

INFORME FINAL

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA

1. ANTECEDENTES

1.1 Descripción del Accidente y Áreas Afectadas

El 6 de diciembre del 2021 una unidad perteneciente a la empresa "Comercial en Fletes México S.A. de C.V." (CFM), sufrió un accidente en el bajo puente del retorno del entronque de la Autopista México-Puebla en el km 83+100 y la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, Municipio San Salvador El Verde, Edo. de Puebla.

El autotanque de la unidad se golpeó con el muro del retorno de la Autopista, rasgando la lámina del costado del tanque ocasionando que se derramaran 11,508 litros de Gasolina Premium, los cuales escurrieron hacia una alcantarilla de captación de agua pluvial (Fotografía 1), desplazándose el hidrocarburo posteriormente por 85.00 m de tubería hasta la zona de descarga del ducto, en una superficie semi confinada de suelo natural de 29.35 m², (que se ubica en el punto de la descarga a 1.0 m por debajo del nivel del piso de un camino de terracería que lo limita), que posteriormente escurre por pendiente natural hacia el acceso a un túnel con piso de mampostería (de 4.50 m de longitud) y finalmente parte de la gasolina derramada escurrió dentro del túnel que atraviesa por debajo a la carretera a Ex Hacienda a Chautla y que tiene un largo de 20.20 m y 2.7 m ancho, el cual tiene una capa de sedimentos con un espesor de 0.20 m (Fotografías 2 y 3). El túnel descarga hacia un sistema de drenaje local a través de un cauce de suelo natural; sin embargo, se hace la precisión que se identificó que la gasolina principalmente se contuvo en el suelo en la zona de descarga del ducto, y en el sedimento del túnel y no alcanzó a llegar al cauce de suelo natural que descarga al drenaje. El túnel eventualmente es utilizado para paso de ganado.

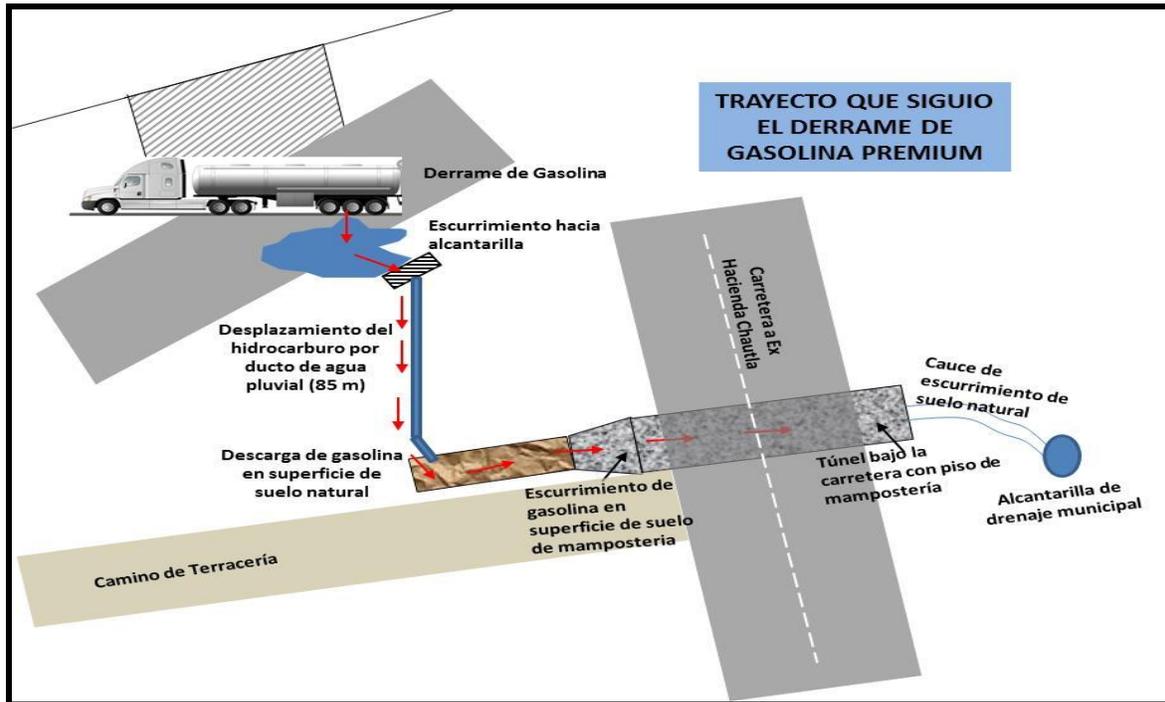


Figura 1.- Trayecto que siguió el derrame de Gasolina Premium hasta la zona afectada.



Fotografía 1.- ubicación del Punto del siniestro y de la alcantarilla por donde escurrió la Gasolina



