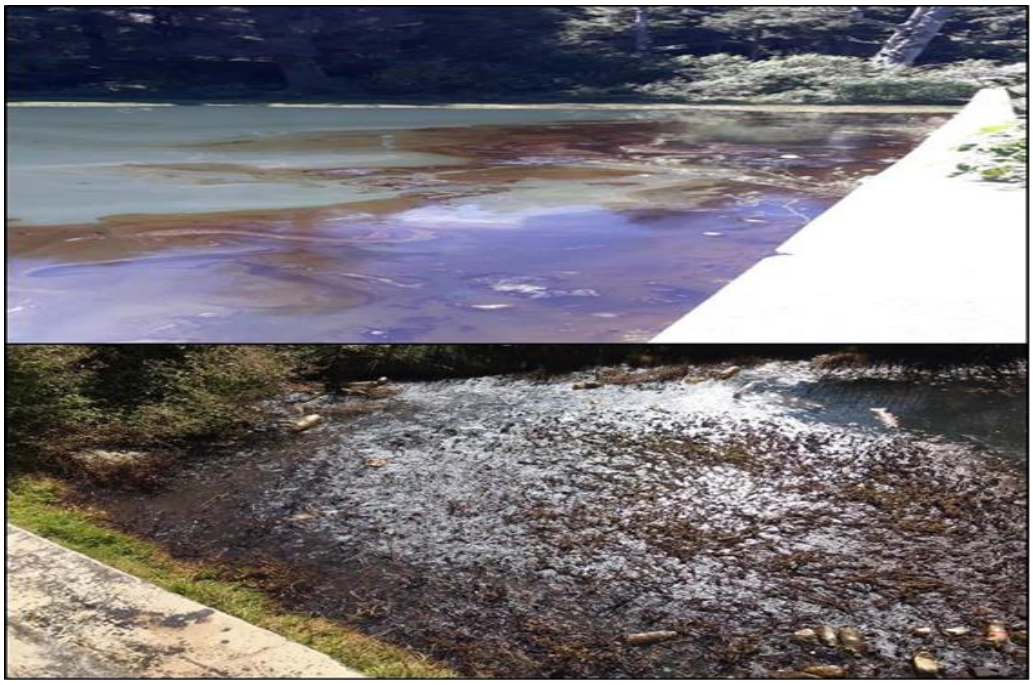


Figura 23. Presencia de hidrocarburos en la presa y en la maleza

Figura 24. Vista de la presa libre de contaminación

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 premium, se consideró contaminación a la atmósfera a causa de la evaporación del producto durante el accidente. Sin embargo, al estar en un área abierta, el hidrocarburo se dispersó en poco tiempo.

10.2 Estimación de Daños Materiales

Los daños materiales causados por el siniestro se refieren a los daños al autotanque y pérdida del hidrocarburo que se transportaba.

11 EVALUACIÓN DEL RIESGO ECOLÓGICO Y A LA SALUD HUMANA

11.1 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 premium.

La población más cercana al punto donde se generó el siniestro se encuentra 75 m ya que una de las áreas de afectación se encuentra dentro de las instalaciones del CONALEP "El Zarco". La población en esta zona resulta intermitente, debido a la pandemia actual que atravesamos la población en esta institución se reduce a personal de vigilancia y administrativo (10-15 personas). Sin embargo, se dio aviso a las autoridades del plantel y se acordonó esta área para evitar que el personal presente en el plantel pudiera estar en contacto con el suelo o pudiera inhalar vapores.

11.2 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 16 de octubre del 2020, debemos establecer que el daño ecológico ya fue originado, viéndose afectados los elementos naturales correspondientes principalmente al suelo, el agua, la fauna y la microfauna 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 ya que al realizarse los trabajos de atención a la emergencia y retirarse el material en fase libre y el suelo saturado, se eliminó el riesgo de que se afecte el agua subterránea.

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 o inducida.

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.

12 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Derivado de los trabajos y análisis de laboratorio realizados para identificar la afectación generada por el derrame de 30,825 L de Gasolina Premium en la carretera México-Toluca Km 31+950, Colonia Las Cruces, Alcaldía Cuajimalpa, CDMX; se establece que:

1. Que el primer efecto que genero el derrame de los 30,825 L de Gasolina Premium, fue extraer parte del aceite de chapopote de la carpeta asfáltica de la carretera, mismo que se incorporó y mezclo con los escurrimientos que fluyeron hacia el suelo del derecho de vía y de una propiedad particular.
2. Debido a las características del sitio donde ocurrió el derrame y a la forma en que se dispersó el contaminante, y los daños que estaba causando, fue necesario realizar trabajos de Atención a la Emergencia, para contener el nivel de afectación y contaminación al ambiente.
3. Que los trabajos de Atención a la emergencia para contener las afectaciones por contaminación, consideraron las actividades de Limpieza de terreno que considero el retiro y disposición en celda de suelo con saturación de hidrocarburos en fase libre; limpieza de cauces de escurrimiento pluvial con presencia de hidrocarburos en fase libre; recuperación de Hidrocarburos en fase libre; limpieza de la represa; retiro de maleza contaminada; retiro y disposición de basura impregnada de aceite; limpieza de cuneta y lastrado y limpieza de piso de la represa.
4. Que derivado de los escurrimientos de los hidrocarburos, se identificaron 5 zonas de afectación, sobre las cuales se realizaron los trabajos de evaluación y toma de muestras.
5. Que se realizó la división de cada área afectada, considerando además de sus características físicas, la profundidad detectada hasta donde penetro el contaminante, tal como en el Área 1 de 1.20 m; Área 2 de 1.50 m; Área 3 de 0.20 y 0.50 m, Área 4 de 1.60 m y Área 5 de 0.20 m.
6. Que el suelo sobre el cual se derramó el contaminante corresponde a un suelo con uso principalmente de tipo forestal. De acuerdo al perfil estratigráfico de las zonas de estudio, los estratos del subsuelo en toda la zona afectada son homogéneos, teniendo primero un estrato semipermeable (de 0.00 hasta 0.50 m), de tipo limo arenoso;

posteriormente se tiene un estrato con menor permeabilidad (de 0.50-1.70 m) limo arcilloso, lo que impidió que la contaminación migrara a estratos más profundos.

7. Para los trabajos de evaluación de campo, se establecieron 50 puntos de muestreo; 25 puntos dentro de la zona identificada como afectada, donde se tomaron en total 61 muestras de suelo para analizar en el laboratorio (56 simples y 5 duplicadas). Más 25 puntos para delimitar el área perimetral para la toma de 1 muestra en cada punto más 2 adicionales, para un total de 27 muestras. Adicionalmente se tomaron 6 muestras (5 simples y 1 duplicado) en las celdas donde se tiene el suelo confinado de los trabajos de atención a la emergencia. El número total de muestras tomadas fue de 94 (86 simples y 8 duplicadas),
8. Los parámetros de análisis fueron HFL (Hidrocarburos Fracción Ligera) y BTEX's a 82 muestras; HFP (Hidrocarburos Fracción Pesada) y HAP´s a 6 muestras; y HFL, HFP, BTEX's y HAP´s a las 6 muestras de celdas. En total 94 muestras analizadas en laboratorio.
9. Los resultados de los análisis de laboratorio indicaron que, en 32 de las 88 muestras analizadas, todas ubicadas dentro de las áreas afectadas, se reportaron concentraciones de HFL que van desde 1,554.69 mg/kg hasta 2,987.45 mg/kg, los cuales son mayores al LMP establecido por la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal. Las muestras que reportaron contaminación, corresponden a los puntos de muestreo ubicados en las 5 áreas identificadas como afectadas por el derrame y corresponden a las muestras de profundidad tomadas a 1.00 m (Área 1), 1.20 m (Área 2), 0.15 y 0.30 m (Área 3), 1.30 m (Área 4) y 0.15 m (Área 5).
10. Que, del análisis realizado a la información generada tanto de los trabajos de campo, como de los resultados de los análisis de laboratorio, se confirmó que en las áreas 2, 4 y 5, el hidrocarburo contamino a mayor profundidad.
11. Que los resultados reportados para la determinación de BTEX, presentes en 26 de las 88 muestras analizadas, en ningún caso tienen concentraciones superiores a los Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.
12. Que los resultados de los análisis de laboratorio a las muestras de suelo contaminado presente en las celdas de contención temporal, indican que se tienen concentraciones

para HFL que van desde 2,346.54, hasta 2,934.87 mg/kg, y para HFP desde 8,103.54 hasta 10,121.37 mg/kg. Lo que indica que tanto para HFL como para HFP, se encuentran por arriba de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

13. **Que con los resultados de los análisis de laboratorio y de las evaluaciones realizadas se determinó la Pluma Contaminante en el suelo de las 5 áreas afectadas, la cual tiene una superficie total de 1,418.45 m^2 generando un volumen total de suelo contaminado de 1,470.50 m^3, en profundidades que van de 0.00 m hasta 1.60 m.**
14. Que, para el cálculo del volumen de suelo contaminado, se obtuvo la superficie para cada área determinada y considerando la profundidad de afectación identificada, se determinó el volumen para cada área.
15. **Que al volumen de suelo contaminado que se determinó para las 5 áreas afectadas, se le deberá sumar los 165 m3 dispuesto en las celdas de confinamiento temporal, lo que generó un gran total de 1,635.50 m^3, de suelo contaminado a causa del derrame de 30,825 L de Gasolina Premium.**
16. Que una vez que se tiene identificadas las áreas afectadas y el nivel de contaminación generado por el derrame de Gasolina Premium, es necesario se considere llevar a cabo los trabajos de saneamiento que permitan al área afectada recuperar sus condiciones originales.

13 PLAN DE SANEAMIENTO

En el Estudio de Caracterización para evaluar contaminación de suelo por derrame de gasolina por volcadura de un autotanque en la carretera México-Toluca Km 31+950, Colonia Las Cruces, Alcaldía Cuajimalpa, CDMX; se identificó:

- Que se tiene una superficie afectada de 1,418.45 m^2 generando 1,470.50 m^3 de suelo contaminado.
- Que al volumen de suelo contaminado que se determinó para las 5 áreas afectadas, se le deberá sumar los 165 m3 dispuesto en las celdas de confinamiento temporal, lo que generó un gran total de 1,635.50 m^3, de suelo contaminado a causa del derrame de 30,825 L de Gasolina Premium.
- Que la profundidad de afectación donde se tiene suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera, se identificó hasta los 1.60 m, ubicándose la mayor profundidad en la zona 4, la cual es la más alejada del punto de derrame.

En la siguiente tabla se presentan los datos generales de las Plumas Contaminantes sobre las que se realizarán los trabajos de saneamiento, y se incluye el suelo contaminado dispuesto en las Celdas de Confinamiento.

Tabla 34. Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato.

Celda	Contaminante	Volumen (m3)
Área 1	HFL	113.95
Área 2	HFL	1,105.38
Área 3	HFL	94.86
Área 4	HFL	105.71
Área 5	HFL	50.60
Celdas de Confinamiento Temporal	HFL e HFP	165.00
TOTAL		**1,635.50**

Por lo anterior se establece que para realizar el saneamiento en cada Pluma Contaminante se tiene que considerar las características del producto a eliminar, en este caso la Gasolina, que 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.

Asimismo, como resultado de las actividades de atención de la emergencia (ANEXO A), se tiene material contaminado en las celdas temporales de confinamiento. Para el saneamiento de este material la técnica de remediación a implementar propuesta es biorremediación por biopilas a un lado del sitio contaminado.

13.1 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 capaces de degradar los hidrocarburos, 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 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 armados con tubería de PVC y una red de interconexión de

tubería de PVC en la zona contaminada, los que 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.

13.1.1 Diseño de la retícula de pozos

Para la planeación de los pozos para el tratamiento se deben de conocer las características y dimensiones del área de las plumas contaminantes. Las plumas de contaminación abarcan una superficie total de 1,418.45 m^2, sin embargo, para asegurar que toda el área sea remediada se tomará en cuenta la superficie del polígono inicial delimitado (1,544.89 m^2) para el diseño de la retícula, así como la división de cada área en función de su profundidad afectada.

Se propone la instalación de pozos utilizando tubería de PVC cédula 40 de 2.0" de diámetro, con tubería lisa en los primeros 15 cm y posteriormente ranurada y con una longitud en cada zona 10 cm mayor a la profundidad a la que se identificaron los estratos con contaminación fuera de norma. En el empacado de los pozos se utilizará gravilla o arena como filtro, un tapón de bentonita como sello arriba de la gravilla o arena y una base de cemento en la parte superior.

Los pozos se equiparán con válvulas y accesorios que permitan regular los flujos y estarán conectados a bombas de presión/vacío para la inyección y/o 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. En cada pozo se instalarán tapones herméticos que garanticen que no se infiltren sustancias indeseadas, y además cada pozo en la superficie del terreno contará 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 3.0 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 3.5 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 148 pozos en total, distribuidos en las zonas 1 a la 5 contaminadas identificadas.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de pozos que se propone en cada una de las zonas y las profundidades a las que deberán instalarse.

Tabla 35. Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL.

Estrato (m)	Zonas	Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo(m)	No. Pozos por zona
0.00-1.00	Área 1	1.30	8
0.00-1.20	Área 2	1.60	76
0.00-0.30	Área 3	0.60	27
0.00-1.30	Área 4	1.70	5
0.00-0.30	Área 5	0.30	32
		TOTAL	**148**

A través de estos pozos se realizará la inyección-extracción de aire y vapores y la aplicación de las soluciones utilizadas en el tratamiento. En las siguientes figuras; se muestra la retícula diseñada para cada una de las zonas a remediar.

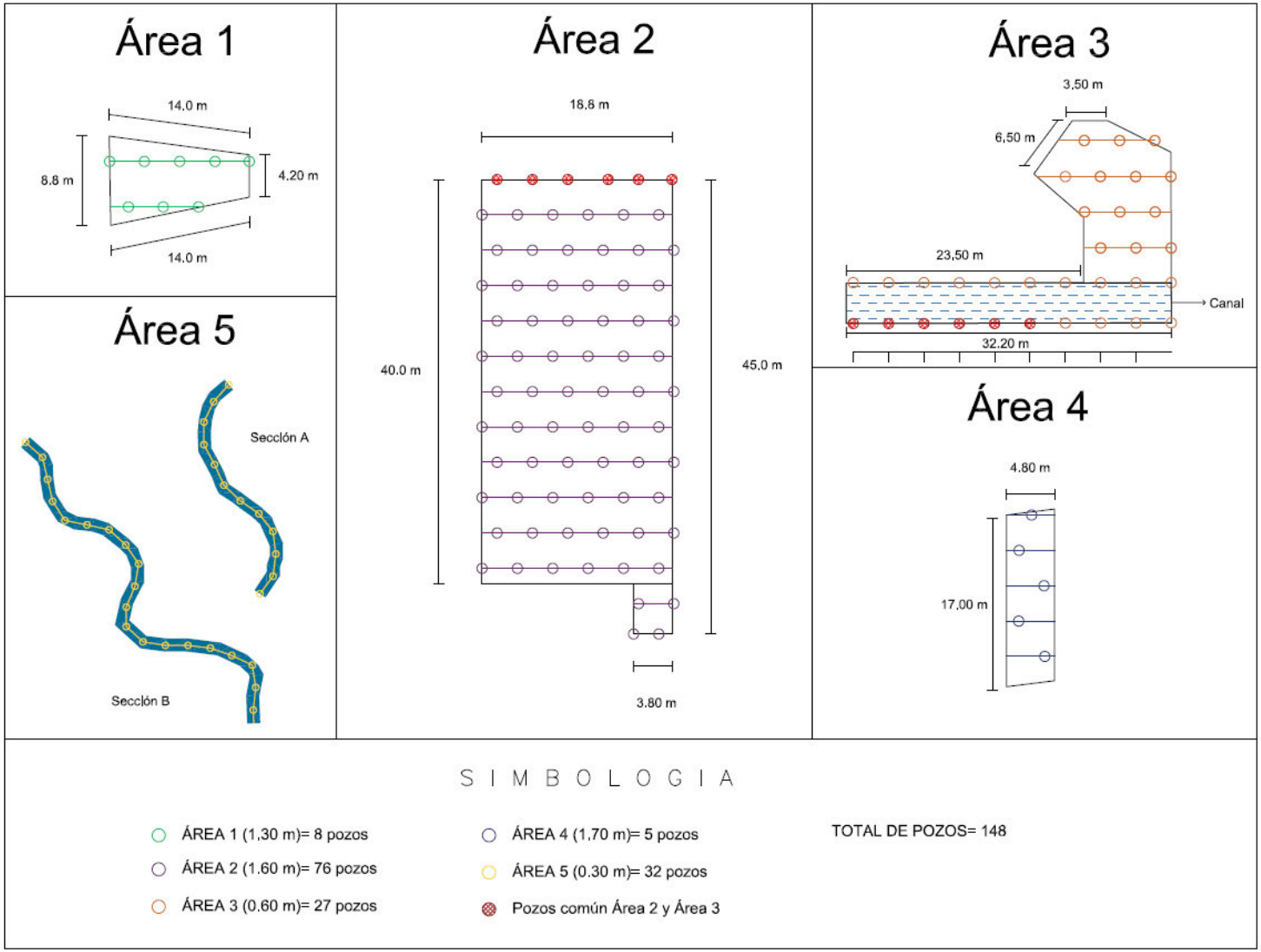


Figura 25. Distribución de los pozos en las Áreas 1, 2, 3 y 4 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

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

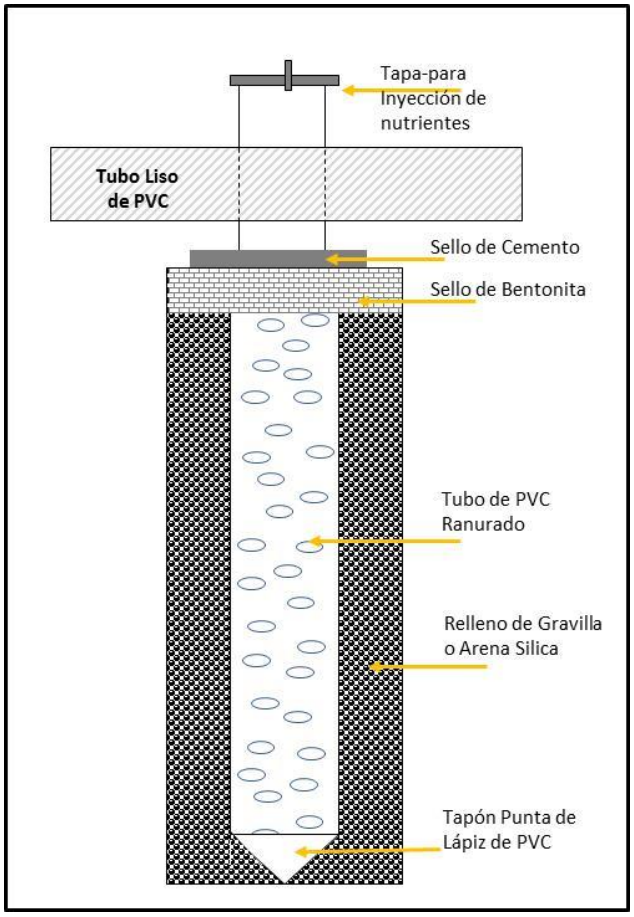


Figura 26. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

13.1.2 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 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 ft^3 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.