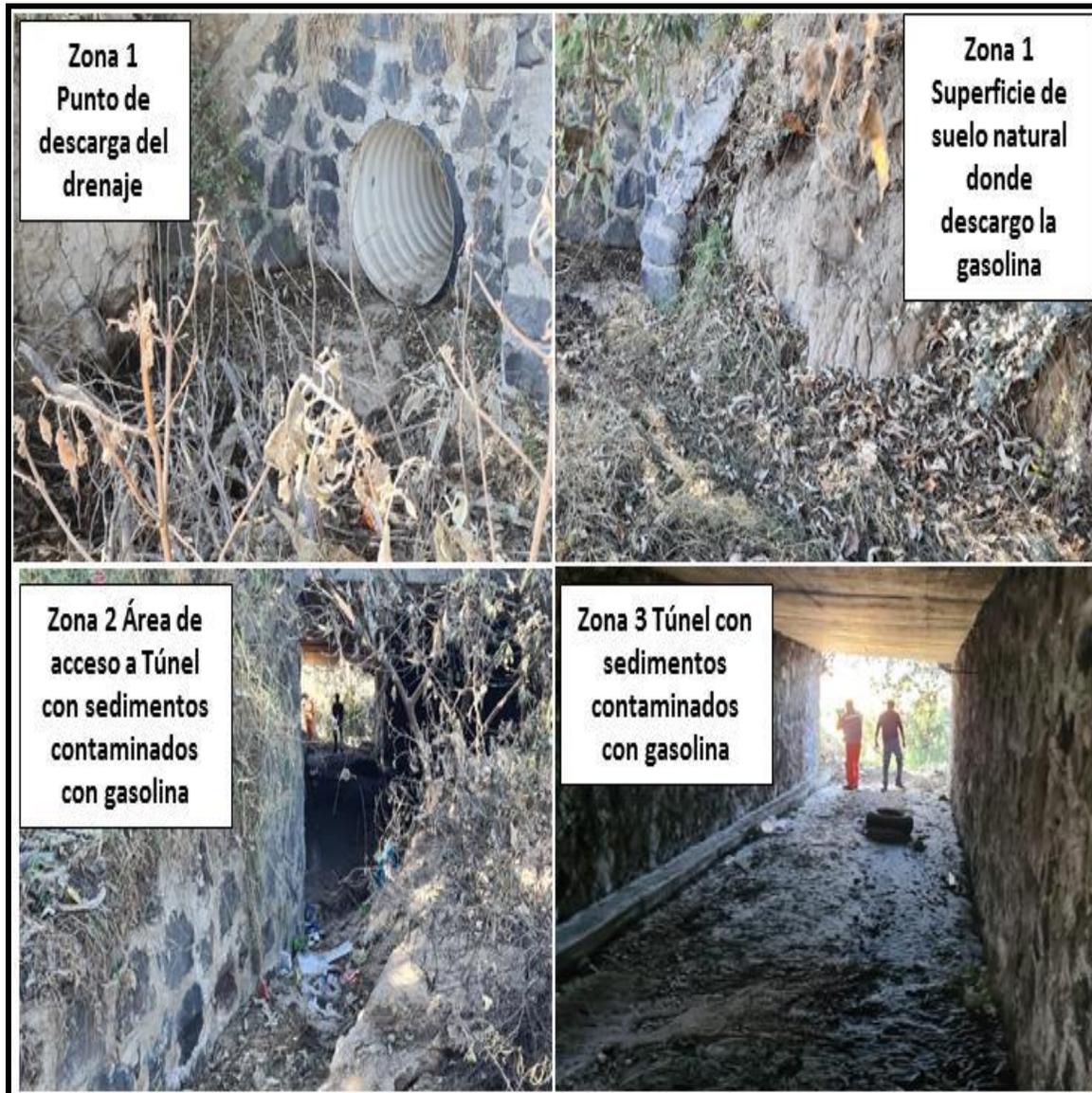
Fotografía 2.- Ubicación del Punto del Siniestro y del Área Contaminada



Fotografía 3.- Ubicación del Área Contaminada por el derrame de Gasolina

Para evaluar los daños ambientales ocasionados por el derrame de Gasolina Premium, el personal de Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. (CAEPSA) realizó una visita inicial al sitio del siniestro el día 22 de diciembre de 2021. Esta visita permitió realizar sondeos a fin de identificar de forma preliminar las características del área afectada, el tipo y uso de suelo, la superficie y profundidad de la pluma contaminante y con base en ello estimar el volumen de suelo contaminado y proyectar las opciones para realizar el saneamiento, así como realizar las medidas preventivas para evitar el incremento del área y/o profundidad afectada. Los sondeos para conocer la profundidad hasta la que ya no se detectó la presencia del hidrocarburo se realizaron con herramienta manual (Hand Auger).

Del levantamiento y de los sondeos realizados, se identificaron 3 zonas afectadas que se ilustran en la Figura 2 y Fotografía 4. De los trabajos de campo realizados, así como de los sondeos que se hicieron, se identificó que el escurrimiento de gasolina quedó contenido en la zona del punto de descarga del dren pluvial (Zona 1), donde se formó una poza de contención en la cual se detectó presencia de contaminación hasta 4.35 m de profundidad. La Zona 2 corresponde a la superficie que conecta el área de suelo natural con el túnel, presenta piso de mampostería con acumulación de sedimentos de 0.20 m de espesor, y además un montículo de tierra (tepetate) de 7 m³, que también presenta impregnación de hidrocarburo. La Zona 3 pertenece al túnel bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, el cual tiene piso y muros de mampostería y presenta una capa de 0.20 m de espesor de sedimentos los cuales están impregnados de gasolina.