13.1.3 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, sustancias químicas, etc.

13.1.4 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	100 115 145	7 8 10	297 283 241	10.5 10 8.5

PUERTO DE DESCARGA		PESO	DIMENCIONES
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 VENTEO/ 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 horas 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"
- Extensión de 18" para perforadora con eje de 7/8
- Modelo EXT18
- Brocas de 2 y 4" para perforadora 8900E y 9800E
- Modelo EA4F
- Característica especial: Armada de acero

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

- Personal

- Superintendente de Construcción.
- Ingeniero de Seguridad.
- Cabo.
- Peones.

13.1.5 Listado de materiales y equipo a emplear

En las tablas a continuación se presenta el listado, así como las Hojas de Seguridad de los Insumos y la Hoja de Especificaciones de los Equipos.

Tabla 36. Productos para Tratamiento

Producto	Cantidad (Aprox.)
Urea*	250 kg
Triple 17*	250 kg
Carbón Activado*	50 kg

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 37. Material a Utilizar para Construcción de Pozos.

Material	Cantidad
Arena o gravilla.*	3.5 m3
Cemento.*	350 kg
Bentonita.*	175 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	1,876 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	689 Pzas.
Tee de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	602 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	39 Pzas.
Codos de 90 de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	68 Pzas.
Válvulas para regular flujos.	30 Pzas.
Pegamento para PVC.	6 L

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 38. Equipo a Utilizar.

Material	Cantidad
Equipo de Inyección de aire-bomba de vació	3
Generador de energía Honda EG6500-CX	3
Planta Eléctrica Honda EP2500 de 50 Hz/60 Hz	1
Equipo de Perforación	1
Equipo para toma de muestras de suelo	1
Equipo Petro Flag	1

*Se anexa Hoja de Especificaciones.

13.1.6 Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento

13.1.6.1 Instalación del Sistema de Tratamiento

Para llevar a cabo los trabajos para realizar la instalación del sistema de tratamiento se seguirán las siguientes actividades:

1. Identificación y Delimitación de las Plumas Contaminantes
2. Marcado de la ubicación de los pozos y de las líneas del sistema de tratamiento.
3. Perforación de pozos
4. Armado e instalación de los pozos, incluye colocación de tubería lisa-ranurada, empacado con gravilla, sellado con bentonita y cemento.
5. Colocación de tubería de interconexión entre los pozos, armándolos por sistemas con válvulas de seccionamiento y puntos para toma de medición de COV´s y para inyección de nutrientes.
6. Instalación de Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació con filtro de carbón activado en el punto de emisión.
7. Instalación de equipo generador de electricidad para la operación del equipo de Inyección-Bomba de Vació.
8. Instalación de mangueras de conexión del Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació a los sistemas de pozos ya instalados.

13.1.6.2 Operación del Sistema de Tratamiento

Para llevar a cabo los trabajos para el del sistema de tratamiento se seguirán las siguientes actividades (ver Diagrama de Flujo):

1. Se realiza la conexión del sistema de tratamiento al Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació con filtro de carbón activado en el punto de emisión.
2. Se inicia el tratamiento con la inyección de aire limpio a los pozos y el tiempo de operación por sistema será de al menos 2 horas. El equipo utilizado se ajustó a la cantidad de pozos, cumpliendo que cada pozo recibiera del orden de 3 ft^3 por minuto de aire, Esa es la razón por la cual se subdividió en varios sistemas cada Zona Contaminada.
3. Una hora después del inicio de la inyección de aire, se inyecta nutrientes a cada pozo y se continúa con la aireación hasta completar el ciclo, estimulando de esta manera el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos autóctonos utilizados para el tratamiento.
4. Una hora después de haber iniciado la inyección de aire, paralelamente en el sistema que se ubica junto al que se está inyectando aire, se procede a la extracción de los vapores generados y que son dirigidos a un filtro de carbón activado, para atrapar los vapores y el aire expulsado salga limpio.
5. Al final del proceso de inyección en los pozos donde se agregó aire, se procede a realizar extracción de vapores por un período de 15 minutos y se inyecta aire nuevamente por 15 minutos. Con esta acción se eliminan los vapores liberados por la inyección de aire y se enriquece nuevamente la atmósfera con oxígeno para que se favorezca el crecimiento de microorganismos.
6. Este proceso se repite en cada sistema de tratamiento instalado de forma continua todos los días.
7. Cada 3 días se realiza la medición de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s) con un equipo Gastech, en al menos 5 pozos de cada sistema, tomando el registro de las lecturas del equipo.
8. El proceso de tratamiento, se dividió en tres fases, cada fase tuvo un periodo de 15 días, y al final de cada periodo se realizó la toma de muestras de suelo para su análisis por Hidrocarburos Fracción Ligera, para monitorear el avance del proceso de tratamiento.

9. La preparación de la solución de nutrientes a aplicar consiste en vaciar a un tanque de 4.5 m3, ¼ de costal de 50 kg de Urea (12.5 kg) y ¼ de costal de 50 kg de triple 17 (12.5 kg), se mezcla de forma homogénea y se aplica.
10. Se realiza la revisión de forma periódica del filtro de carbón activado y de ser necesario por estar saturado, se sustituye con carbón activado limpio.
11. En función de los resultados que se obtengan de los análisis de campo, se evaluara el funcionamiento y eficiencia del tratamiento, realizándose ajustes de ser necesario (p.e. tiempo de aireación, tiempo de extracción, aplicación de nutrientes).
12. Una vez que los resultados de los análisis de campo muestren valores menores a los LMP, y que un análisis en laboratorio lo haya corroborado, se considera que se ha alcanzado la meta buscada con el tratamiento de disminuir o eliminar los Hidrocarburos Fracción Ligera, por lo que se propondrá el Muestreo Final de Liberación.

El nivel propuesto a alcanzar en el sitio para la remediación del suelo, considerando que solamente se tiene Hidrocarburos Fracción Ligera fuera de norma, de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal es de 200 mg/kg de HFL; (ver Tabla 33).

Tabla 39. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)

Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	200

13.1.7 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 a profundidades diferentes de acuerdo a la zona, se propone que se recolecten muestras para análisis en campo de las profundidades de muestreo antes realizadas: 0.15, 0.30, 1.00, 1.20 y 1.30 m (una muestra por punto, para cada una de las zonas). Se proponen tres puntos de muestreo en cada evento, en los muestreos correspondientes a los días 15 se evaluarán las zonas impares (1, 3 y 5) y en los muestreos correspondientes a los días 30 las zonas pares (2 y 4). De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar.

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

Cuando se considere que el sitio ha sido restaurado y antes de solicitar el muestreo final comprobatorio a la autoridad correspondiente, se realizará un muestreo previo del cual se enviarán 3 muestras tomadas en la zona a la profundidad correspondiente a un laboratorio para el análisis de HFL; y de esta forma verificar que el sitio se encuentre en las condiciones adecuadas para solicitar la evaluación final.

13.1.8 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 establecido en la Tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que recomienda el número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada. Teniendo en cuenta el sitio en cuestión, se proponen 13 puntos de muestreo en las áreas restauradas. Para el muestreo final, se propone para cada área el número de puntos de muestreo y la cantidad de muestras que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 40. Puntos de Muestreo y cantidad de muestras para Muestreo Final Comprobatorio para las Áreas 1, 2, 3, 4, y 5.

Área	Puntos de Muestreo	Profundidad de Muestra	Total No. de muestras
1	2	0.50 m 1.00 m	4
2	5	0.60 m 1.20 m	10
3 canal	3	0.15 m	3
3	2	0.30 m	2
4	1	0.60 m 1.30 m	2
5	3	0.15 m	3
		Total	**24**
		Adicionales	**2**
		Total Muestras	**26**

Los niveles de limpieza deberán de ser los establecidos en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 correspondiente a 200 mg/kg para HFL, para uso de Suelo Agrícola y Forestal.

13.1.9 Informe final y reintegración de material a su lugar de origen

Al final del proceso, previo reconocimiento por parte de la autoridad de que se ha cumplido con los objetivos de sanear el sitio, se procederá a desarmar la red del sistema de tuberías y a extraer la tubería de los pozos, se retirará las bases de concreto y se limpiara y nivelara (de ser necesario) 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.

13.1.10 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 ratamiento, 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								
Muestreo final comprobatorio								
Elaboración de Informe Final								
Limpieza del área y desarmado de pozos.								

Figura 27. Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"

13.2 Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFP

Para el saneamiento del suelo que está dispuesto en las celdas de confinamiento temporal contaminado con Hidrocarburos Fracción Pesada, se propone realizarlo a través de la Técnica de Biorremediación por Biopilas a un lado del sitio contaminado.

La técnica de Biorremediación por Biopilas tiene como alcance proporcionar los lineamientos generales y recomendaciones para efectuar la remediación de suelo contaminado, que asegure la calidad de este para su rehabilitación y recuperación de su uso, de acuerdo a los programas de ordenamiento y uso de suelo correspondientes, que permitan su colocación en los sitios donde fue extraído o en aquellos designados por la autoridad.

Para la realización de la Remediación "*On Site*" (a un lado del sitio contaminado), se considera que previamente ha sido construida una Celda de Tratamiento (que cumpla con las especificaciones técnicas necesarias) a donde será depositado el material contaminado que haya sido extraído del sitio de origen.

Las tecnologías biológicas se basan en un proceso en el cual los sólidos orgánicos se oxidan a formas biológicamente estables como el humus, CO_2, agua y energía.

La versatilidad de estas tecnologías se basa en que puede adaptarse a las necesidades de cada sitio. La estrategia de aplicación del método de *Tratamiento Biológico por Biopilas* involucra el amontonamiento o apilamiento de los suelos contaminados y se estimula la actividad microbiana en el suelo mediante la aireación y la adición de micronutrientes, y agua, adecuando además la temperatura y el pH. La generación de calor debido a la actividad microbiana y al apilamiento del suelo, es alta en el sistema de tratamiento, favoreciendo el desarrollo microbiano. Las dimensiones de las pilas se establecen de acuerdo a la velocidad de generación de calor que se requiera, la cual es el resultado del metabolismo microbiano al degradar el material orgánico y es mayor que la velocidad de disipación de calor a través de la superficie.

13.2.1 Instalación de la biocelda

Derivado de las actividades realizadas para la atención de la emergencia, se construyeron 5 celdas de almacenamiento temporal en las cuales se almaceno el material saturado con hidrocarburos.

Se propone la instalación una celda de tratamiento, con capacidad para tratar un volumen total de suelo contaminado de 165.00 m^3, acumulados en las 5 celdas junto con la vegetación contaminada. El suelo se ubica principalmente en las celdas de confinamiento temporal 1 y 2. El material orgánico correspondiente a las celdas 3, 4 y 5; será triturado e incorporado periódicamente a la celda de tratamiento. Este material además de ser descontaminado, tendrá una doble función dentro de la celda, la primera como abono para aumentar la tasa de degradación, y la segunda como material estructurante

En la siguiente tabla se muestra el volumen de material contaminado correspondiente a cada una de las celdas.

Tabla 41. Volumen de Suelo Contaminado que fue dispuesto en las celdas de Confinamiento Temporal

Celda	Material contaminado	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m^2)	Altura del Material (m)	Volumen de material en la celda (m^3)
1	Suelo y Maleza	10	7	70	1.65	115.50
2	Suelo y Maleza	9.5	9	85.5	1.30	111.15
3	Maleza	19	4.5	85.5	1.50	128.25
4	Maleza	7.0	4.41	30.87	1.61	49.70
5	Maleza	5	3	15.0	1.00	15.00
TOTAL						**419.60**

El suelo contaminado dispuesto en las celdas 1 y 2 es 165 m^3. La instalación de la celda, deberá realizarse para contener los 165 m^3 de suelo contaminado, en pilas de hasta 1.50 m de altura, para lo cual deberá considerar una superficie de al menos 120 m^2.

El procedimiento para la construcción de la celda es el siguiente:

- Se ubica la zona donde se colocará la celda de tratamiento.
- Se retira toda clase de escombro y basura, que pueda dificultar los trabajos.
- Se marca y delimita la zona, diseñando las dimensiones que va a tener la celda de tratamiento, las cuales serán de 12 m de Largo X 13 m de ancho (medida exterior). Estas dimensiones se podrán ajustar de acuerdo a las condiciones del espacio disponible, pero cumpliendo el área requerida.
- Se deberá despalmar el terreno, dando un acabado del piso libre de materiales punzocortantes, piedras y/o troncos. Se deberá generar una pendiente del 2% para favorecer el escurrimiento de los lixiviados y en la parte final se excavará un cárcamo de recuperación.
- Con el material de despalme se construirán los bordos de la celda. Los bordos de la celda serán de 0.50 m de altura, 0.50 m de base inferior y 0.30 m de corona.
- Se colocará una capa de 0.05 m de tepetate en la base (piso) de la celda, o material limpio procedente del despalme del suelo..
- Para colocar de la capa de tepetate en el piso y formar los bordos se utilizará maquinaría, así como también herramienta manual.

- Posteriormente colocar una geomembrana calibre 1000, cubriendo los bordos perimetrales de contención y la zona interna de la celda; así como y el cárcamo de recuperación. En las uniones o empalmes de la geomembrana soldar por medio de termofusión.
- Finalmente colocar en la base de la celda, encima de la geomembrana, una capa de tepetate limpio de 0.05 m de espesor.

Una vez realizadas estas actividades, la celda de tratamiento se encuentra lista para depositar el material contaminado que será saneado.

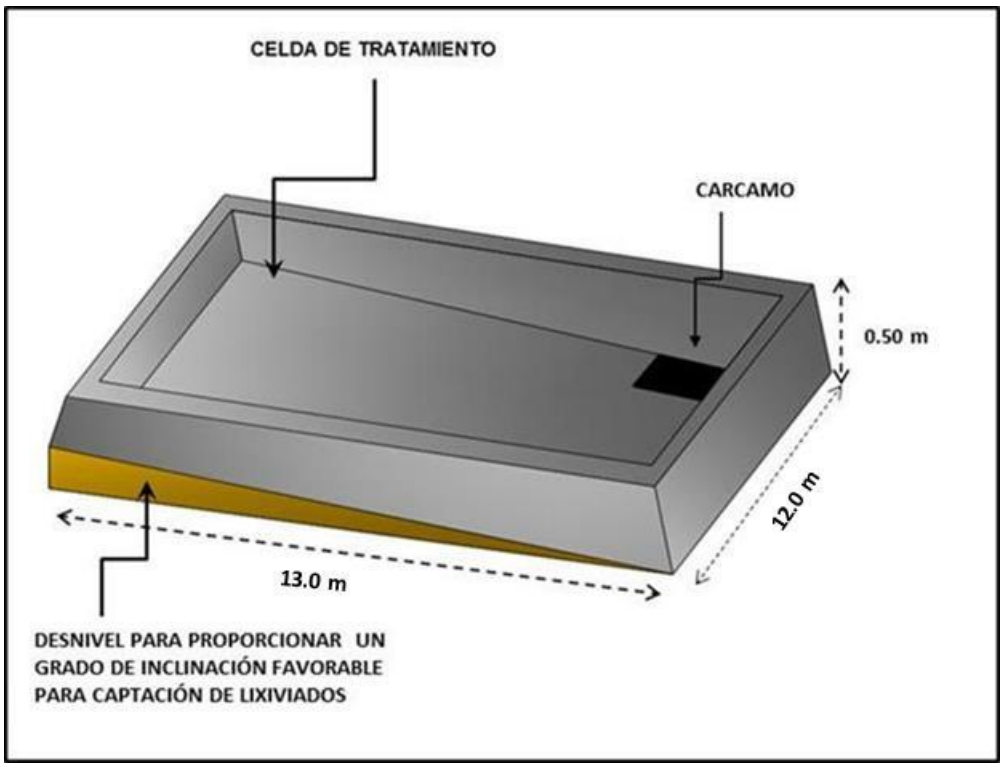


Figura 28. Características de la celda de tratamiento

13.2.2 Disposición del suelo contaminado y colocación en la biocelda

Debido a que el material a tratar ya se tiene contenido en las celdas de almacenamiento temporal, solamente deberá transferir de estas a la celda de tratamiento. Y homogeneizar con el material orgánico triturado de las celdas de almacenamiento temporal 3, 4 y 5.

13.2.3 Tratamiento del Suelo Contaminado en la Biocelda

Una vez depositado el suelo contaminado en las biopilas se procede a agregar el material estructurante (maleza triturada), para favorecer la formación de composta; así como los nutrientes y se homogeniza, a fin de tener una distribución uniforme de los agregados en todo el suelo a tratar. En esta etapa se utiliza retroexcavadora con capacidad de 0.7 yd^3 para remover y homogenizar el material en tratamiento. En este punto se puede presentar el levantamiento de partículas de suelo por el volteo realizado, lo cual se minimizará con irrigación de agua sobre el suelo removido.

Dentro de los cinco días siguientes se removerá el material depositado en las biopilas, a fin de controlar la humedad y el pH, el cual deberá estar en el rango de 6 a 8. Se agregará una solución de nutrientes Urea y Triple 17 a fin de favorecer el crecimiento de los microorganismos. De considerarse necesario se cubrirá la pila con un linner a fin de favorecer la generación de un microambiente más favorable para los microorganismos, facilitando el aumento de temperatura en el material y disminuyendo la perdida de humedad.

Posteriormente se realiza una toma de muestra compuesta de las biopilas para medir las concentraciones de TPH's (Fracción Ligera y Pesada), utilizando el equipo de campo PetroFLAG®, registrando el control de calidad del proceso de tratamiento, el cual será dado por la disminución de concentración del contaminante presente en el suelo tratado. En esta etapa se utiliza retroexcavadora con capacidad de 0.7 yd^3 para remover y homogenizar el material en tratamiento.