Fotografía 4.- Zonas afectadas por derrame de Gasolina

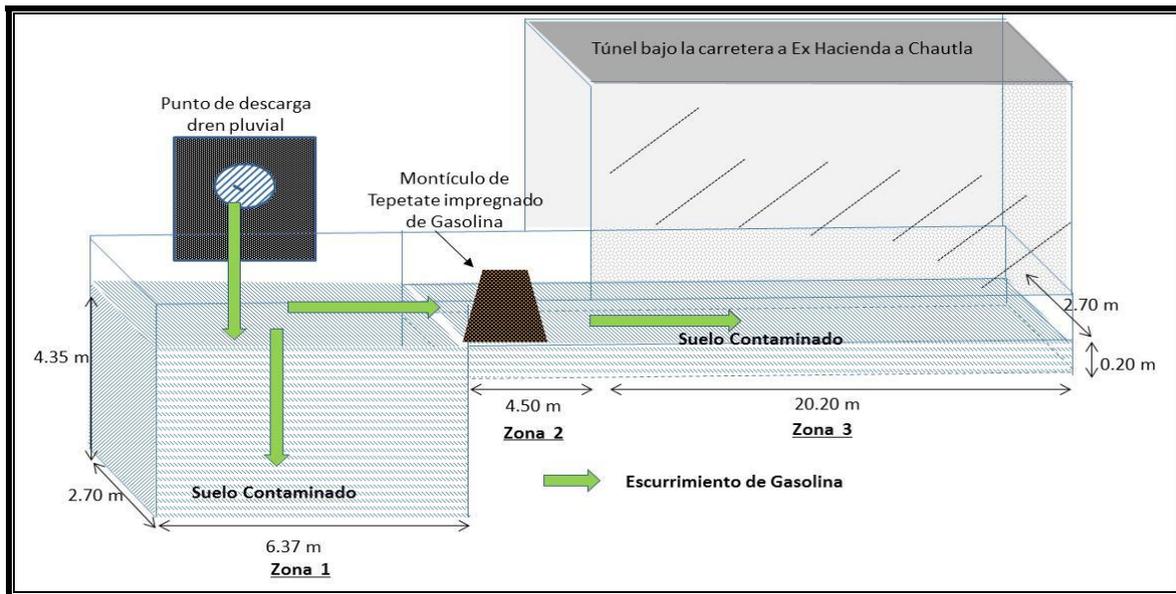


Figura 2.- Ubicación de las zonas afectadas por el derrame de Gasolina

El volumen de suelo contaminado con gasolina Premium, que fue estimado a través de la evaluación inicial, es de **95.15 m³**, el cual distribuido por Zonas se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1.- Volumen de suelo contaminado con gasolina

Zona contaminada	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Profundidad (m)	Volumen (m ³)
Zona 1	6.37	2.70	17.20	4.35	74.82
Zona 2	5.00	2.70	12.15	0.20	2.43
Zona 3	20.20	2.70	54.54	0.20	10.91
Montículo de Tepetate	-----	-----	-----	-----	7.00
Área total contaminada (m ²)			83.89	Suelo total contaminado (m ³)	95.15

Con fecha 2 de marzo del 2022, se asigna formalmente a CAEPSA como el responsable técnico para realizar los trabajos y vía oficio se hace la notificación a la ASEA. Personal de la empresa realiza nuevamente visita al sitio el 8 de marzo a fin de verificar las condiciones en el lugar.

1.2 Trabajos de Atención a la Emergencia

Derivado de lo anterior, al término de los sondeos realizados, como medida preventiva para evitar que la contaminación se extendiera, los sedimentos impregnados de hidrocarburo presentes tanto en el acceso al túnel (incluyendo el montículo de tepetate), como dentro del túnel que atraviesa la carretera a la Ex Hacienda de Chautla (aproximadamente 10.91 m³), fueron cubiertos con linner para favorecer el escurrimiento de agua en caso de lluvia y que no arrastrara hacia el drenaje lixiviados con gasolina. Se favoreció la pendiente de escurrimiento utilizando el montículo de tierra contaminada, el cual se extendió a fin de favorecer el flujo de agua, evitando que el suelo contaminado sea arrastrado.

1.3 Características de la Gasolina

La Gasolina Premium se utiliza principalmente como combustible en motores de combustión interna, es insoluble en agua, es una mezcla líquida de distintos hidrocarburos que se obtienen del petróleo, entre los que se encuentran parafínicos de cadena recta y ramificada, olefínicos, cicloalcanos y aromáticos (benceno, xileno y tolueno) (PEMEX, 2011; CORPONOR, 2015).

La gasolina puede ser nociva para la salud humana. Si se inhala, a corto plazo puede irritar los ojos, las vías respiratorias, bronquios y los pulmones; puede causar dolor de cabeza, somnolencia, mareos, pérdida de la coordinación, congestión pulmonar, pérdida del estado de la conciencia y coma; a largo plazo, puede dañar los pulmones y causar leucemia. Si se ingiere, en pequeñas dosis, puede causar náuseas y diarrea; en grandes dosis puede afectar el sistema nervioso central y ocasionar cefalea, vértigo, pérdida de apetito, debilidad y falta de concentración. Si entra en contacto con los ojos, puede causar irritación, quemadura de la córnea y/o inflamación de los párpados. Si se pone en contacto con la piel, puede generar deshidratación, eritema y/o dermatitis; si el contacto con la piel es prolongado, puede ocasionar inflamación, resequedad, comezón, formación de grietas y riesgo de infección secundaria (PEMEX, 2011; CORPONOR, 2015).

La gasolina Premium contiene componentes que podrían bioacumularse en plantas y animales; por lo que, puede ser nociva para el ambiente, incluso podría ocasionar cáncer en animales. Si la gasolina se derrama en agua, puede ser tóxica para peces y flora acuática, además, forma una capa que impide la transferencia de oxígeno y afecta el equilibrio acuático. Si se derrama en suelo, una parte se puede volatilizar y emitir contaminantes a la atmósfera y el resto puede contaminar subsuelo y/o aguas subterráneas (CORPONOR, 2015). La gasolina es un líquido inflamable categoría 3, lo que significa que, no sólo representa un riesgo de salud humana, animal, vegetal; sino que, podría ocasionar un incendio afectando los sitios aledaños, que al tratarse de parcelas agrícolas y otros árboles, podría tener mayor impacto ambiental.