Se aplicará la solución de agua con nutrientes de Urea y Triple 17 a todo el material, una vez al día durante la primera semana. La segunda semana, se aplicará cada 2 días y la tercera semana cada 3 días. En cada ocasión se debe homogenizar el material, volteándolo con el apoyo de la maquinaría. Durante todo este período se debe estar controlando su temperatura y humedad. Con el riego del material y el control de humedad se minimizará el levantamiento de las partículas más pequeñas de suelo.

La generación de residuos corresponderá a los envases vacíos en los cuales se almacenaron y se manejaron los nutrientes utilizados en el proceso.

Transcurrido el tiempo de tratamiento, y habiendo disminuido las concentraciones de TPH's a un nivel óptimo de saneamiento en el suelo tratado, se procederá a tomar una muestra final conjuntamente con las autoridades ambientales federales.

Si las concentraciones de TPH's no han disminuido de acuerdo a los límites máximos permisibles de contaminación en suelos afectados por hidrocarburos (Fracción Ligera y Pesada), establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, se verificaran las condiciones ambientales (pH, nutrimentos, aireación, humedad) hasta llevar el proceso de tratamiento a un nivel óptimo, dando el tiempo de degradación necesario hasta obtener concentraciones menores a lo establecido en la normatividad, y se procederá a lo descrito en el párrafo anterior.

Si se logra la disminución de contaminantes presentes en el suelo con el tratamiento aplicado, previa aprobación y/o conocimiento de la autoridad ambiental, se regresará este material a su sitio de origen, el cual se considerará restaurado y podrá ser utilizado para su vocación natural. En esta etapa se utiliza retroexcavadora con capacidad de 0.7 yd^3 y camión con tolva de 7 m^3.

13.2.4 Listado de materiales y equipo a emplear

En las tablas a continuación se presenta el listado, así como las Hojas de Seguridad de los Insumos y la Hoja de Especificaciones de los Equipos.

Tabla 42. Productos para Tratamiento

Producto	Cantidad (Aprox.)
Urea*	250 kg
Triple 17*	250 kg

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 43. Material a Utilizar para Construcción de la Celda.

Material	Cantidad
Linner calibre 1000	170 m2
Suelo limpio para bordos y piso de la celda	50.0 m3
Tanque tipo Rotoplast de 1100 litros	1

Tabla 44. Equipo a Utilizar.

Material	Cantidad
Generador de energía Honda EG6500-CX	1
Motobomba de agua de 2 pulgadas	1
Pistola para termofusión	1
Retroexcavadora Case	1
Equipo para toma de muestras de suelo	1
Equipo Petro Flag	1

*Se anexa Hoja de Especificaciones.

13.2.5 Control del Proceso

El control del proceso se llevará a cabo a través de análisis de campo de muestras de suelo obtenido a diferentes profundidades dentro de la celda, para determinar las concentraciones de Hidrocarburos Totales del Petróleo "TPH´s" utilizando el equipo PetroFLAG® o analizador portátil de hidrocarburos en suelo. La periodicidad será: al inicio del tratamiento y posteriormente cada 15 días.

En esta etapa se utilizará el muestreador manual Hand Auger para la obtención de las muestras de suelo en las celdas de tratamiento. Se propone que las tomas de muestras sean puntuales y se divida en cuadrantes, como se muestra en la siguiente figura.

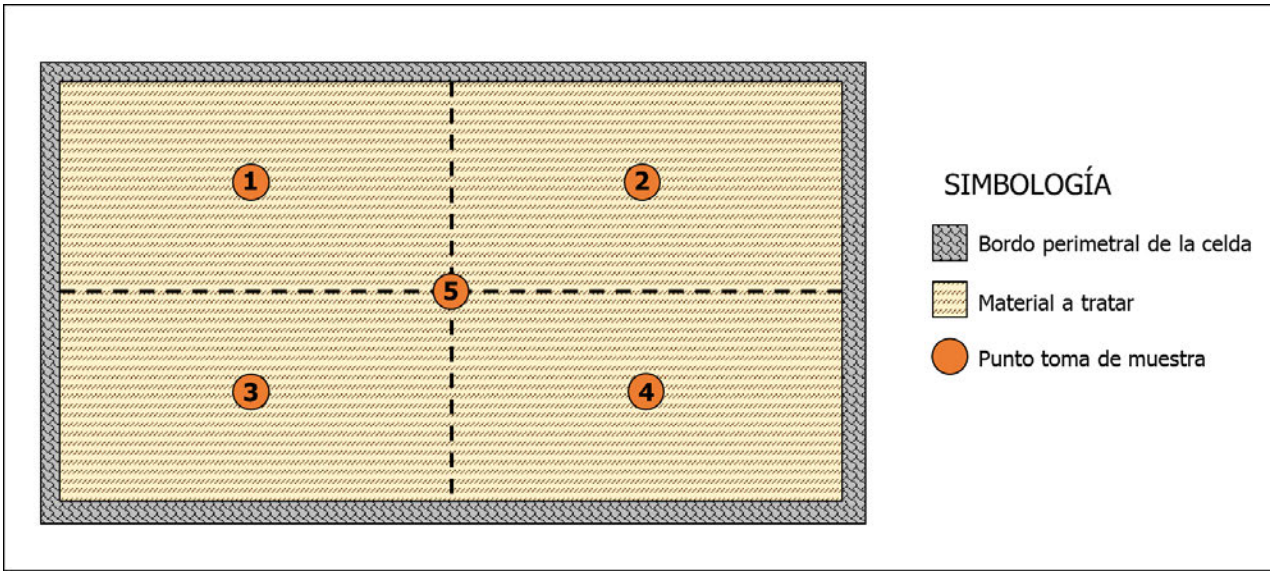


Figura 29. División de la celda de tratamiento para la toma de muestras puntuales

Antes de realizar la toma de muestras, se recomienda que en la celda se homogenice el material en tratamiento, con esto se procede a la toma de 5 muestras en cada uno de los puntos seleccionados, para su análisis.

El análisis de los resultados de los controles indicará el avance y eficiencia del tratamiento y a través de ellos se determinará cuando se ha alcanzado el nivel de limpieza o saneamiento del suelo afectado. Una vez que se ha logrado alcanzar los valores de limpieza deseados, se programará el muestreo de liberación en presencia de las autoridades ambientales.

13.2.6 Evaluación final

Una vez que se tiene la certeza de que se ha logrado reducir la concentración del Hidrocarburo Fracción Ligera y Fracción Pesada y una vez que estas se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 correspondiente a suelo de uso agrícola y forestal, se procederá a solicitar el Muestreo Final Comprobatorio.

Se propone que, para el muestreo final, la celda sea dividida en 4 secciones y al centro de cada sección se ubique el punto de muestreo y se tome 2 muestras a la profundidad de 0.50 m y 1.00 m del espesor que ocupa el material dentro de la celda.

El total de muestras finales a tomar será de:

- Celda 1: 8 muestras

Adicionalmente se tomarán 1 muestra duplicada para un total de 9 muestras.

El muestreo y análisis de laboratorio será realizado por un laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA, determinando solo Hidrocarburos Fracción Media y Fracción Pesada, de acuerdo a lo establecido en la 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.

En la siguiente figura se presenta la distribución de los Puntos de Muestreo en las Celdas de tratamiento.

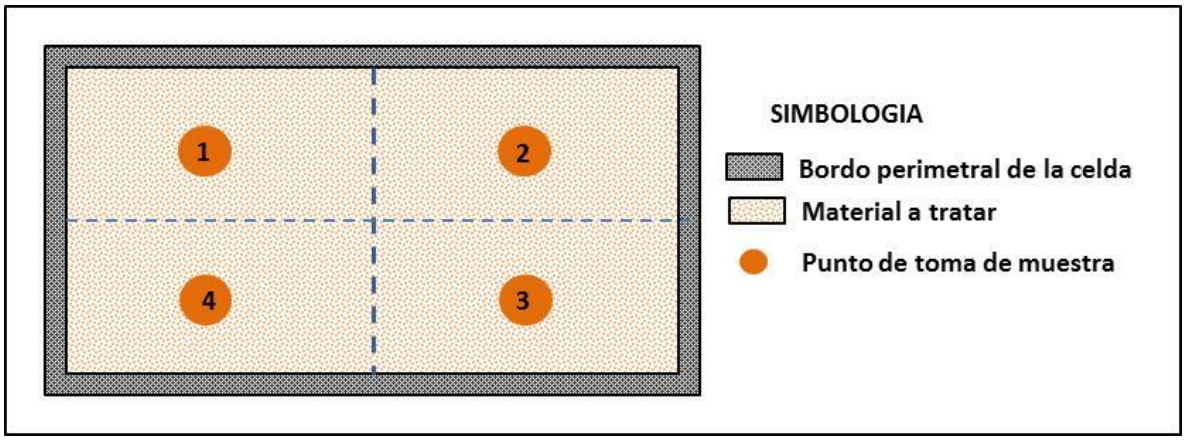


Figura 30. Puntos de muestreo en las celdas de tratamiento para la toma de muestras finales

13.2.7 Informe final y reintegración de material a su lugar de origen

Al final del proceso, el suelo restaurado deberá de ser reintegrado a su lugar de origen, para lo cual se deberá de cargar, transportar y colocar en su sitio original, compactándolo, con la finalidad de dejarlo lo más cercano posible a las condiciones topográficas y de nivel en que se encontraba antes de ser excavado.

Una vez retirado todo el material se procederá a desmantelar la celda de tratamiento y disponer en el tiradero municipal todo el material que sea considerado como residuo no peligroso. Se realizará la limpieza y nivelación del terreno.

Una vez concluidos los trabajos de remediación, se elaborará el Informe Final de los Trabajos de Restauración con el fin de realizar posteriormente el trámite correspondiente al cierre del Programa de Remediación.

13.2.8 Tiempo requerido para el tratamiento.

Se estima que para la restauración del suelo mediante el sistema de Biorremediación *"On Site"*, el tiempo requerido es de 3.0 meses.

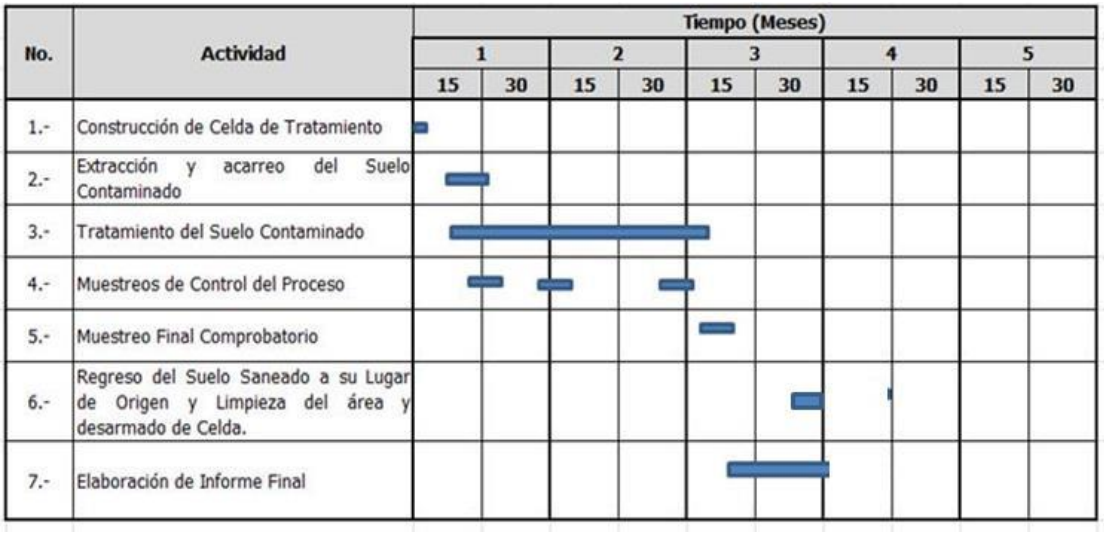


Figura 31. Tiempo requerido para Biorremediación por Biopilas *"On Site"*.

AUTOTANQUES PETROQUÍMICOS S.A DE C.V.

PROPUESTA DE REMEDIACION

FORMATO SEMARNAT-07-035

PARA EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX.

FEBRERO DEL 2021

CONSULTORIA AMBIENTAL, ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

PROPUESTA DE SAMEAMIENTO

PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE UN AUTOTANQUE EN LA CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX

1 PLAN DE SANEAMIENTO

En el Estudio de Caracterización para evaluar contaminación de suelo por derrame de gasolina por volcadura de un autotanque en la carretera México-Toluca Km 31+950, Colonia Las Cruces, Alcaldía Cuajimalpa, CDMX; se identificó:

- Que se tiene una superficie afectada de 1,418.45 m^2 generando 1,470.50 m^3 de suelo contaminado.
- Que al volumen de suelo contaminado que se determinó para las 5 áreas afectadas, se le deberá sumar los 165 m3 dispuesto en las celdas de confinamiento temporal, lo que generó un gran total de 1,635.50 m^3, de suelo contaminado a causa del derrame de 30,825 L de Gasolina Premium.
- Que la profundidad de afectación donde se tiene suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera, se identificó hasta los 1.60 m, ubicándose la mayor profundidad en la zona 4, la cual es la más alejada del punto de derrame.

En la siguiente tabla se presentan los datos generales de las Plumas Contaminantes sobre las que se realizarán los trabajos de saneamiento, y se incluye el suelo contaminado dispuesto en las Celdas de Confinamiento.

Tabla 1. Resumen de las zonas contaminadas con HFL por estrato.

Celda	Contaminante	Volumen (m3)
Área 1	HFL	113.95
Área 2	HFL	1,105.38
Área 3	HFL	94.86
Área 4	HFL	105.71
Área 5	HFL	50.60
Celdas de Confinamiento Temporal	HFL e HFP	165.00
TOTAL		**1,635.50**

Por lo anterior se establece que para realizar el saneamiento en cada Pluma Contaminante se tiene que considerar las características del producto a eliminar, en este caso la Gasolina, que 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.

Asimismo, como resultado de las actividades de atención de la emergencia (ANEXO A), se tiene material contaminado en las celdas temporales de confinamiento. Para el saneamiento de este material la técnica de remediación a implementar propuesta es biorremediación por biopilas a un lado del 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 capaces de degradar los hidrocarburos, 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 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 armados con tubería de PVC y una red de interconexión de tubería de PVC en la zona contaminada, los que 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 deben de conocer las características y dimensiones del área de las plumas contaminantes. Las plumas de contaminación abarcan una superficie total de 1,418.45 m^2, sin embargo, para asegurar que toda el área sea remediada se tomará en cuenta la superficie del polígono inicial delimitado (1,544.89 m^2) para el diseño de la retícula, así como la división de cada área en función de su profundidad afectada.

Se propone la instalación de pozos utilizando tubería de PVC cédula 40 de 2.0" de diámetro, con tubería lisa en los primeros 15 cm y posteriormente ranurada y con una longitud en cada zona 10 cm mayor a la profundidad a la que se identificaron los estratos con contaminación fuera de norma. En el empacado de los pozos se utilizará gravilla o arena

como filtro, un tapón de bentonita como sello arriba de la gravilla o arena y una base de cemento en la parte superior.

Los pozos se equiparán con válvulas y accesorios que permitan regular los flujos y estarán conectados a bombas de presión/vacío para la inyección y/o 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. En cada pozo se instalarán tapones herméticos que garanticen que no se infiltren sustancias indeseadas, y además cada pozo en la superficie del terreno contará 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 3.0 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 3.5 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 148 pozos en total, distribuidos en las zonas 1 a la 5 contaminadas identificadas.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de pozos que se propone en cada una de las zonas y las profundidades a las que deberán instalarse.

Tabla 2. Número de pozos a instalar en cada una de las zonas afectadas para el tratamiento de bioventeo para la remoción de HFL.

Estrato (m)	Zonas	Profundidad de instalación de los pozos del sistema de bioventeo(m)	No. Pozos por zona
0.00-1.00	Área 1	1.30	8
0.00-1.20	Área 2	1.60	76
0.00-0.30	Área 3	0.60	27
0.00-1.30	Área 4	1.70	5
0.00-0.30	Área 5	0.30	32
		TOTAL	**148**

A través de estos pozos se realizará la inyección-extracción de aire y vapores y la aplicación de las soluciones utilizadas en el tratamiento. En las siguientes figuras; se muestra la retícula diseñada para cada una de las zonas a remediar.