2. MARCO LEGAL APLICABLE

En México, el marco legal ambiental vigente referente al manejo de suelos contaminados, se compone por:

- 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
- Norma Oficial Mexicana NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012

La "Norma Oficial Mexicana NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012" establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. En esta norma se establecen las concentraciones máximas de hidrocarburos y sus componentes principales que se deberán presentar en los suelos afectados, para que éstos se consideren contaminados. En la Tabla 2, se describen los parámetros establecidos por la *NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012* que deben evaluarse en el suelo contaminado con Gasolina Premium, la concentración máxima permisible (mg/kg) de éstos en suelo agrícola y el método analítico a emplear para su determinación.

Tabla 2.- Parámetros a analizar y Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012

Contaminante	Concentración Máxima Permitida (mg/kg)	Método Analítico
HFL	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
Xileno	40	NMX-AA-141-SCFI-2007

3. ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

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

Derivado de que se presenta contaminación por Gasolina Premium en un área donde se clasifica el Uso del Suelo como agrícola y forestal, y considerando lo establecido en la *NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012*, los parámetros a evaluar en este estudio son Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL); y Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX).

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

La realización del Estudio de Caracterización en el área afectada por contaminación de Gasolina, permite identificar con certeza la presencia de los contaminantes y sus concentraciones a fin de poder determinar, 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 del sitio, se requiere trabajar en una "evaluación integral", la cual considera la recopilación de toda la información referente al sitio, tal como los antecedentes del accidente ocurrido, características de la zona y del entorno ecológico, actividades desarrolladas 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 de los contaminantes en el sitio en cuestión. De lo

anterior, se obtiene una evaluación cuantitativa del grado de contaminación en el sitio afectado, justificada mediante el análisis del contaminante por métodos y técnicas de instrumentación y control de laboratorios acreditados. La evaluación final se presenta con la obtención de una pluma contaminante, que delimita los alcances de la contaminación.

Considerando la evaluación realizada, se busca la mejor alternativa para la remediación del sitio mediante técnicas probadas y admitidas por la autoridad ambiental. Esta actividad es el punto concluyente del proceso técnico que se sigue para rehabilitar un sitio, con la 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 por hidrocarburos, es la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por medio de la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA). Esta última, es quien tiene la obligación de vigilar que el saneamiento se lleve a cabo.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Elaborar el estudio de caracterización del sitio afectado por siniestro de un autotank, en el km 83+100 de la autopista México-Puebla, en el municipio de San Salvador El Verde, Estado de Puebla, para determinar el nivel de contaminación por Gasolina Premium (Hidrocarburos Fracción Ligera y/o BTEX), dimensionando la superficie, profundidad de penetración y el volumen afectado.

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.
- Identificar las características específicas del área afectada y del área libre de hidrocarburo aledaña al sitio.
- Realizar la perforación vertical de pozos de muestreo manualmente, 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 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

El impacto ambiental del derrame de gasolina y el tipo de tratamiento a aplicar para remediar las afectaciones dependen de las características geográficas y ambientales del sitio, por lo que, se describen enseguida y se incluye la memoria fotográfica de las visitas realizadas, incluyendo toma de muestras por el laboratorio (ANEXO A).

5.1 Localización del sitio

La zona afectada se encuentra ubicada en el del entronque de la Autopista México-Puebla en el km 83+100 y la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, Municipio San Salvador El Verde, Edo. de Puebla. El municipio se encuentra ubicado en la parte centro oeste del estado. Las coordenadas del punto del siniestro son:

- Geográficas: N 19°18'26.36" W 98°29'34.39"
- UTM: X = 553,265.70 Y = 2,134,880.51

En las siguientes figuras se muestra la ubicación de la zona afectada por el derrame de gasolina a nivel nacional, regional y local.



Figura 3.- Ubicación a nivel Nacional del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 4.- Ubicación a nivel Regional del sitio afectado por el derrame de Gasolina



Figura 5.- Ubicación a nivel Local de las áreas afectadas por el derrame de Gasolina

5.2 Orografía

El municipio de San Salvador el Verde forma parte del altiplano de San Martín Texmelucan, de las faldas inferiores de la Sierra Nevada y de las estribaciones septentrionales del volcán Iztaccíhuatl (INAFED, 2010). Su relieve es variado, se compone por sierra y lomeríos, está rodeado de cerros y montes. La zona donde se dio el derrame de gasolina, se ubica en una zona de lomerío. En la Figura 6 se observa el relieve del municipio y de la zona del siniestro (INEGI, 2022).

El sitio donde ocurrió el siniestro (en el retorno del bajo puente del entronque de la Autopista México-Puebla en el km 83+100 y carretera a Ex Hacienda de Chautla), presenta una topografía semiplana con una ligera pendiente de 3° hacia la zona del drenaje pluvial. El punto de la descarga del drenaje pluvial, donde se presentó la contaminación del suelo natural por la gasolina derramada, corresponde a un espacio ubicado entre la parte baja de una pequeña loma y el costado de un camino de terracería que comunica al pueblo de San Lucas El Grande y donde la topografía también es semiplana.

El área afectada en el punto del derrame de la gasolina, por diseño del drenaje pluvial, se encuentra en un desnivel de 1.20 m por debajo del nivel del camino de terracería que conduce hacia la población de San Lucas El Grande.