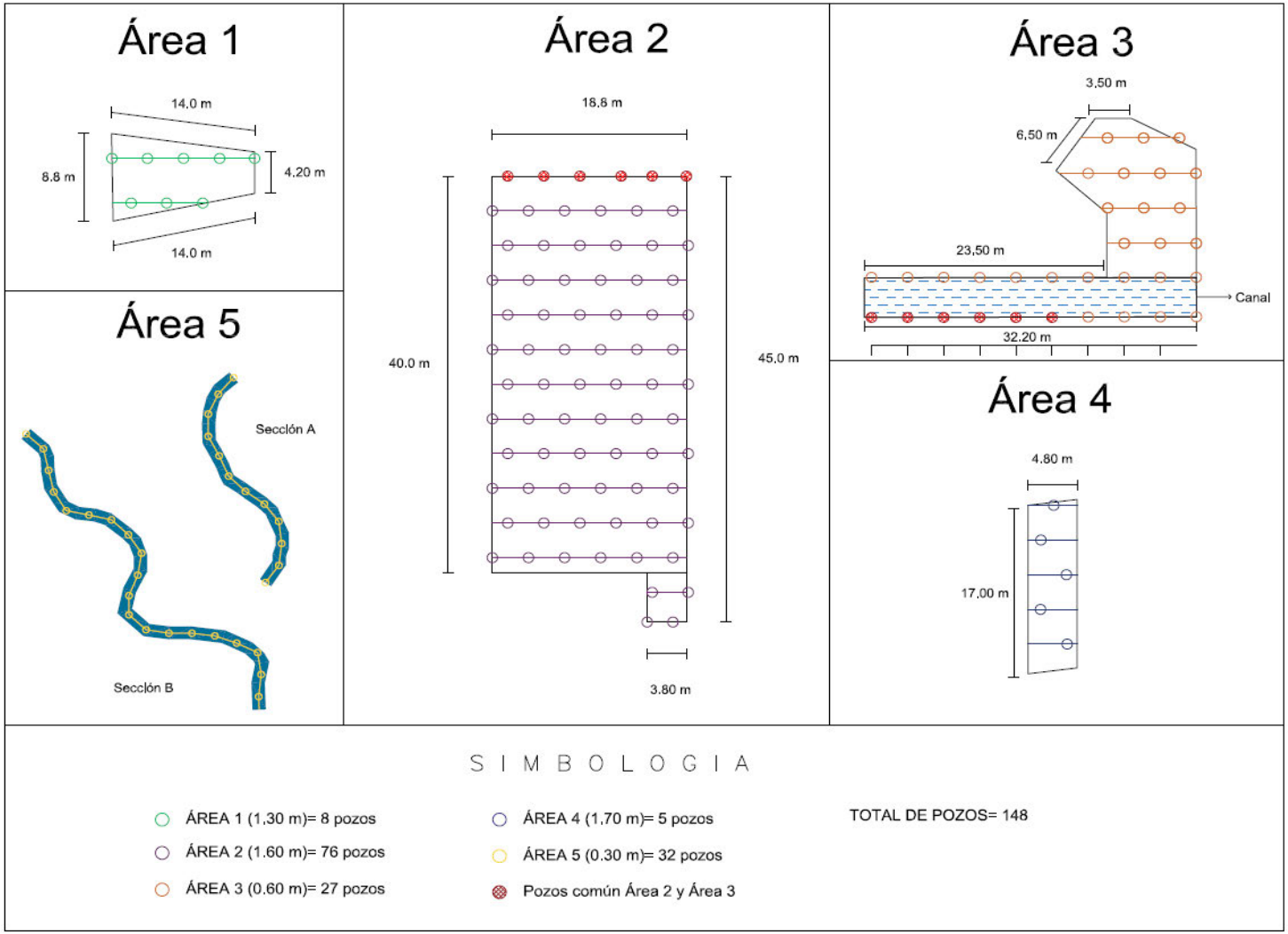


Figura 1. Distribución de los pozos en las Áreas 1, 2, 3 y 4 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

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

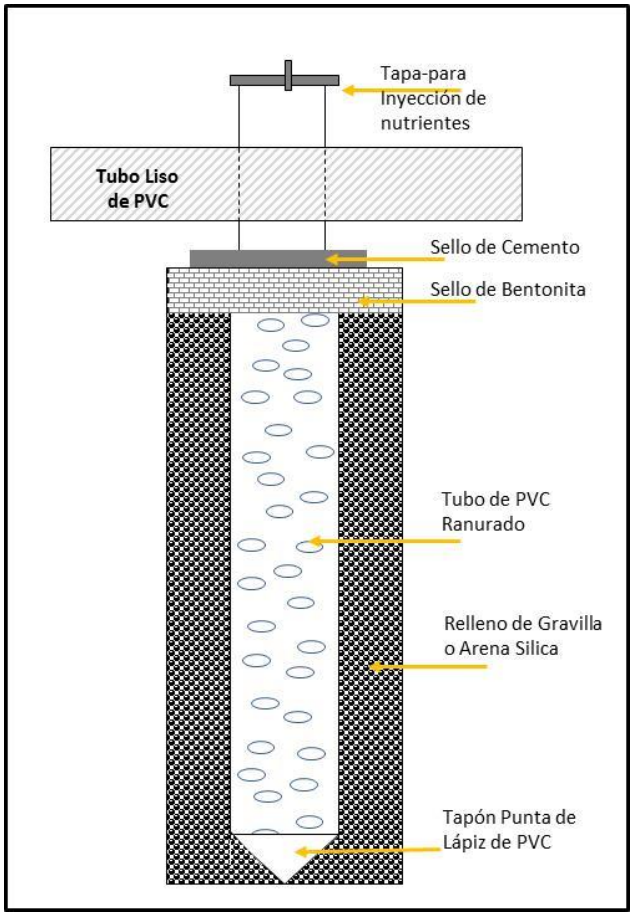


Figura 2. Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

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 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 ft^3 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, sustancias químicas, etc.

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	100 115 145	7 8 10	297 283 241	10.5 10 8.5

PUERTO DE DESCARGA		PESO	DIMENCIONES
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 VENTEO/ 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 horas 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″
- Extensión de 18″ para perforadora con eje de 7/8
- Modelo EXT18

- Brocas de 2 y 4" para perforadora 8900E y 9800E
- Modelo EA4F
- Característica especial: Armada de acero

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

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

1.1.5 Listado de materiales y equipo a emplear

En las tablas a continuación se presenta el listado, así como las Hojas de Seguridad de los Insumos y la Hoja de Especificaciones de los Equipos.

Tabla 3. Productos para Tratamiento

Producto	Cantidad (Aprox.)
Urea*	250 kg
Triple 17*	250 kg
Carbón Activado*	50 kg

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 4. Material a Utilizar para Construcción de Pozos.

Material	Cantidad
Arena o gravilla.*	3.5 m3
Cemento.*	350 kg
Bentonita.*	175 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2”.	1,876 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 2”.	689 Pzas.
Tee de PVC cédula 40 de diámetro de 2”.	602 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 2”.	39 Pzas.
Codos de 90 de PVC cédula 40 de diámetro de 2”.	68 Pzas.
Válvulas para regular flujos.	30 Pzas.
Pegamento para PVC.	6 L

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 5. Equipo a Utilizar.

Material	Cantidad
Equipo de Inyección de aire-bomba de vació	3
Generador de energía Honda EG6500-CX	3
Planta Eléctrica Honda EP2500 de 50 Hz/60 Hz	1
Equipo de Perforación	1
Equipo para toma de muestras de suelo	1
Equipo Petro Flag	1

*Se anexa Hoja de Especificaciones.

1.1.6 Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento

1.1.6.1 Instalación del Sistema de Tratamiento

Para llevar a cabo los trabajos para realizar la instalación del sistema de tratamiento se seguirán las siguientes actividades:

1. Identificación y Delimitación de las Plumas Contaminantes

2. Marcado de la ubicación de los pozos y de las líneas del sistema de tratamiento.
3. Perforación de pozos
4. Armado e instalación de los pozos, incluye colocación de tubería lisa-ranurada, empacado con gravilla, sellado con bentonita y cemento.
5. Colocación de tubería de interconexión entre los pozos, armándolos por sistemas con válvulas de seccionamiento y puntos para toma de medición de COV´s y para inyección de nutrientes.
6. Instalación de Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació con filtro de carbón activado en el punto de emisión.
7. Instalación de equipo generador de electricidad para la operación del equipo de Inyección-Bomba de Vació.
8. Instalación de mangueras de conexión del Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació a los sistemas de pozos ya instalados.

1.1.6.2 Operación del Sistema de Tratamiento

Para llevar a cabo los trabajos para el del sistema de tratamiento se seguirán las siguientes actividades (ver Diagrama de Flujo):

1. Se realiza la conexión del sistema de tratamiento al Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vació con filtro de carbón activado en el punto de emisión.
2. Se inicia el tratamiento con la inyección de aire limpio a los pozos y el tiempo de operación por sistema será de al menos 2 horas. El equipo utilizado se ajustó a la cantidad de pozos, cumpliendo que cada pozo recibiera del orden de 3 ft^3 por minuto de aire, Esa es la razón por la cual se subdividió en varios sistemas cada Zona Contaminada.
3. Una hora después del inicio de la inyección de aire, se inyecta nutrientes a cada pozo y se continúa con la aireación hasta completar el ciclo, estimulando de esta manera el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos autóctonos utilizados para el tratamiento.
4. Una hora después de haber iniciado la inyección de aire, paralelamente en el sistema que se ubica junto al que se está inyectando aire, se procede a la extracción

de los vapores generados y que son dirigidos a un filtro de carbón activado, para atrapar los vapores y el aire expulsado salga limpio.

5. Al final del proceso de inyección en los pozos donde se agregó aire, se procede a realizar extracción de vapores por un período de 15 minutos y se inyecta aire nuevamente por 15 minutos. Con esta acción se eliminan los vapores liberados por la inyección de aire y se enriquece nuevamente la atmósfera con oxígeno para que se favorezca el crecimiento de microorganismos.
6. Este proceso se repite en cada sistema de tratamiento instalado de forma continua todos los días.
7. Cada 3 días se realiza la medición de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s) con un equipo Gastech, en al menos 5 pozos de cada sistema, tomando el registro de las lecturas del equipo.
8. El proceso de tratamiento, se dividió en tres fases, cada fase tuvo un periodo de 15 días, y al final de cada periodo se realizó la toma de muestras de suelo para su análisis por Hidrocarburos Fracción Ligera, para monitorear el avance del proceso de tratamiento.
9. La preparación de la solución de nutrientes a aplicar consiste en vaciar a un tanque de 4.5 m3, ¼ de costal de 50 kg de Urea (12.5 kg) y ¼ de costal de 50 kg de triple 17 (12.5 kg), se mezcla de forma homogénea y se aplica.
10. Se realiza la revisión de forma periódica del filtro de carbón activado y de ser necesario por estar saturado, se sustituye con carbón activado limpio.
11. En función de los resultados que se obtengan de los análisis de campo, se evaluara el funcionamiento y eficiencia del tratamiento, realizándose ajustes de ser necesario (p.e. tiempo de aireación, tiempo de extracción, aplicación de nutrientes).
12. Una vez que los resultados de los análisis de campo muestren valores menores a los LMP, y que un análisis en laboratorio lo haya corroborado, se considera que se ha alcanzado la meta buscada con el tratamiento de disminuir o eliminar los Hidrocarburos Fracción Ligera, por lo que se propondrá el Muestreo Final de Liberación.

El nivel propuesto a alcanzar en el sitio para la remediación del suelo, considerando que solamente se tiene Hidrocarburos Fracción Ligera fuera de norma, de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal es de 200 mg/kg de HFL; (ver Tabla 33).

Tabla 6. Límites máximos permisibles de Hidrocarburos Fracción Ligera para Uso de Suelo Agrícola, Forestal, Pecuario y de Conservación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012)

Parámetro	**Límite Máximo Permisible (mg/kg base seca)**
Hidrocarburos Fracción Ligera	200

1.1.7 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 a profundidades diferentes de acuerdo a la zona, se propone que se recolecten muestras para análisis en campo de las profundidades de muestreo antes realizadas: 0.15, 0.30, 1.00, 1.20 y 1.30 m (una muestra por punto, para cada una de las zonas). Se proponen tres puntos de muestreo en cada evento, en los muestreos correspondientes a los días 15 se evaluarán las zonas impares (1, 3 y 5) y en los muestreos correspondientes a los días 30 las zonas pares (2 y 4). De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar.

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

Cuando se considere que el sitio ha sido restaurado y antes de solicitar el muestreo final comprobatorio a la autoridad correspondiente, se realizará un muestreo previo del cual se enviarán 3 muestras tomadas en la zona a la profundidad correspondiente a un laboratorio para el análisis de HFL; y de esta forma verificar que el sitio se encuentre en las condiciones adecuadas para solicitar la evaluación final.

1.1.8 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 establecido en la Tabla 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, que recomienda el número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada. Teniendo en cuenta el sitio en cuestión, se proponen 13 puntos de muestreo en las áreas restauradas. Para el muestreo final, se propone para cada área el número de puntos de muestreo y la cantidad de muestras que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Puntos de Muestreo y cantidad de muestras para Muestreo Final Comprobatorio para las Áreas 1, 2, 3, 4, y 5.

Área	Puntos de Muestreo	Profundidad de Muestra	Total No. de muestras
1	2	0.50 m 1.00 m	4
2	5	0.60 m 1.20 m	10
3 canal	3	0.15 m	3
3	2	0.30 m	2
4	1	0.60 m 1.30 m	2
5	3	0.15 m	3
		Total	**24**
		Adicionales	**2**
		Total Muestras	**26**

Los niveles de limpieza deberán de ser los establecidos en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 correspondiente a 200 mg/kg para HFL, para uso de Suelo Agrícola y Forestal.

1.1.9 Informe final y reintegración de material a su lugar de origen

Al final del proceso, previo reconocimiento por parte de la autoridad de que se ha cumplido con los objetivos de sanear el sitio, se procederá a desarmar la red del sistema de tuberías y a extraer la tubería de los pozos, se retirará las bases de concreto y se limpiara y nivelara (de ser necesario) 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.

1.1.10 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 ratamiento, 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								
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"

1.2 Propuesta de Saneamiento para suelo contaminado con HFP

Para el saneamiento del suelo que está dispuesto en las celdas de confinamiento temporal contaminado con Hidrocarburos Fracción Pesada, se propone realizarlo a través de la Técnica de Biorremediación por Biopilas a un lado del sitio contaminado.

La técnica de Biorremediación por Biopilas tiene como alcance proporcionar los lineamientos generales y recomendaciones para efectuar la remediación de suelo contaminado, que asegure la calidad de este para su rehabilitación y recuperación de su uso, de acuerdo a los programas de ordenamiento y uso de suelo correspondientes, que permitan su colocación en los sitios donde fue extraído o en aquellos designados por la autoridad.

Para la realización de la Remediación "*On Site"* (a un lado del sitio contaminado), se considera que previamente ha sido construida una Celda de Tratamiento (que cumpla con las especificaciones técnicas necesarias) a donde será depositado el material contaminado que haya sido extraído del sitio de origen.

Las tecnologías biológicas se basan en un proceso en el cual los sólidos orgánicos se oxidan a formas biológicamente estables como el humus, CO_2, agua y energía.

La versatilidad de estas tecnologías se basa en que puede adaptarse a las necesidades de cada sitio. La estrategia de aplicación del método de *Tratamiento Biológico por Biopilas* involucra el amontonamiento o apilamiento de los suelos contaminados y se estimula la actividad microbiana en el suelo mediante la aireación y la adición de micronutrientes, y agua, adecuando además la temperatura y el pH. La generación de calor debido a la actividad microbiana y al apilamiento del suelo, es alta en el sistema de tratamiento, favoreciendo el desarrollo microbiano. Las dimensiones de las pilas se establecen de acuerdo a la velocidad de generación de calor que se requiera, la cual es el resultado del metabolismo microbiano al degradar el material orgánico y es mayor que la velocidad de disipación de calor a través de la superficie.

1.2.1 Instalación de la biocelda

Derivado de las actividades realizadas para la atención de la emergencia, se construyeron 5 celdas de almacenamiento temporal en las cuales se almaceno el material saturado con hidrocarburos.

Se propone la instalación una celda de tratamiento, con capacidad para tratar un volumen total de suelo contaminado de 165.00 m^3, acumulados en las 5 celdas junto con la vegetación contaminada. El suelo se ubica principalmente en las celdas de confinamiento temporal 1 y 2. El material orgánico correspondiente a las celdas 3, 4 y 5; será triturado e incorporado periódicamente a la celda de tratamiento. Este material además de ser descontaminado, tendrá una doble función dentro de la celda, la primera como abono para aumentar la tasa de degradación, y la segunda como material estructurante

En la siguiente tabla se muestra el volumen de material contaminado correspondiente a cada una de las celdas.

Tabla 8. Volumen de Suelo Contaminado que fue dispuesto en las celdas de Confinamiento Temporal

Celda	Material contaminado	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m^2)	Altura del Material (m)	Volumen de material en la celda (m^3)
1	Suelo y Maleza	10	7	70	1.65	115.50
2	Suelo y Maleza	9.5	9	85.5	1.30	111.15
3	Maleza	19	4.5	85.5	1.50	128.25
4	Maleza	7.0	4.41	30.87	1.61	49.70
5	Maleza	5	3	15.0	1.00	15.00
TOTAL						**419.60**

El suelo contaminado dispuesto en las celdas 1 y 2 es 165 m^3. La instalación de la celda, deberá realizarse para contener los 165 m^3 de suelo contaminado, en pilas de hasta 1.50 m de altura, para lo cual deberá considerar una superficie de al menos 120 m^2.

El procedimiento para la construcción de la celda es el siguiente:

- Se ubica la zona donde se colocará la celda de tratamiento.
- Se retira toda clase de escombro y basura, que pueda dificultar los trabajos.
- Se marca y delimita la zona, diseñando las dimensiones que va a tener la celda de tratamiento, las cuales serán de 12 m de Largo X 13 m de ancho (medida exterior). Estas dimensiones se podrán ajustar de acuerdo a las condiciones del espacio disponible, pero cumpliendo el área requerida.
- Se deberá despalmar el terreno, dando un acabado del piso libre de materiales punzocortantes, piedras y/o troncos. Se deberá generar una pendiente del 2% para favorecer el escurrimiento de los lixiviados y en la parte final se excavará un cárcamo de recuperación.
- Con el material de despalme se construirán los bordos de la celda. Los bordos de la celda serán de 0.50 m de altura, 0.50 m de base inferior y 0.30 m de corona.
- Se colocará una capa de 0.05 m de tepetate en la base (piso) de la celda, o material limpio procedente del despalme del suelo.

- Para colocar de la capa de tepetate en el piso y formar los bordos se utilizará maquinaría, así como también herramienta manual.
- Posteriormente colocar una geomembrana calibre 1000, cubriendo los bordos perimetrales de contención y la zona interna de la celda; así como y el cárcamo de recuperación. En las uniones o empalmes de la geomembrana soldar por medio de termofusión.
- Finalmente colocar en la base de la celda, encima de la geomembrana, una capa de tepetate limpio de 0.05 m de espesor.

Una vez realizadas estas actividades, la celda de tratamiento se encuentra lista para depositar el material contaminado que será saneado.

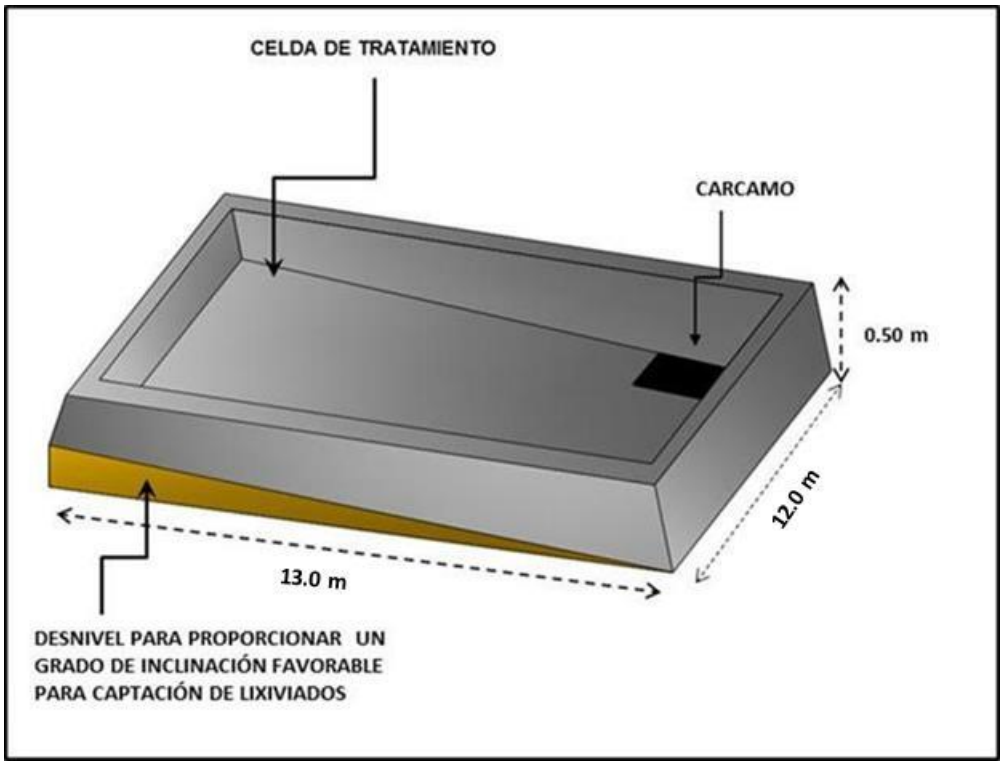


Figura 4. Características de la celda de tratamiento

1.2.2 Disposición del suelo contaminado y colocación en la biocelda

Debido a que el material a tratar ya se tiene contenido en las celdas de almacenamiento temporal, solamente deberá transferir de estas a la celda de tratamiento. Y homogeneizar con el material orgánico triturado de las celdas de almacenamiento temporal 3, 4 y 5.

1.2.3 Tratamiento del Suelo Contaminado en la Biocelda

Una vez depositado el suelo contaminado en las biopilas se procede a agregar el material estructurante (maleza triturada), para favorecer la formación de composta; así como los nutrientes y se homogeniza, a fin de tener una distribución uniforme de los agregados en todo el suelo a tratar. En esta etapa se utiliza retroexcavadora con capacidad de 0.7 yd^3 para remover y homogenizar el material en tratamiento. En este punto se puede presentar el levantamiento de partículas de suelo por el volteo realizado, lo cual se minimizará con irrigación de agua sobre el suelo removido.

Dentro de los cinco días siguientes se removerá el material depositado en las biopilas, a fin de controlar la humedad y el pH, el cual deberá estar en el rango de 6 a 8. Se agregará una solución de nutrientes Urea y Triple 17 a fin de favorecer el crecimiento de los microorganismos. De considerarse necesario se cubrirá la pila con un linner a fin de favorecer la generación de un microambiente más favorable para los microorganismos, facilitando el aumento de temperatura en el material y disminuyendo la perdida de humedad.

Posteriormente se realiza una toma de muestra compuesta de las biopilas para medir las concentraciones de TPH's (Fracción Ligera y Pesada), utilizando el equipo de campo PetroFLAG®, registrando el control de calidad del proceso de tratamiento, el cual será dado por la disminución de concentración del contaminante presente en el suelo tratado. En esta etapa se utiliza retroexcavadora con capacidad de 0.7 yd^3 para remover y homogenizar el material en tratamiento.

Se aplicará la solución de agua con nutrientes de Urea y Triple 17 a todo el material, una vez al día durante la primera semana. La segunda semana, se aplicará cada 2 días y la tercera semana cada 3 días. En cada ocasión se debe homogenizar el material, volteándolo con el apoyo de la maquinaría. Durante todo este período se debe estar controlando su temperatura y humedad. Con el riego del material y el control de humedad se minimizará el levantamiento de las partículas más pequeñas de suelo.

La generación de residuos corresponderá a los envases vacíos en los cuales se almacenaron y se manejaron los nutrientes utilizados en el proceso.

Transcurrido el tiempo de tratamiento, y habiendo disminuido las concentraciones de TPH's a un nivel óptimo de saneamiento en el suelo tratado, se procederá a tomar una muestra final conjuntamente con las autoridades ambientales federales.

Si las concentraciones de TPH's no han disminuido de acuerdo a los límites máximos permisibles de contaminación en suelos afectados por hidrocarburos (Fracción Ligera y Pesada), establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, se verificaran las condiciones ambientales (pH, nutrimentos, aireación, humedad) hasta llevar el proceso de tratamiento a un nivel óptimo, dando el tiempo de degradación necesario hasta obtener concentraciones menores a lo establecido en la normatividad, y se procederá a lo descrito en el párrafo anterior.

Si se logra la disminución de contaminantes presentes en el suelo con el tratamiento aplicado, previa aprobación y/o conocimiento de la autoridad ambiental, se regresará este material a su sitio de origen, el cual se considerará restaurado y podrá ser utilizado para su vocación natural. En esta etapa se utiliza retroexcavadora con capacidad de 0.7 yd^3 y camión con tolva de 7 m^3.

1.2.4 Listado de materiales y equipo a emplear

En las tablas a continuación se presenta el listado, así como las Hojas de Seguridad de los Insumos y la Hoja de Especificaciones de los Equipos.

Tabla 9. Productos para Tratamiento

Producto	Cantidad (Aprox.)
Urea*	250 kg
Triple 17*	250 kg

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 10. Material a Utilizar para Construcción de la Celda.

Material	Cantidad
Linner calibre 1000	170 m2
Suelo limpio para bordos y piso de la celda	50.0 m3
Tanque tipo Rotoplast de 1100 litros	1

Tabla 11. Equipo a Utilizar.

Material	Cantidad
Generador de energía Honda EG6500-CX	1
Motobomba de agua de 2 pulgadas	1
Pistola para termofusión	1
Retroexcavadora Case	1
Equipo para toma de muestras de suelo	1
Equipo Petro Flag	1

*Se anexa Hoja de Especificaciones.

1.2.5 Control del Proceso

El control del proceso se llevará a cabo a través de análisis de campo de muestras de suelo obtenido a diferentes profundidades dentro de la celda, para determinar las concentraciones

de Hidrocarburos Totales del Petróleo “TPH´s” utilizando el equipo PetroFLAG® o analizador portátil de hidrocarburos en suelo. La periodicidad será: al inicio del tratamiento y posteriormente cada 15 días.

En esta etapa se utilizará el muestreador manual Hand Auger para la obtención de las muestras de suelo en las celdas de tratamiento. Se propone que las tomas de muestras sean puntuales y se divida en cuadrantes, como se muestra en la siguiente figura.

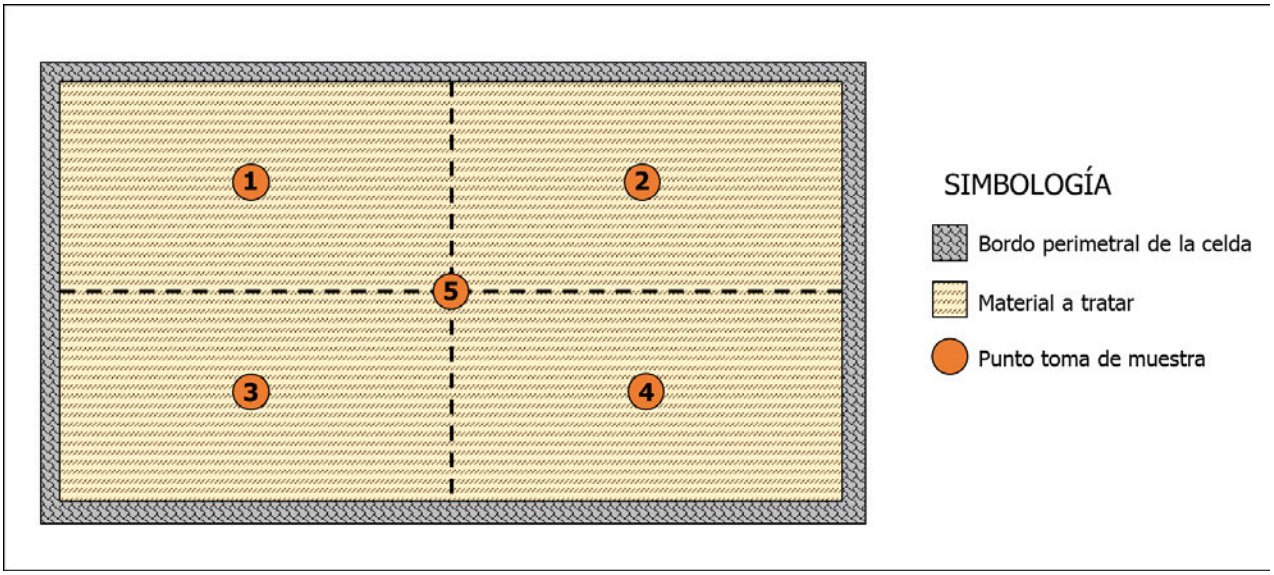


Figura 5. División de la celda de tratamiento para la toma de muestras puntuales

Antes de realizar la toma de muestras, se recomienda que en la celda se homogenice el material en tratamiento, con esto se procede a la toma de 5 muestras en cada uno de los puntos seleccionados, para su análisis.

El análisis de los resultados de los controles indicará el avance y eficiencia del tratamiento y a través de ellos se determinará cuando se ha alcanzado el nivel de limpieza o saneamiento del suelo afectado. Una vez que se ha logrado alcanzar los valores de limpieza

deseados, se programará el muestreo de liberación en presencia de las autoridades ambientales.

1.2.6 Evaluación final

Una vez que se tiene la certeza de que se ha logrado reducir la concentración del Hidrocarburo Fracción Ligera y Fracción Pesada y una vez que estas se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 correspondiente a suelo de uso agrícola y forestal, se procederá a solicitar el Muestreo Final Comprobatorio.

Se propone que, para el muestreo final, la celda sea dividida en 4 secciones y al centro de cada sección se ubique el punto de muestreo y se tome 2 muestras a la profundidad de 0.50 m y 1.00 m del espesor que ocupa el material dentro de la celda.

El total de muestras finales a tomar será de:

- Celda 1: 8 muestras

Adicionalmente se tomarán 1 muestra duplicada para un total de 9 muestras.

El muestreo y análisis de laboratorio será realizado por un laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA, determinando solo Hidrocarburos Fracción Media y Fracción Pesada, de acuerdo a lo establecido en la 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.

En la siguiente figura se presenta la distribución de los Puntos de Muestreo en las Celdas de tratamiento.

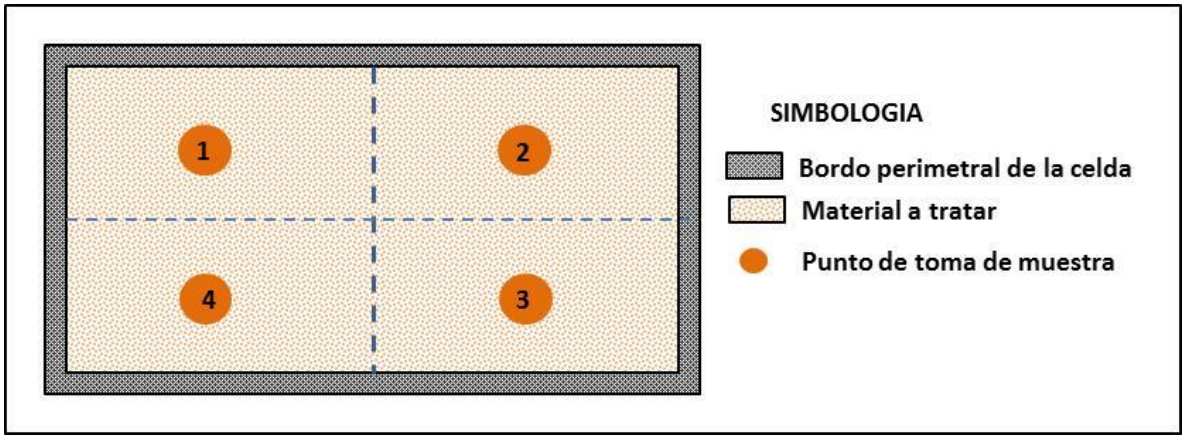


Figura 6. Puntos de muestreo en las celdas de tratamiento para la toma de muestras finales

1.2.7 Informe final y reintegración de material a su lugar de origen

Al final del proceso, el suelo restaurado deberá de ser reintegrado a su lugar de origen, para lo cual se deberá de cargar, transportar y colocar en su sitio original, compactándolo, con la finalidad de dejarlo lo más cercano posible a las condiciones topográficas y de nivel en que se encontraba antes de ser excavado.

Una vez retirado todo el material se procederá a desmantelar la celda de tratamiento y disponer en el tiradero municipal todo el material que sea considerado como residuo no peligroso. Se realizará la limpieza y nivelación del terreno.

Una vez concluidos los trabajos de remediación, se elaborará el Informe Final de los Trabajos de Restauración con el fin de realizar posteriormente el trámite correspondiente al cierre del Programa de Remediación.

1.2.8 Tiempo requerido para el tratamiento.

Se estima que para la restauración del suelo mediante el sistema de Biorremediación *"On Site"*, el tiempo requerido es de 3.0 meses.

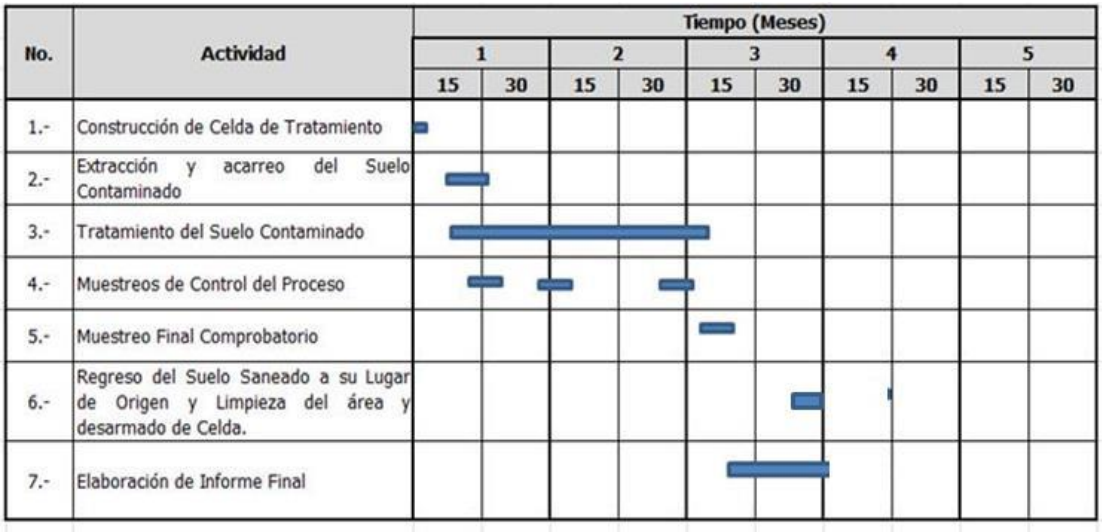
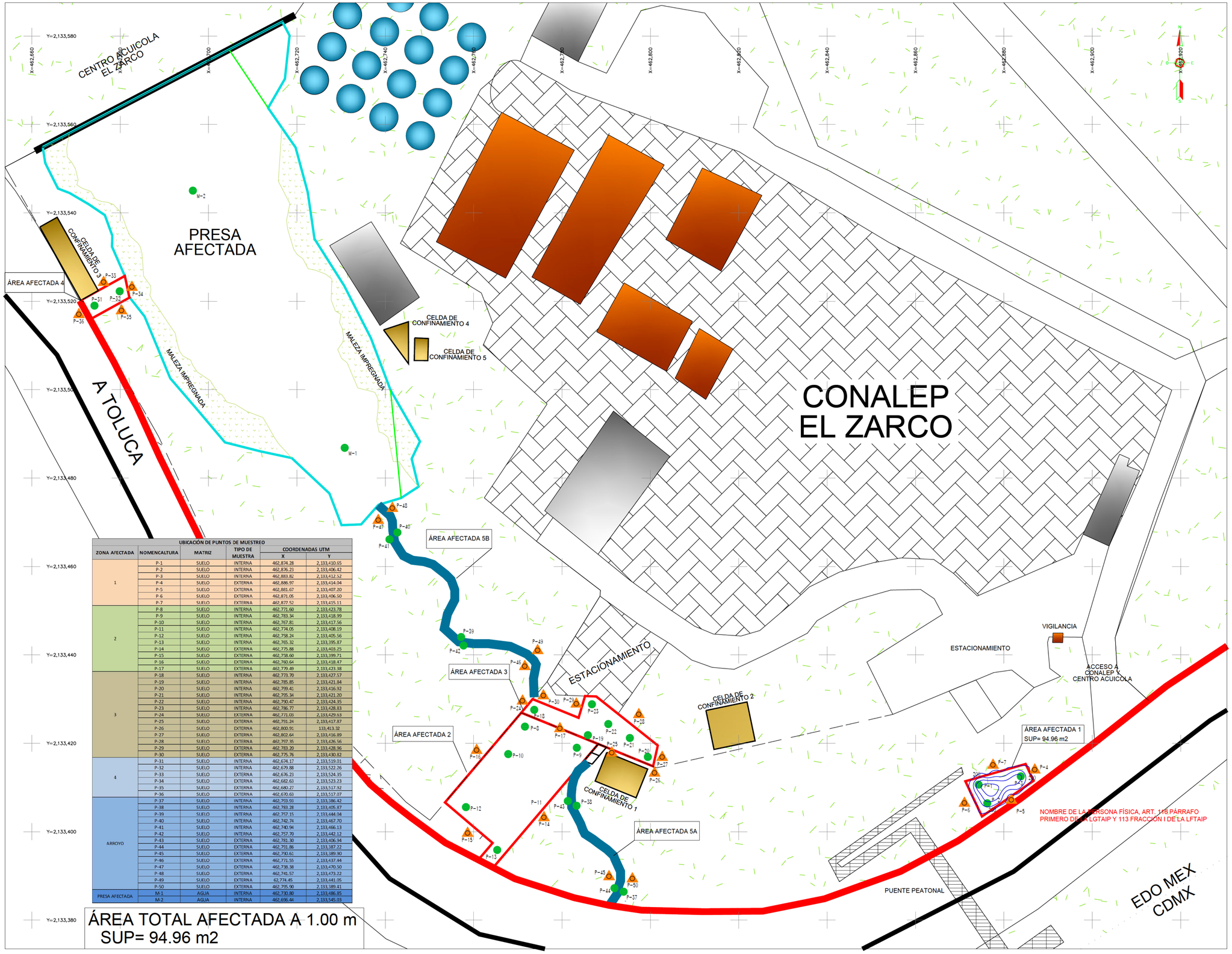
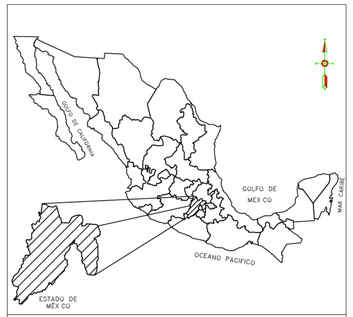


Figura 7. Tiempo requerido para Biorremediación por Biopilas *"On Site".*



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	NOMENCALTURA	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM X	COORDENADAS UTM Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,738.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.63
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	EXTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ARROYO	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,457.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,636.44	2,133,545.03

ÁREA TOTAL AFECTADA A 1.00 m
SUP= 94.96 m2



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

S I M B O L O G I A

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE FUGA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 — CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- CELDA DE CONFINAMIENTO TEMPORAL
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE MUESTREO DELIMITANTE
- PUNTO DE MUESTREO INTERNO
- 200 — LÍNEA DE ISOCONCENTRACIÓN HFL>200 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 10.00 mts.
ZONA UTM	14

SUPERFICIE AFECTADA EN EL ÂREA 1 POR HFL A 1.00 m

DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE TANQUE KM. 31+950 CARRETERA MEXIDCO – TOLUCA, COLONIA LAS CRUCES ALCALDÍA DE CUAJIMALPA, CIUDAD DE MÉXICO.