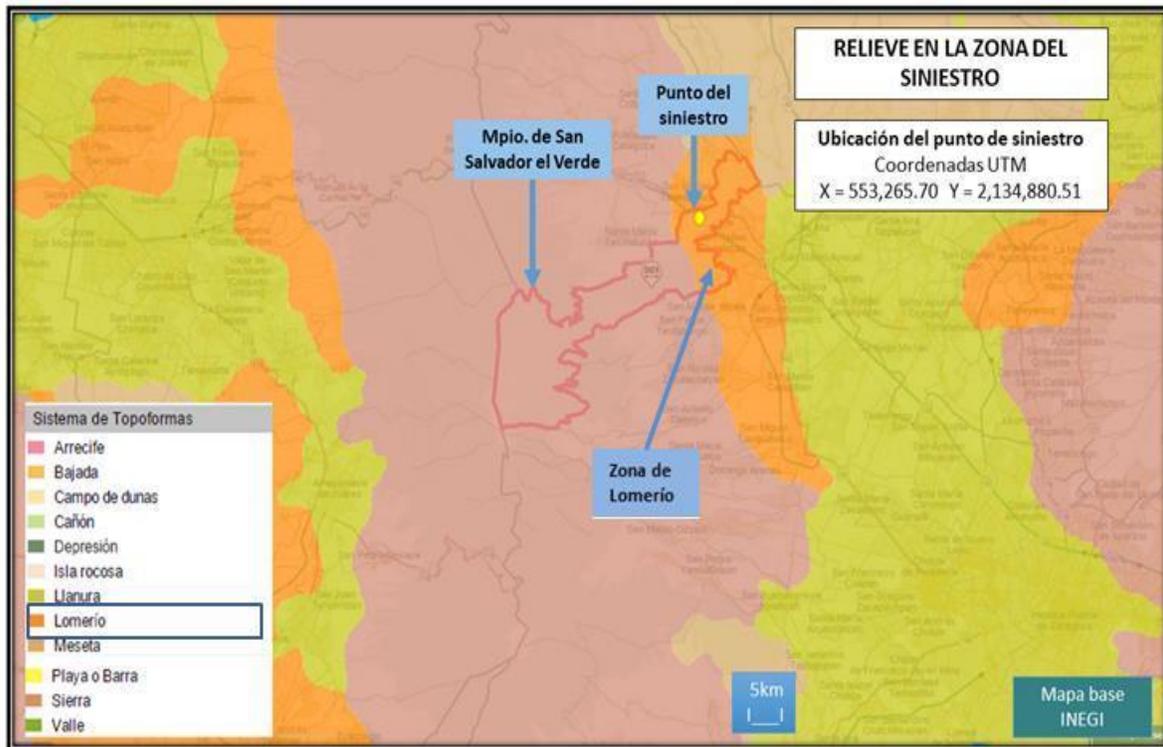


Figura 6.- Relieve del Municipio de San Salvador el Verde y de la zona del derrame de gasolina

5.3 Hidrografía e Hidrología

El municipio de San Salvador el Verde pertenece a la cuenca del Río Atoyac-San Martín Texmelucan. Los ríos que lo cruzan, provienen principalmente de la Sierra Nevada. Los ríos que lo atraviesan son: Ayotla, La Presa y Santa Elena. Cuenta con dos arroyos: Santa Cruz y San José. En la Figura 7 se observa la ubicación de los cuerpos de agua mencionados (INEGI, 2022). Además, San Salvador cuenta con algunos acueductos y pozos como el de San Miguel Contla y El Bordo de la Lagunilla (INAFED, 2010).

El cuerpo de agua superficial más cercano al punto del siniestro es el río "Ayotla", el cual se ubica a 5 km aproximadamente del punto de derrame. La gasolina derramada se contuvo en el montículo de tepetate y en los sedimentos ubicados en el túnel que está bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla. Por lo que, se manifiesta que no se contaminaron cuerpos de agua debido al derrame de gasolina.