CAEPSA Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos

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

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

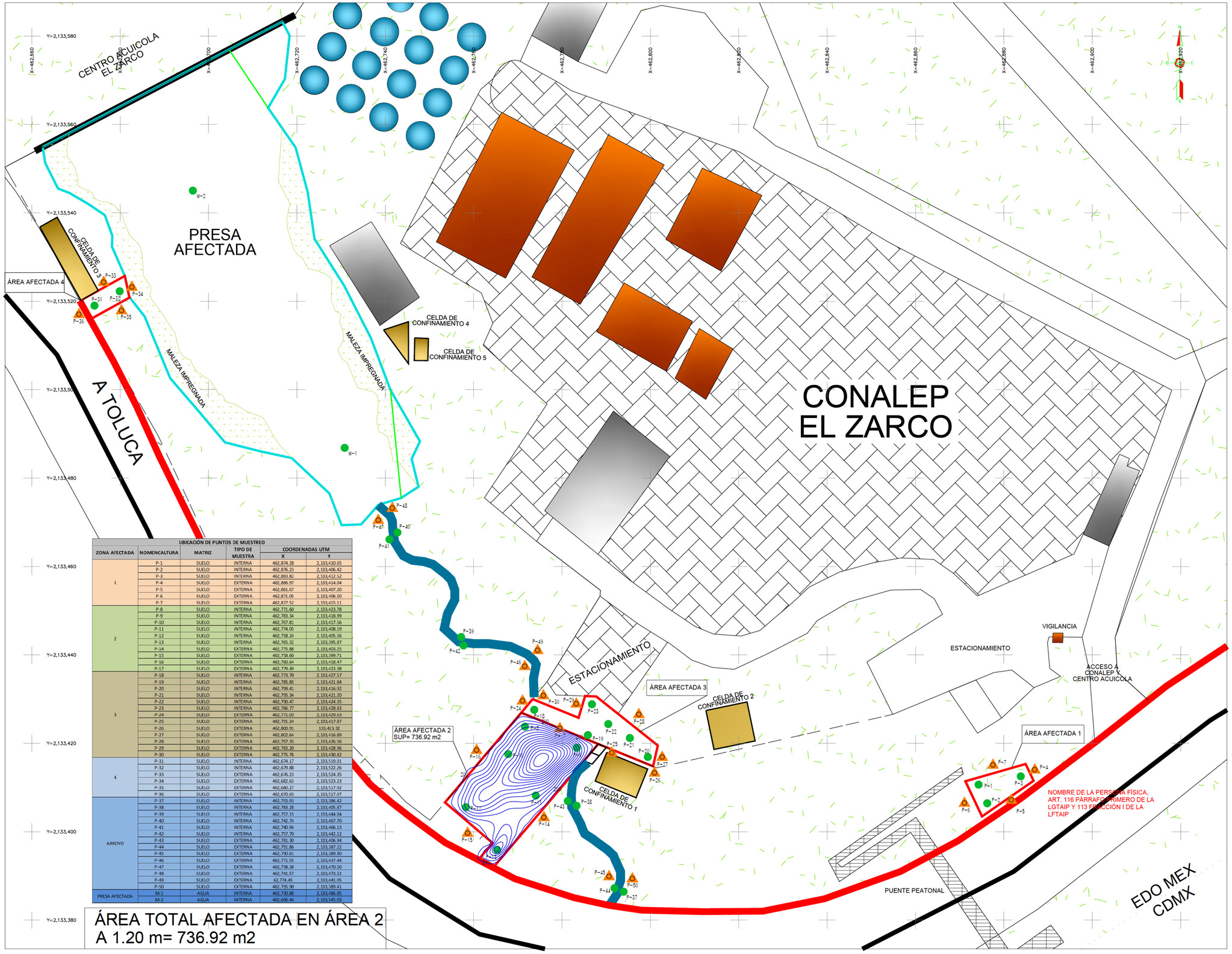
[redacted]

COMPAÑÍA CONTRATISTA: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

FECHA: FEBRERO DE 2021

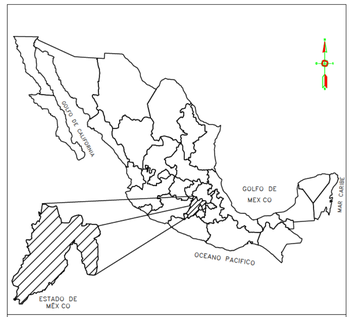
ACOTACIÓN: METROS

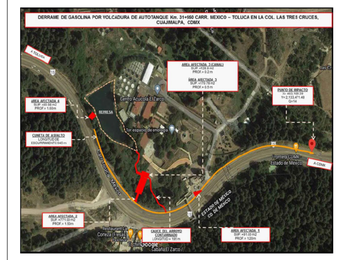
NUMERO DE PLANO: M2



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	NOMENCALTURA	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM X	COORDENADAS UTM Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,738.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.63
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	EXTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ARROYO	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,457.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,636.44	2,133,545.03

ÁREA TOTAL AFECTADA EN ÁREA 2
A 1.20 m= 736.92 m2





LOCALIZACIÓN DEL SITIO

S I M B O L O G I A

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE FUGA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 — CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- CELDA DE CONFINAMIENTO TEMPORAL
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE MUESTREO DELIMITANTE
- PUNTO DE MUESTREO INTERNO
- 200 — LÍNEA DE ISOCONCENTRACIÓN HFL>200 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 10.00 mts.
ZONA UTM	14

SUPERFICIE AFECTADA EN EL ÂREA 2 POR HFL A 1.20 m

DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE TANQUE KM. 31+950 CARRETERA MEXIDCO – TOLUCA, COLONIA LAS CRUCES ALCALDÍA DE CUAJIMALPA, CIUDAD DE MÉXICO.

CAEPSA Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos

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

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

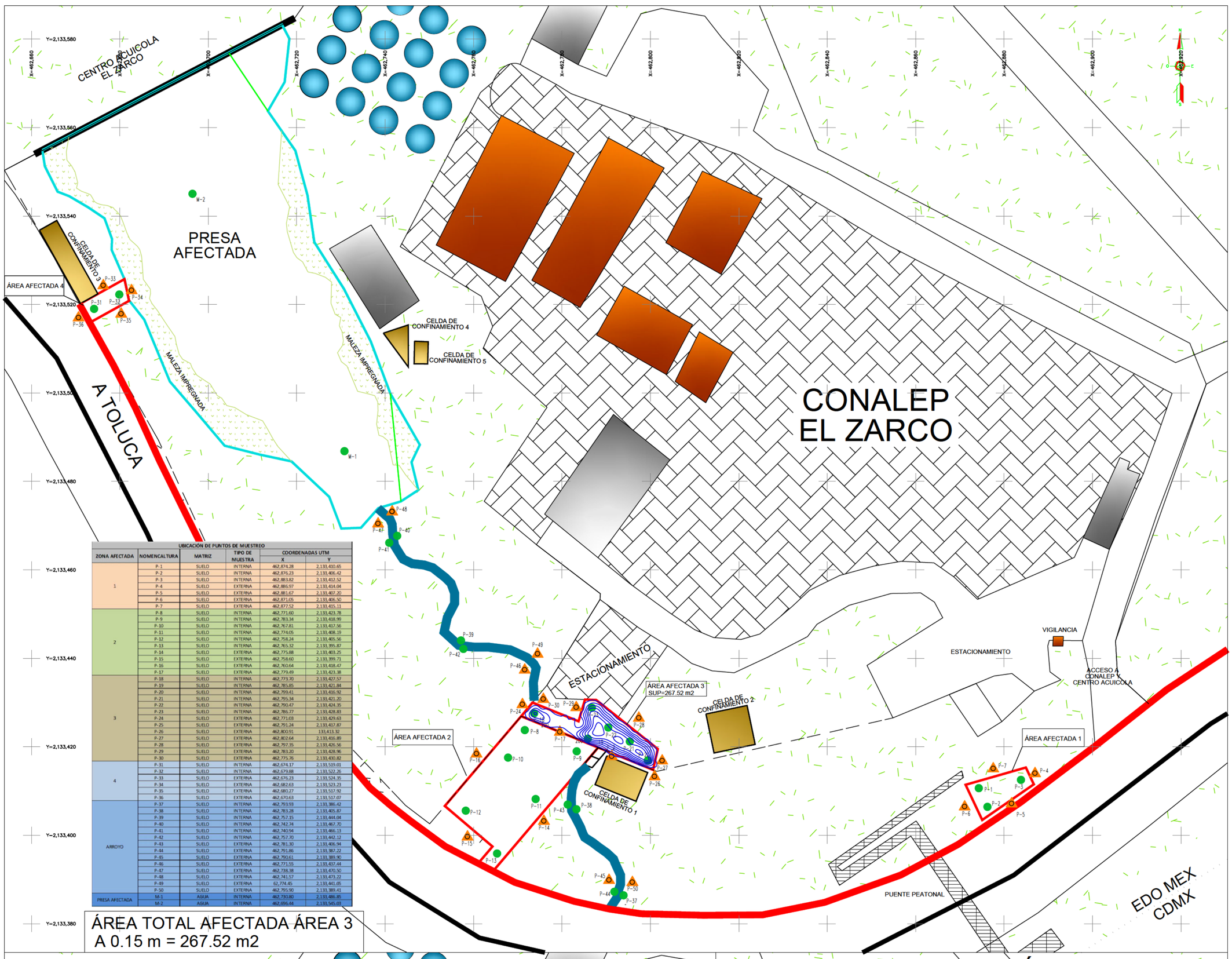
REVISÓ: [redacted]

COMPAÑÍA CONTRATISTA: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

FECHA: FEBRERO DE 2021

ACOTACIÓN: METROS

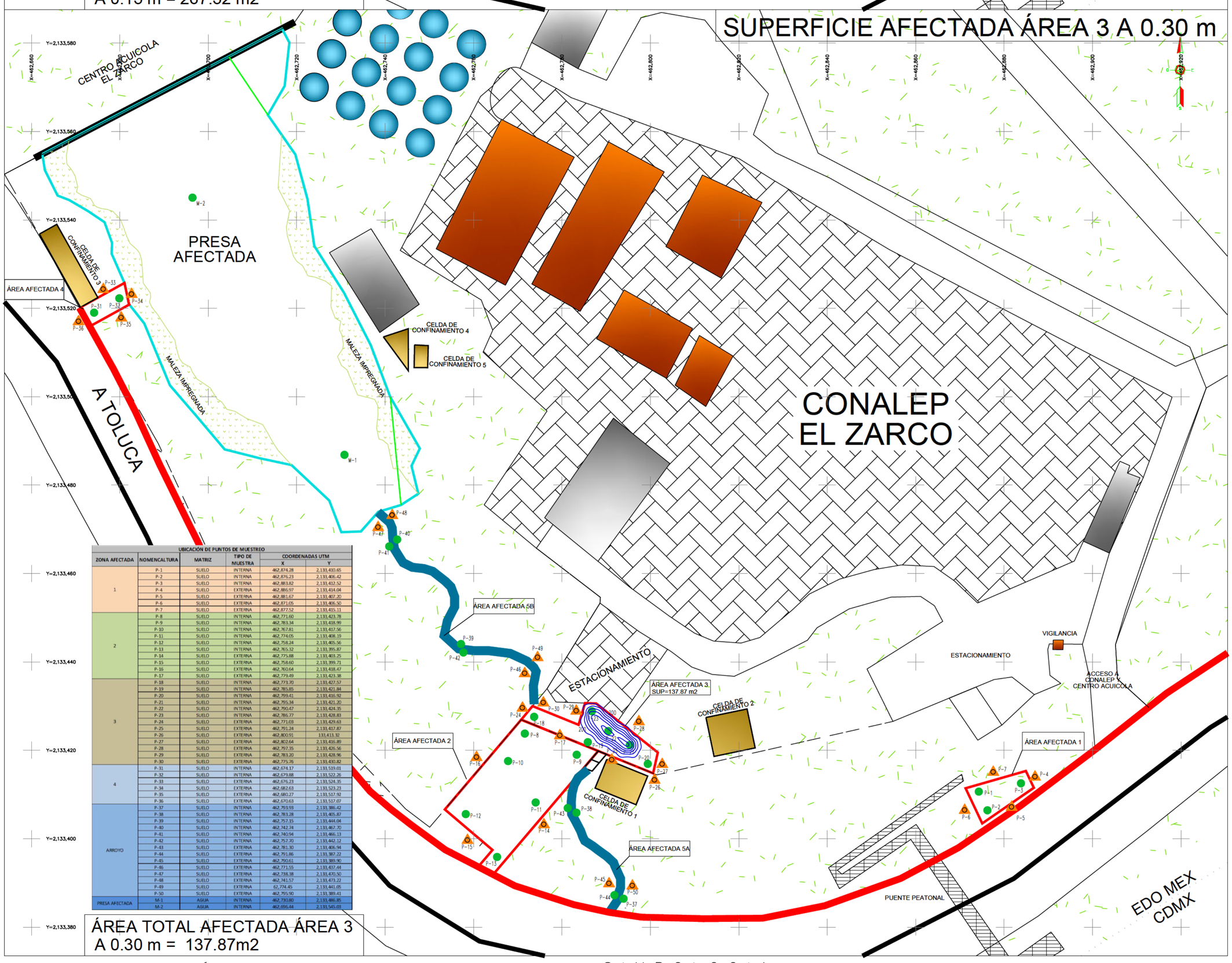
NUMERO DE PLANO: M3



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	NOMENCALTURA	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM X	COORDENADAS UTM Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,758.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.63
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	INTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ARROYO	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,467.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,696.44	2,133,545.03

ÁREA TOTAL AFECTADA ÁREA 3
A 0.15 m = 267.52 m2

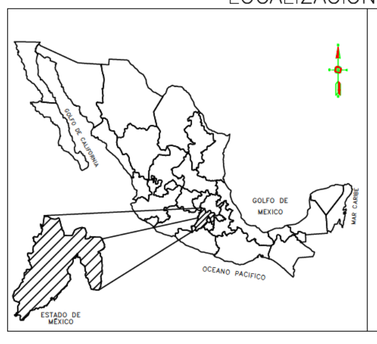
SUPERFICIE AFECTADA ÁREA 3 A 0.30 m



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	NOMENCALTURA	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM X	COORDENADAS UTM Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,758.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.63
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	EXTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ARROYO	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,467.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,696.44	2,133,545.03

ÁREA TOTAL AFECTADA ÁREA 3
A 0.30 m = 137.87m2

LOCALIZACIÓN DEL SITIO



S I M B O L O G I A

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE FUGA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- CELDA DE CONFINAMIENTO TEMPORAL
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE MUESTREO DELIMITANTE
- PUNTO DE MUESTREO INTERNO
- 200 LÍNEA DE ISOCONCENTRACIÓN HFL>200 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 10.00 mts.
ZONA UTM	14

SUPERFICIE AFECTADA EN EL ÁREA 3 POR HFL A 0.15 Y 0.30 m

DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE TANQUE KM. 31+950 CARRETERA MÉXICO–TOLUCA COLONIA LAS CRUCES, ALCALDÍA DE CUAJIMALPA, CIUDAD DE MÉXICO.

LEVANTÓ
CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

DIBUJÓ
CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

[redacted]

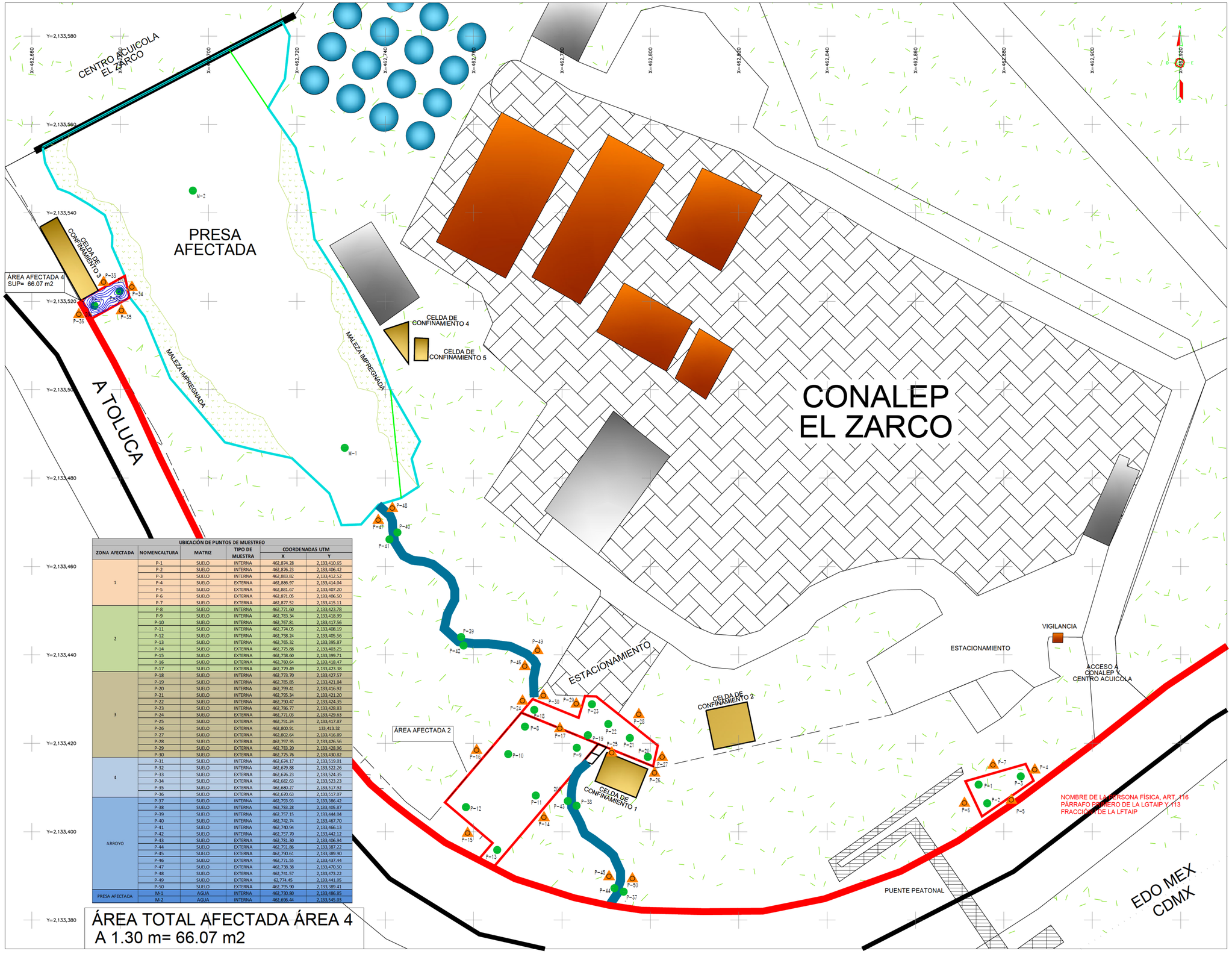
COMPAÑÍA CONTRATISTA
CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

FECHA
FEBRERO DE 2021

ACOTACIÓN
METROS

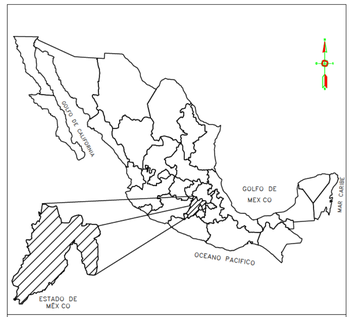
NUMERO DE PLANO
M4

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



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	NOMENCALTURA	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM X	COORDENADAS UTM Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,738.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.53
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	EXTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ARROYO	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,457.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,636.44	2,133,545.03

ÁREA TOTAL AFECTADA ÁREA 4
A 1.30 m= 66.07 m2



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

S I M B O L O G I A

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE FUGA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 — CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- CELDA DE CONFINAMIENTO TEMPORAL
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE MUESTREO DELIMITANTE
- PUNTO DE MUESTREO INTERNO
- 200 — LÍNEA DE ISOCONCENTRACIÓN HFL>200 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 10.00 mts.
ZONA UTM	14

SUPERFICIE AFECTADA ÁREA 4 POR HFL A 1.30 m

DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE TANQUE KM. 31+950 CARRETERA MEXICO – TOLUCA, COLONIA LAS CRUCES ALCALDÍA DE CUAJIMALPA, CIUDAD DE MÉXICO.

CAEPSA Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos

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

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

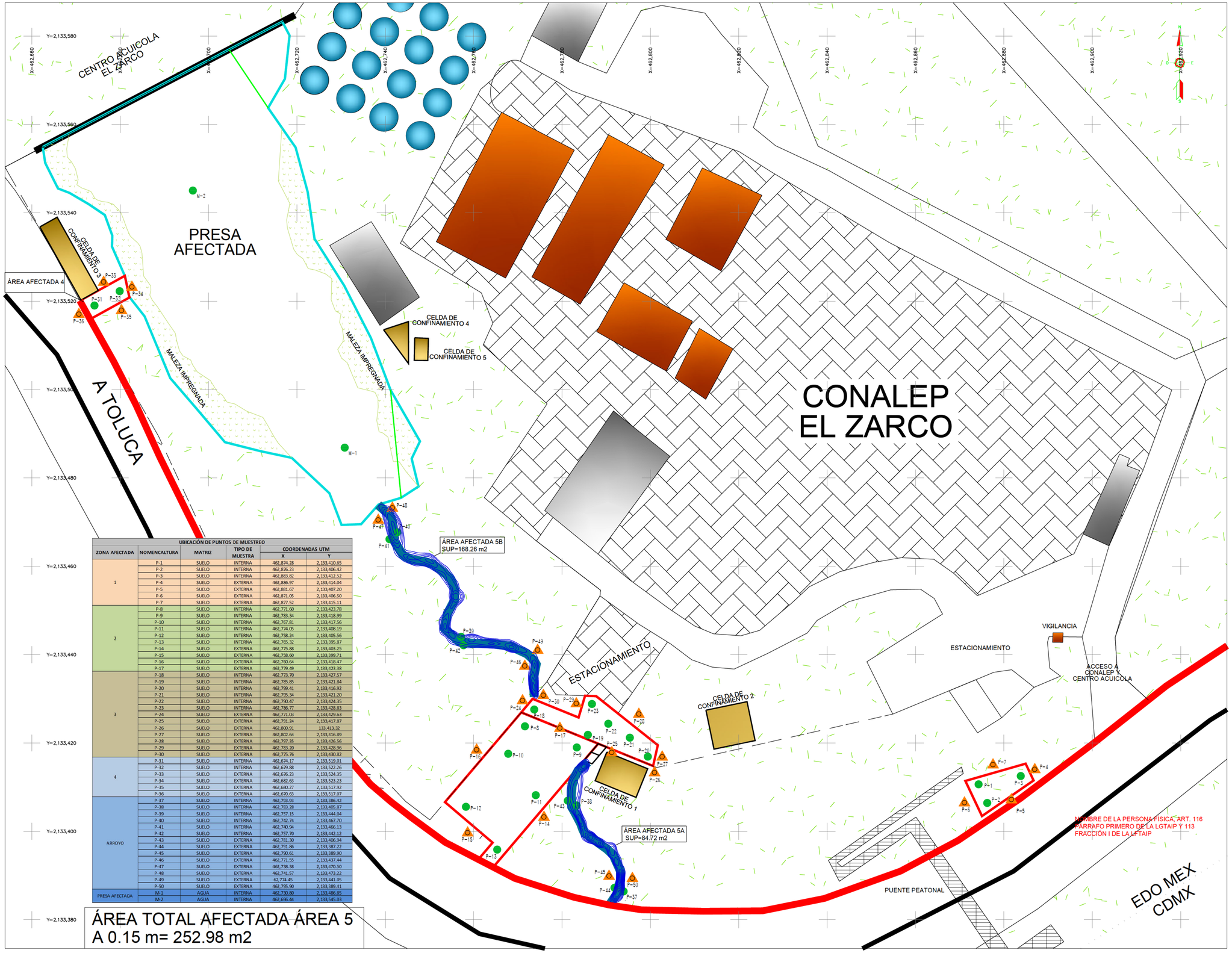
REVISÓ: [redacted]

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

FECHA: FEBRERO DE 2021

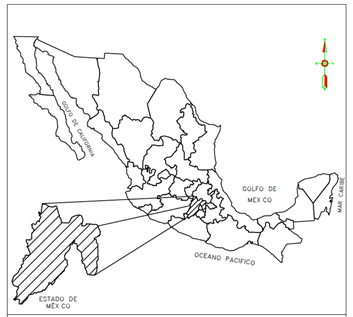
ACOTACIÓN: METROS

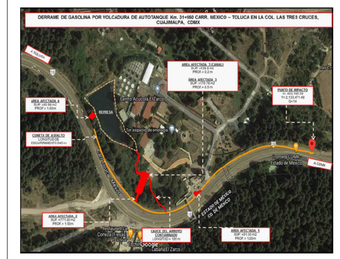
NUMERO DE PLANO: M5



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	NOMENCALTURA	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM X	COORDENADAS UTM Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,738.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.53
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	EXTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ARROYO	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,457.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,636.44	2,133,545.03

ÁREA TOTAL AFECTADA ÁREA 5
A 0.15 m= 252.98 m2





LOCALIZACIÓN DEL SITIO

S I M B O L O G I A

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE FUGA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 — CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- CELDA DE CONFINAMIENTO TEMPORAL
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE MUESTREO DELIMITANTE
- PUNTO DE MUESTREO INTERNO
- 200 — LÍNEA DE ISOCONCENTRACIÓN HFL>200 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 10.00 mts.
ZONA UTM	14

SUPERFICIE AFECTADA ÁREA 5 POR HFL A 0.15 m

DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE TANQUE KM. 31+950 CARRETERA MEXICO – TOLUCA, COLONIA LAS CRUCES ALCALDÍA DE CUAJIMALPA, CIUDAD DE MÉXICO.

CAEPSA Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos

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

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

[redacted]

COMPAÑÍA CONTRATISTA: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

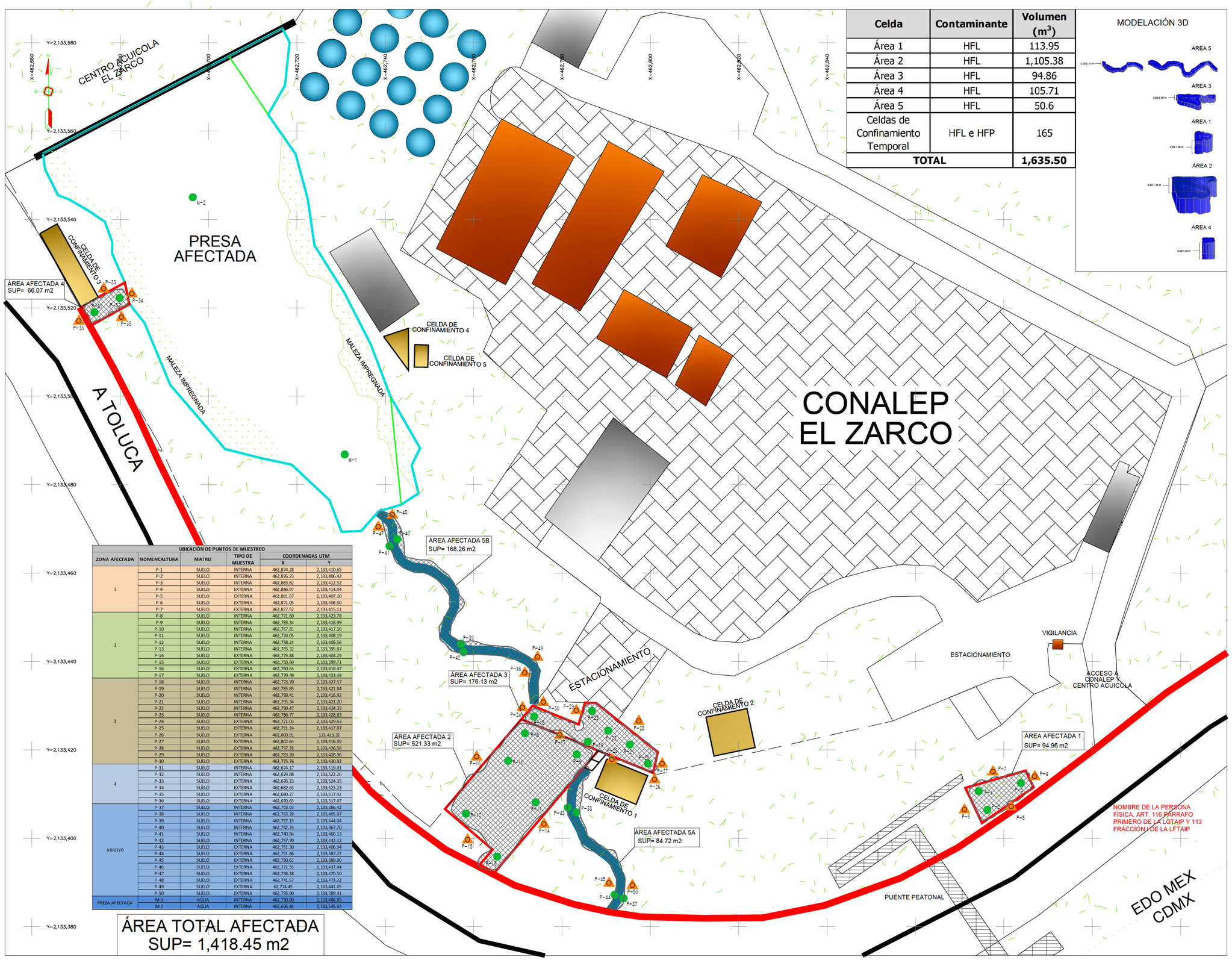
FECHA: FEBRERO DE 2021

ACOTACIÓN: METROS

NUMERO DE PLANO: M6

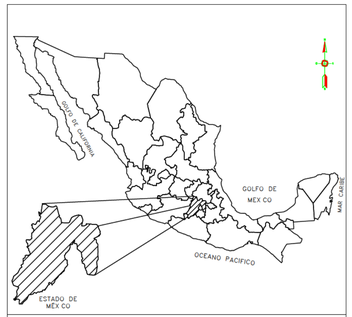
Celda	Contaminante	Volumen (m^3)
Área 1	HFL	113.95
Área 2	HFL	1,105.38
Área 3	HFL	94.86
Área 4	HFL	105.71
Área 5	HFL	50.6
Celdas de Confinamiento Temporal	HFL e HFP	165
TOTAL		**1,635.50**

MODELACIÓN 3D



UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO					
ZONA AFECTADA	NOMENCALTURA	MATRIZ	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS UTM X	COORDENADAS UTM Y
1	P-1	SUELO	INTERNA	462,874.28	2,133,410.65
	P-2	SUELO	INTERNA	462,876.23	2,133,406.42
	P-3	SUELO	INTERNA	462,883.82	2,133,412.52
	P-4	SUELO	EXTERNA	462,886.97	2,133,414.04
	P-5	SUELO	EXTERNA	462,881.67	2,133,407.20
	P-6	SUELO	EXTERNA	462,871.05	2,133,406.50
	P-7	SUELO	EXTERNA	462,877.52	2,133,415.11
2	P-8	SUELO	INTERNA	462,771.60	2,133,423.78
	P-9	SUELO	INTERNA	462,783.34	2,133,418.99
	P-10	SUELO	INTERNA	462,767.81	2,133,417.56
	P-11	SUELO	INTERNA	462,774.05	2,133,408.19
	P-12	SUELO	INTERNA	462,758.24	2,133,405.56
	P-13	SUELO	INTERNA	462,765.32	2,133,395.87
	P-14	SUELO	EXTERNA	462,775.88	2,133,403.25
	P-15	SUELO	EXTERNA	462,738.60	2,133,399.71
	P-16	SUELO	EXTERNA	462,760.64	2,133,418.47
	P-17	SUELO	EXTERNA	462,779.49	2,133,423.38
3	P-18	SUELO	INTERNA	462,773.70	2,133,427.57
	P-19	SUELO	INTERNA	462,785.85	2,133,421.84
	P-20	SUELO	INTERNA	462,799.41	2,133,416.92
	P-21	SUELO	INTERNA	462,795.34	2,133,421.20
	P-22	SUELO	INTERNA	462,790.47	2,133,424.35
	P-23	SUELO	INTERNA	462,786.77	2,133,428.83
	P-24	SUELO	EXTERNA	462,771.03	2,133,429.53
	P-25	SUELO	EXTERNA	462,791.24	2,133,417.87
	P-26	SUELO	EXTERNA	462,800.91	133,413.32
	P-27	SUELO	EXTERNA	462,802.64	2,133,416.89
	P-28	SUELO	EXTERNA	462,797.35	2,133,426.56
	P-29	SUELO	EXTERNA	462,783.20	2,133,428.96
	P-30	SUELO	EXTERNA	462,775.76	2,133,430.82
4	P-31	SUELO	INTERNA	462,674.17	2,133,519.01
	P-32	SUELO	INTERNA	462,679.88	2,133,522.26
	P-33	SUELO	EXTERNA	462,676.23	2,133,524.35
	P-34	SUELO	EXTERNA	462,682.63	2,133,523.23
	P-35	SUELO	EXTERNA	462,680.27	2,133,517.92
	P-36	SUELO	EXTERNA	462,670.63	2,133,517.07
ARROYO	P-37	SUELO	INTERNA	462,793.93	2,133,386.42
	P-38	SUELO	INTERNA	462,783.28	2,133,405.87
	P-39	SUELO	INTERNA	462,757.15	2,133,444.04
	P-40	SUELO	INTERNA	462,742.74	2,133,457.70
	P-41	SUELO	INTERNA	462,740.94	2,133,466.13
	P-42	SUELO	INTERNA	462,757.70	2,133,442.12
	P-43	SUELO	EXTERNA	462,781.30	2,133,406.94
	P-44	SUELO	EXTERNA	462,791.86	2,133,387.22
	P-45	SUELO	EXTERNA	462,790.61	2,133,389.90
	P-46	SUELO	EXTERNA	462,771.55	2,133,437.44
	P-47	SUELO	EXTERNA	462,738.38	2,133,470.50
	P-48	SUELO	EXTERNA	462,741.57	2,133,473.22
	P-49	SUELO	EXTERNA	62,774.45	2,133,441.05
	P-50	SUELO	EXTERNA	462,795.90	2,133,389.41
PRESA AFECTADA	M-1	AGUA	INTERNA	462,730.80	2,133,486.85
	M-2	AGUA	INTERNA	462,636.44	2,133,545.03

ÁREA TOTAL AFECTADA
SUP= 1,418.45 m2



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

S I M B O L O G I A

- LINEA DE DDV
- PUNTO DE FUGA
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- POSTE PEMEX
- ZONA TOTAL AFECTADA POR HFL
- CELDA DE CONFINAMIENTO TEMPORAL
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE MUESTREO DELIMITANTE
- PUNTO DE MUESTREO INTERNO

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 10.00 mts.
ZONA UTM	14

ÂREA TOTAL AFECTADA CON HFL

DERRAME DE GASOLINA POR VOLCADURA DE TANQUE KM. 31+950 CARRETERA MEXIDCO – TOLUCA, COLONIA LAS CRUCES ALCALDÍA DE CUAJIMALPA, CIUDAD DE MÉXICO.