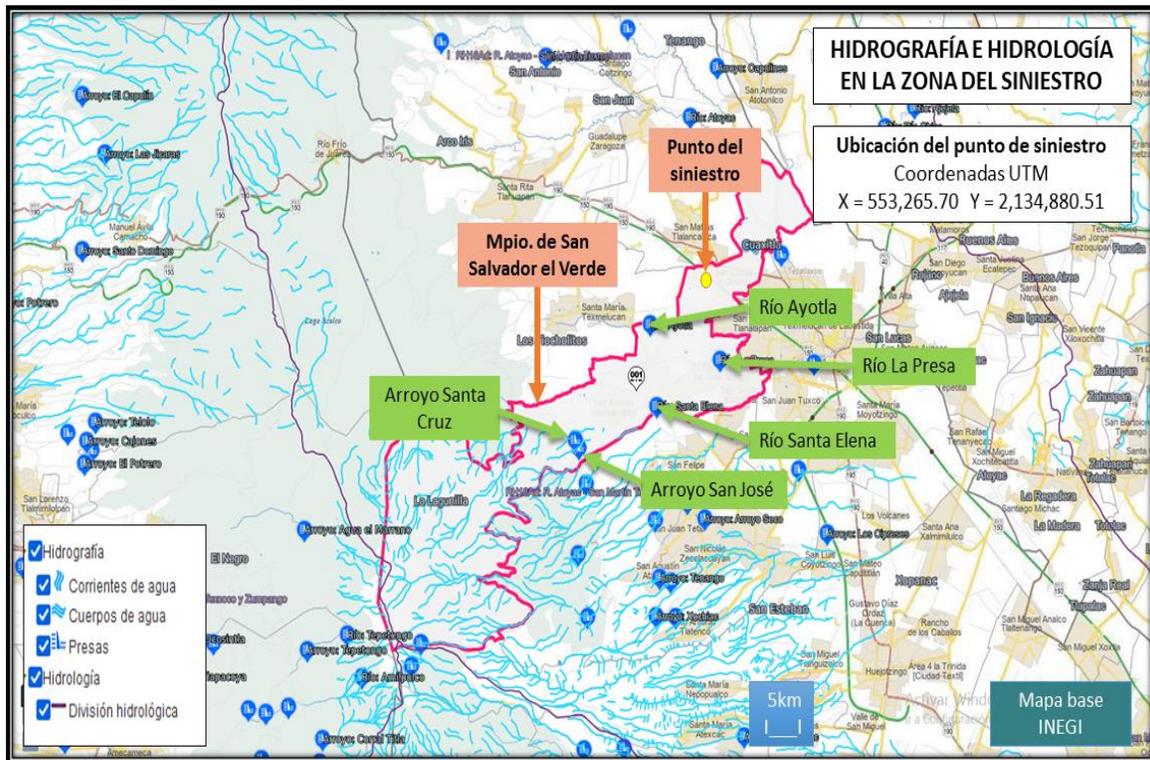


Figura 7.- Hidrografía e hidrología del Municipio de San Salvador el Verde y de la zona del derrame de gasolina.

5.4 Clima

En el municipio de San Salvador el Verde la temperatura promedio va de 10 a 22 °C y se identifican tres tipos de clima: Templado húmedo, templado semifrío subhúmedo y frío. En la Figura 8, se aprecia la distribución de cada uno de estos climas.

El clima de la zona del punto donde ocurrió el siniestro se caracteriza por ser templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2022). Las lluvias son abundantes, por lo que, es recomendable retirar la gasolina del suelo para evitar que las lluvias incrementen la pluma contaminante (INAFED, 2010).

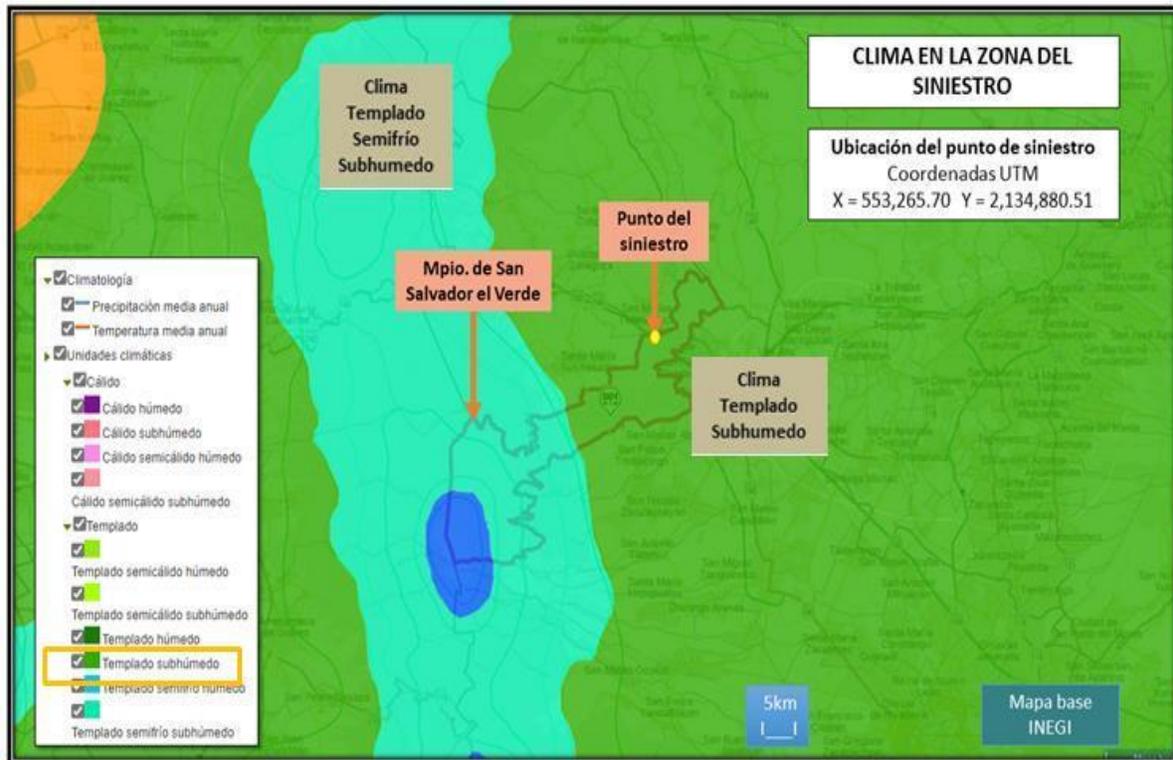


Figura 8.- Clima en el Municipio de San Salvador el Verde y en la zona del derrame de gasolina

5.5 Flora

El municipio de San Salvador el Verde se compone principalmente por bosque de coníferas y matorrales. En la Figura 9 se observa la distribución de la vegetación.

El sitio contaminado por el derrame de gasolina en el Municipio de San Salvador el Verde se distingue por estar en una zona donde el suelo es destinado a la agricultura de riego por lo que está rodeado de parcelas agrícolas, pastizales y escasos árboles. La importancia de remover el contaminante radica en evitar afectaciones a las parcelas agrícolas y en consecuencia a la salud humana.