CAEPSA
Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos

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

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

REVISÓ: [redacted]

COMPAÑÍA CONTRATISTA: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.

FECHA: FEBRERO DE 2021

ACOTACIÓN: METROS

NUMERO DE PLANO: M7

COPIAS DE CADENAS DE CUSTODIA MUESTRAS DE SUELO

(ORIGINALES-VER ANEXO I ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN)

Orión 44 Col Prado Churubusco C.P. 04230 Delegación Coyoacán Ciudad de México
TEL 55818876 Fax: 55818871 correo electrónico: caepsa@yahoo.com.mx

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

CADENA DE CUSTODIA

LABSA O.T. Lab.: 12011036 | Identificación: FR-SGC 19.01 | Revisión: 7 | Fecha de última revisión: 2019 09 03 | Inicio de Vigencia: 2013 01-0 [redacted]

[redacted] Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200
Tel: (722) 273 1275
[redacted]

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: caepsa@yahoo.com.mx 55818871

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	HFP	HAP	pH	Humedad	[redacted] muestra	Condiciones de preservación	Temperatura (+/- 2°C)	Observaciones
A1 PI-1-1.0	2011255306	2020 11 24	11:57	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A1 PI 1 1.30	5307	2020 11 24	12:50	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A1-PI-1A 1.0	5308	2020 11 24	11:57	Suelo	1	-	-	X	X	X	X	S	R	4°C	
A1 PI 2 1.0	5309	2020 11 24	14:36	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A1-PI 2-1.30	5310	2020-11 24	15:11	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A1 PI-3 1.0	5311	2020 11 24	13:17	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A1-PI-3 1.30	5312	2020 11-24	13:32	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A1 PE 4 0.30	5313	2020 11 24	15:18	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A1-PE 5 0.30	5314	2020 11-24	15:23	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	6°C	
A1 PE 6 0.30	5315	2020 11 24	15:28	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A1 PE 6 0.30 Dup	5316	2020 11 24	15:28	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A1 PE 7-0.30	5317	2020 11 24	15:33	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2 PI-8 1.20	5318	2020-11-24	15:53	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A2 PI 8 1.60	5319	2020 11 24	15:59	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2 PI 8A 1.20	5320	2020 11 24	15:53	Suelo	1	-	-	X	X	X	X	S	R	4°C	
A2 PI-9-1.20	5321	2020 11-24	16:07	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	6°C	
A2 PI 9 1.60	5322	2020 11 24	16:11	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2 PI 10 1.20	5323	2020 11-24	16:15	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2-PI 10 1.60	5324	2020 11 24	16:18	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A2-PI-11-1.20	5325	2020-11-24	16:22	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
Tipo de Contenedor:						L	L	V	V	V	V				
Tiempo máximo de espera:						14 d	14 d	14 d	14 d	14 d	14 d				
Conservador:						NA	NA	NA	NA	NA	NA				
Volumen de muestras						250g	250g	250g	250g	250g	250g				

(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)
(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo)

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

JCAB

No. de Folio

No. de Proyecto: 200110293

Contacto de LABSA: [redacted]

Contacto del cliente: [redacted]

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:

Recibo de muestras	Recibo de muestras
Nombre y firma:	Nombre y firma: JCAB
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:

[redacted]

Hora: 09:20

Sito de Muestreo: CARRETERA MÉXICO TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX

Requerimientos especiales: NOM-138 SEMARNAT/SSA1 2012 Suelo Agrícola y forestal

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

□: HCl 1:1
●: $Na_2S_2O_3$
0: H_2SO_4 4 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
◉: NaOH
F: Formaldehído 10%
Ω: Ácido Suprapuro
†: Disolución
buffer($(NH_4)_2SO_4$ y NH_4OH)
*: H_2SO_4 1:1
C: HNO_3 1:1

Tipo de muestra: Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple:	Si	X	No	JCAB
Etiquetado cumple:	Si	X	No	

Prioridad	
Normal	X
Urgente	JCAB
Días	

Área sombreada exclusiva de laboratorio

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

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

LABSA O.T. Lab.: 120 110369 | 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: caepsa@yahoo.com.mx 55818871

[redacted]

No. de Folio

No. de Proyecto: 200110293

Contacto de LABSA: Juanne Gabriel Paz [redacted]

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

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	HFP	HAP	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C	Observaciones
A2-PI-11-1.60	2011258326	2020-11-24	16:27	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A2 PI 11-1.60 Dup	5327	2020-11-24	16:27	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A2-PI-12-1.20	5328	2020-11-24	16:30	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2 PI 12 1.60	5329	2020 11-24	16:34	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2 PI-13-1.20	5330	2020-11-24	16:40	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2-PI-13-1.60	5331	2020-11 24	16:43	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A2-PE-14-0.30	5332	2020-11-24	15:52	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2-PE-15-0.30	5333	2020-11 24	16:02	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A2-PE-16-0.30	5334	2020-11-24	15:56	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	6°C	
A2-PE-17-0.30	5335	2020 11-24	15:48	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PI-18-0.15	5336	2020-11 24	11:09	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PI-18 0.30	5337	2020-11-24	11:13	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PI-18-0.30 Dup	5338	2020-11-24	11:13	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A3-PI 18A-0.15	5339	2020 11-24	11:09	Suelo	1	-	-	X	X	X	X	S	R	4°C	
A3-PI-19-0.15	5340	2020 11-24	11:17	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3 PI 19 0.30	5341	2020 11 24	11:19	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	6°C	
A3 PI-20-0.15	5342	2020-11-24	11:25	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PI 20-0.30	5343	2020-11-24	11:27	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3 PI-21 0.30	5344	2020-11-24	11:30	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A3 PI-21 0.60	5345	2020-11-24	11:33	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
					Tipo de Contenedor:	L	L	V	V	V	V				
					Tiempo máximo de espera:	14 d	14 d	14 d	14 d	14 d	14 d				
					Conservador:	NA	NA	NA	NA	NA	NA				
					Volumen de muestras	250g	250g	250g	250g	250g	250g				

(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)
(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilogramo)

JCAD

□: HCL 1:1
●: $Na_2S_2O_3$
0: H_2SO_4 4 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
●: NaOH
F: Formaldehído 10%
Ω: Ácido Suprapuro
†: Disolución
buffer($(NH_4)_2SO_4$ y NH_4OH)
¥: H_2SO_4 1:1
€: HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:
Recibo de muestras	**Recibo de muestras**
Nombre y firma:	Nombre y firma: JCAD
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:

Sito de Muestreo: CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Agrícola y forestal

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	

JCAD

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

CADENA DE CUSTODIA

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

LABSA O.T. Lab.: 120110369 | Identificación: FR-SGC-19.01 | Revisión: 7 | Fecha de última revisión: 2019-09 03 | Inicio de Vigencia: 2013-01-01

[redacted]

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: caepsa@yahoo.com.mx 55818871

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

No. de Folio

No. de Proyecto: 200110293

Contacto de LABSA: [redacted]

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	HFP	HAP	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura (°C)	Observaciones
A3-PI-22-0.30	201125346	2020 11-24	11:36	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A3-PI-22 0.60	5347	2020 11-24	11:39	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A3-PI-23-0.30	5348	2020-11-24	11:43	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PI-23-0.30 Dup	5349	2020-11-24	11:43	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PI-23-0.60	5350	2020-11-24	11:46	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3 PE-24-0.30	5351	2020-11-24	11:55	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A3-PE 25-0.30	5352	2020 11-24	11:58	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A3-PE-26-0.30	5353	2020 11-24	12:07	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A3-PE-27-0.30	5354	2020-11-24	12:13	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3 PE 28-0.30	5355	2020-11-24	12:18	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PE-29-0.30	5356	2020-11-24	12:20	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A3-PE-30-0.30	5357	2020 11 24	12:23	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A4-PI 31 1.30	5358	2020-11-24	13:36	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A4-PI-31-1.70	5359	2020-11-24	13:46	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A4-PI 31-1.70 Dup	5360	2020-11-24	13:46	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A4 PI 31A-1.30	5361	2020-11 24	13:56	Suelo	1	-	-	X	X	X	X	S	R	4°C	
A4-PI-32-1.30	5362	2020 11-24	14:20	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A4-PI-32-1.70	5363	2020-11-24	14:28	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A4-PE-33-0.30	5364	2020-11-24	14:02	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
A4-PE-34-0.30	5365	2020-11-24	14:06	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
				Tipo de Contenedor:		L	L	V	V	V	V				
				Tiempo máximo de espera:		14 d	14 d	14 d	14 d	14 d	14 d				
				Conservador:		NA	NA	NA	NA	NA	NA				
				Volumen de muestras (L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo)		250g	250g	250g	250g	250g	250g				

JCAB

JCAB

JCAB

(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)

□: HCL 1:1
●: Na_2SiO_3
◊: H_2SO_4 4 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
⊕: NaOH
F: Formaldehído 10%
Ω: Ácido Suprapuro
↑: Disolución
buffer(NH_4)$_2SO_4$ y NH_4OH)
«: H_2SO_4 1:1
¢ HNO3 1:1

[redacted]	Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nor[redacted]	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fec[redacted] Hor[redacted]	Fecha: Hora:	Fecha: Hora:
	Recibo de muestras	**Recibo de muestras**
Nor[redacted]	Nombre y firma:	Nombre y firma: JCAB
Fec[redacted] Hora: 09:20	Fecha: Hora:	Fecha: Hora:

Sito de Muestreo: CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Agrícola y forestal

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	JCAB
Etiquetado cumple:	Si	X	No	

Prioridad

Normal	X
Urgente	JCAB
Días	

Área sombreada exclusiva de laboratorio

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

LABSA O.T. Lab.: 12011 0369 Identificación: FR-SGC-19.01 Revisión: 7 Fecha de última revisión: 2019 09 03 Inicio de Vigencia: 2013-01-0[redacted]

[redacted] Vázquez 164, San Pedro Totoltepec, Toluca, Estado de México, C.P. 50200 Tel. (722) 273 1275 [redacted]

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: caepsa@yahoo.com.mx 55818871

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

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	HFP	HAP	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)	Observaciones
A4-PE-35-0.30	201255366	2020-11-24	14:10	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
A4-PE-36-0.30	5369	2020-11-24	14:13	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
AS-PI-37-0.15	5368	2020-11-24	11:15	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-37-0.30	5369	2020-11-24	11:22	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS PI 37A-0.15	5370	2020-11-24	11:15	Suelo	1	-	-	X	X	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-37A-0.15 Dup	5371	2020 11 24	11:15	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
AS PI 38 0.15	5372	2020-11-24	12:08	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-38-0.30	5373	2020-11-24	12:12	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS PI 39-0.15	5374	2020 11-24	13:25	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	6°C	
AS-PI-39-0.30	5375	2020 11 24	13:30	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS PI-40-0.15	5376	2020-11-24	13:54	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-40 0.30	5377	2020-11-24	14:00	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI 40-0.30 Dup	5378	2020-11-24	14:00	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
AS-PI 41-0.15	5379	2020 11-24	13:47	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-41-0.30	5380	2020-11-24	13:51	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-42-0.15	5381	2020-11-24	13:58	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	6°C	JCAB
AS-PI-42-0.30	5382	2020-11-24	13:42	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-43-0.15	5383	2020-11-24	12:18	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PI-43-0.30	5384	2020 11-24	12:22	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
~~AS-PI-44-0.15~~	5385	2020-11-24	11:43	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
				Tipo de Contenedor:		L	L	V	V	V	V				
				Tiempo máximo de espera:		14 d	14 d	14 d	14 d	14 d	14 d				
				Conservador:		NA	NA	NA	NA	NA	NA				
				Volumen de muestras		250g	250g	250g	250g	250g	250g				

JCAB

(Va=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) (L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo)

□: HCL 1:1
●: $Na_2S_2O_3$
⊖: H_2SO_4 4 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
⊕: NaOH
F: Formaldehido 10%
Ω: Ácido Suprapuro
†: Disolución
buffer(NH_4)$_2SO_4$ y NH_4OH)
«: H_2SO_4 1:1
¢: HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:

Recibo de muestras	Recibo de muestras
Nombre y firma:	Nombre y firma: JCAB
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:

[redacted]

Hora: 09:20

Sito de Muestreo: CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Agrícola y forestal

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

No. de Proyecto: 200110293

Contacto de LABSA: [redacted]

Contacto del cliente: [redacted]

JCAB

Tipo de muestra: Compuesta= C Simple= S

Preservación Cumple:	Si	X	No	JCAB
Etiquetado cumple:	Si	X	No	

Prioridad	
Normal	X
Urgente	JCAB
Días	

Área sombreada exclusiva de laboratorio

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

CADENA DE CUSTODIA

LABSA O.T. Lab.: 120110369 Identificación: FR-SGC-19.01 Revisión: 7 Fecha de última revisión: 2019 09-03 Inicio de Vigencia: 2013-01 01

Ignacio Vázquez 144, San Pedro Totoltepec, 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: caepsa@yahoo.com.mx SS818871

Muestreador y responsable del muestreo: [redacted]

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

No. de Folio:

No. de Proyecto: 200110293

Contacto de LABSA: [redacted]

Contacto del cliente: [redacted]

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	HFP	HAP	pH	Humedad	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)	Observaciones
AS PI 44-0.30	2011255386	2020 11-24	11:45	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
AS-PE 45-0.30	5389	2020 11 24	11:52	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
AS-PE-46-0.30	5388	2020-11-24	13:20	Suelo	1	X	X	-		X	X	S	R	4°C	
AS PE 47-0.30	5389	2020-11-24	14:05	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PE 48-0.30	5390	2020-11-24	14:22	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS-PE-49-0.30	5391	2020 11-24	13:16	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	5°C	
AS PE 50-0.30	5392	2020-11-24	11:38	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
AS PE 50-0.30 Dup	5393	2020 11-24	11:38	Suelo	1	X	X	-	-	X	X	S	R	4°C	
C1-PI 51-0.50	5394	2020 11-24	15:46	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	6°C	
C2-PI-52-0.50	5395	2020-11-24	15:53	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	4°C	
C3 PI 53-0.50	5396	2020-11-24	16:13	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	4°C	
C4-PI-54-0.50	5397	2020-11-24	16:04	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	4°C	
C5 PI-55-0.50	5398	2020-11 24	16:20	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	5°C	
C5 PI-55-0.50 Dup	5399	2020-11 24	16:20	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	4°C	
Blanco de Campo	5400	2020-11 24	16:53	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	4°C	
Blanco de Viaje	5401	2020 11 24	16:53	Suelo	1	X	X	X	X	X	X	S	R	6°C	

JCAB

Tipo de Contenedor:	L	L	V	V	V	V
Tiempo máximo de espera	14 d	14 d	14 d	14 d	14 d	14 d
Conservador	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Volumen de muestras	250g	250g	250g	250g	250g	250g

(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)
(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo)

□: HCL 1:1
●: $Na_2S_2O_3$
⊖: H_2SO_4 4 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
■: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
◆: NaOH
F: Formaldehído 10%
Ω: Ácido Suprapuro
†: Disolución
buffer(NH_4)$2SO_4$ y NH_4OH)
α: H_2SO_4 1:1
C: HNO_3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:
Recibo de muestras	**Recibo de muestras**
Nombre y firma:	Nombre y firma: JCAB
Fecha:	Fecha:
Hora:	Hora:

Sitio de Muestreo: CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX

Requerimientos especiales: NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 Suelo Agrícola y forestal

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	JCAB
Etiquetado cumple:	Si	X	No	

Prioridad

Normal	X
Urgente	JCAB
Días	

Área sombreada exclusiva de laboratorio

COPIAS DE CADENAS DE CUSTODIA MUESTRAS DE AGUA

(ORIGINALES-VER ANEXO I ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN)

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

CADENA DE CUSTODIA

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

LABSA O.T. Lab.: 120110370 | 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: 55818871 caepsa@yahoo.com.mx

Tipo de análisis Requerido

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	HFL	BTEX	HFP	HAP	Tipo de muestra	Condiciones de preservación	Temperatura 4°C (+/- 2°C)	Observaciones
ML-P1	2011255402	2020-11-24	02:51	Agua	3	X	X	X	X	S	R	4°C	
ML-P2	5403	2020 11 24	03:05	Agua	3	X	X	X	X	S	R	6°C	
Blanco de Campo	5404	2020-11-24	03:25	Agua	1	X	X	X	X	S	R	4°C	
Blanco de Viaje	5405	2020-11-24	03:25	Agua	1	X	X	X	X	S	R	6°C	

Muestreador y responsable del muestreo: [redacted]

No. de Folio:

No. de Proyecto: 200110294

Contacto de LABSA: [redacted]

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

(Vo Vidrio) (P=Plástico) (B=Bolsa) (G= Garrafón) (LA=Lata) (VI=Vial Ámbar) (VA= Vidrio Ámbar)	Tipo de Contenedor:	Vi	Vi	V	V
(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica)	Tiempo máximo de espera	14d	14d	14d	14d
	Conservador	NA	NA	NA	NA
(L: Litro) (g: gramo) (Kg: Kilo gramo)	Volumen de muestras	0.04L	0.04L	1L	1L

□: HCL 1:1
●: $Na_2S_2O_3$
O: H_2SO_4 4 mol/L
Δ: HNO_3 Concentrado
#: $K_2Cr_2O_7$ al 20%
⊕: NaOH
F: Formaldehído 10%
Ω: Ácido Suprapuro
†: Disolución
buffer($(NH_4)_2SO_4$ y NH_4OH)
«: H_2SO_4 1:1
¢: HNO3 1:1

Entrega de Muestras	Entrega de Muestras	Entrega de Muestras
N[redacted]	Nombre y firma:	Nombre y firma:
Fe[redacted]	Fecha:	Fecha:
Hora: 10:00	Hora:	Hora:

Recibo de muestras	Recibo de muestras	Recibo de muestras
[redacted]	Nombre y firma:	Nombre y firma:
[redacted]	Fecha:	Fecha:
[redacted]	Hora:	Hora:

Sitio de Muestreo: CARRETERA MÉXICO-TOLUCA KM 31+950, COLONIA LAS CRUCES, ALCADÍA CUAJIMALPA, CDMX.

Requerimientos especiales: NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012

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	