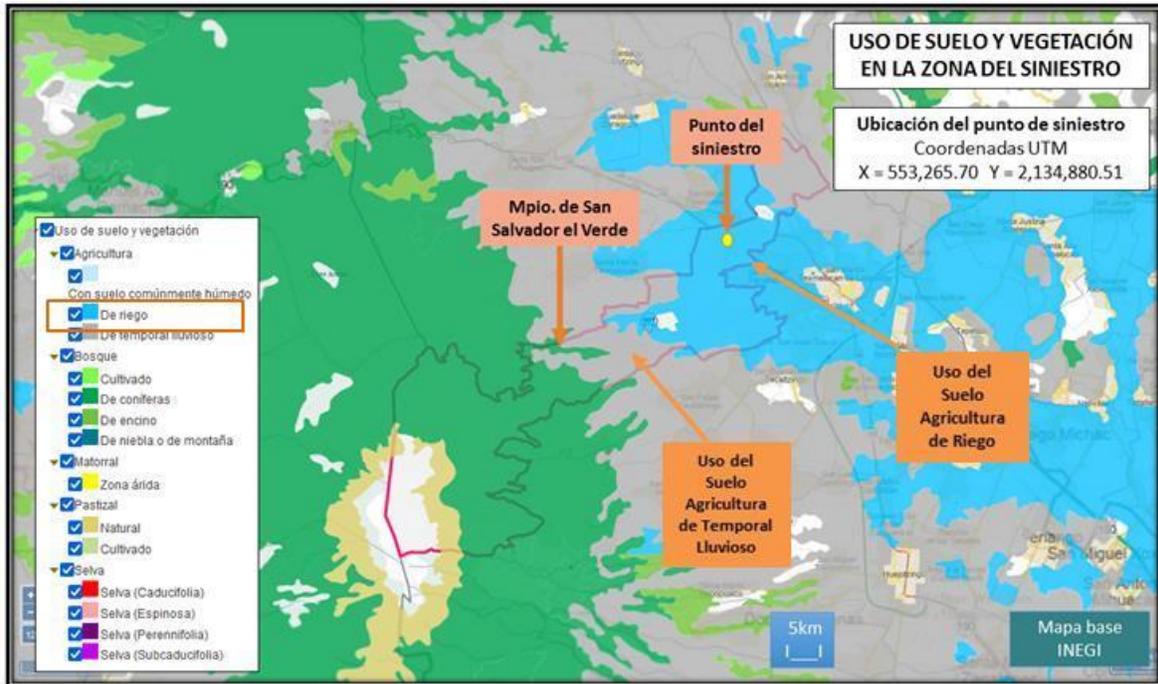


Figura 9.- Uso de suelo y vegetación del Municipio de San Salvador el Verde y de la zona del derrame de gasolina.

5.6 Fauna

La fauna silvestre se conforma por ardillas, tuzas, conejos, tejones, tlacuaches, camaleones, cuijos, lagartijas, aves migratorias y endémicas, gavilán, cucos, huarracas o cuervos, tórtolas, armadillos, zopilotes, lechuzas, serpientes, palomas, aves de ornato, aves de corral ganado caprino, lanar, vacas, cerdos, gatos y perros (INAFED, 2010).

La zona donde ocurrió el derrame de gasolina, debido a que corresponde a un área donde se desarrolla la agricultura, se reportan sólo mamíferos de talla pequeña (ratones de campo, y conejos), así como aves y algunos reptiles y serpientes.

5.7 Clasificación y Uso del Suelo

El municipio de San Salvador presenta gran variedad edafológica, los tipos de suelo predominantes son litosol, regosol, andasol, cambisol, arenosol, fluvisol y feozem (INAFED, 2010). El tipo de suelo que predomina en el sitio contaminado es "Arenosol" con poco desarrollo agrícola mediante métodos de riego.

El Uso del Suelo específicamente en el sitio del derrame es de tipo forestal y en todo derredor es de Agrícola de Riego. En la Figura 10 se observan los tipos y usos de suelo en el municipio y en la zona afectada por el derrame de gasolina (INEGI, 2022).

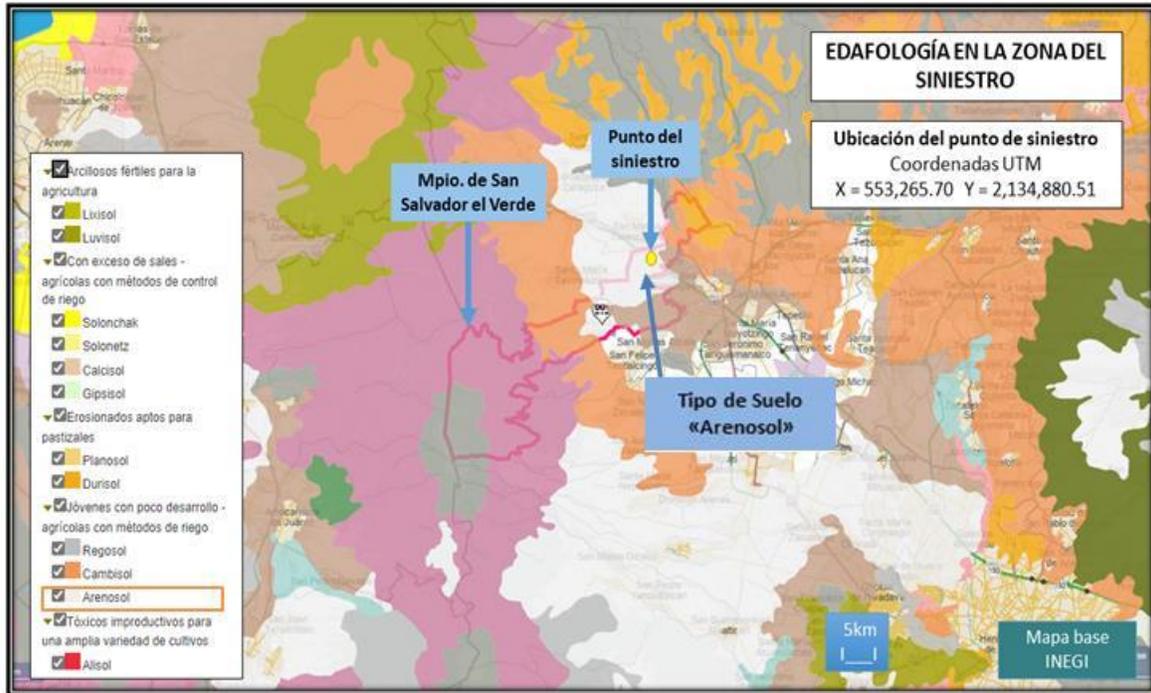


Figura 10.- Edafología (tipo de suelo) presente en el Municipio de San Salvador el Verde y en la zona del derrame de gasolina

5.8 Población

La población en San Salvador el Verde es de 34,880 habitantes de los cuales el 51.4% son mujeres y el 48.6% son hombres. Los rangos de edad que tienen mayor población y que concentran el 28.5% de la población total, son 5 a 9 años (3,381 habitantes), 15 a 19 años (3,306 habitantes) y 10 a 14 años (3,254 habitantes) (INEGI, 2020).

En la zona contaminada no se tiene población que haya resultado afectada por el derrame de gasolina, pues la vivienda más cercana se ubica aproximadamente a 500 m del sitio del siniestro.

5.9 Cultura indígena

El 1.44% de la población de San Salvador el Verde es indígena. Y el 0.41% habla al menos una lengua indígena. Las principales lenguas indígenas habladas son: totonaco, náhuatl, otomí, zapoteco, tzeltal, huasteco, maya, mixe, popoloca y mixteco (INEGI, 2020).

En las cercanías del sitio donde ocurrió el derrame de gasolina, no hay presencia de población indígena.

5.10 Economía

Las principales actividades económicas de San Salvador el Verde son las agropecuarias y el comercio. Los sectores económicos que generan más recursos son comercio al por menor (52.7%); servicios de alojamiento temporal y preparación de alimentos y bebidas (12.8%); y las industrias manufactureras (12.4%). La población económicamente activa corresponde al 60.5% (INEGI, 2020).

La principal actividad económica de las zonas aledañas al sitio del siniestro es la agricultura.

5.11 Viviendas

En el municipio de San Salvador el Verde existen un total de 10,397 viviendas de las cuales el 80.7% cuentan con electricidad, el 80.4% tienen agua entubada, el 79.1% cuentan con sanitario, únicamente el 27.9% de las viviendas habitadas cuenta con internet.

El sitio afectado por el derrame de gasolina se encuentra en una zona aislada de la urbanización, la vivienda más cercana se ubica aproximadamente a 500 metros del sitio.

5.12 Escuelas

El municipio de San Salvador el Verde tiene 54 escuelas, de las cuales 19 son de Preescolar, 14 de Primaria, 11 de Secundaria, 7 de Educación Media Superior y 3 son de Educación Superior o formaciones para el trabajo.

Alrededor de la zona contaminada con gasolina no se encuentra ninguna institución educativa que esté en riesgo.

5.13 Vías de comunicación y acceso

La principal vía de acceso al sitio contaminado es por la autopista México-Puebla km 83+100 en su entronque con la carretera a Ex Hacienda de Chautla.

6. METODOLOGÍA Y TRABAJOS DE CAMPO

Para llevar a cabo los trabajos de Caracterización del sitio contaminado con hidrocarburos, se consideró como primera instancia dar aviso a la autoridad ambiental ASEA (Agencia de Seguridad Energía y Ambiente), seguido de una etapa de planeación, otra de trabajos de campo y finalmente una etapa de trabajos de gabinete.

6.1 Avisos a la ASEA

Para dar cumplimiento a la legislación ambiental, se notificó a la ASEA sobre el siniestro ocurrido y las actividades de emergencia llevadas a cabo, Comercial en Fletes México S.A. de C.V.” (CFM) el aviso se dio vía Oficialía de Partes el 13 de enero del 2022, mediante el oficio de notificación de evento con fecha del 21 de diciembre del 2021 y a través del Formato de informe inicial P-ASEA-USIVI-001.

El 2 de marzo de 2022, se notificó a la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ANSIPMA) mediante el oficio CFM020/2022, el nombramiento de Consultoría Ambiental Estudios y Proyectos S.A. de C.V. (CAEPSA) como encargada de realizar los estudios ambientales, evaluaciones y trabajos de saneamiento necesarios relacionados con el siniestro.

Posteriormente, el 17 de marzo del 2022, como complemento de la notificación del accidente, se entregaron a la ASEA los Formatos P-ASEA-USIVI-004 de Aviso Inmediato y P-ASEA-USIVI-005 de Formalización de Aviso para la ASEA (ANEXO B). Se anexa carta porte (ANEXO C).

CAEPSA notificó a la ASEA el 15 de marzo de 2022 a través del Oficio CAE-29/2022 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/SSA1-201, lo anterior contenido en el Protocolo de Muestreo (ANEXO D). Así mismo, se le solicitó a la ASEA la asignación de personal para la supervisión del muestreo. El 30 de marzo del 2022, personal acreditado ante la EMA y Profepa perteneciente al

laboratorio LABSA (Laboratorios y Suministros Ambientales e Industriales S.A. de C.V.) realizó el muestreo en el sitio para analizar el contenido de Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera, BTEX, pH y Humedad.

El 6 de abril del 2022, se hace entrega vía oficialía de Partes a la Dirección General de Supervisión, Inspección, Vigilancia de Transporte y Almacenamiento de la ASEA, de copia de la "cadena de Custodia de la Toma de Muestras" y de un Reporte Fotográfico correspondiente a la toma de muestras.

6.2 Etapa de Planeación

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), Sistema Meteorológico Nacional (SMN); así como de educación superior en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), entre otras. Además, se recabó la información acerca del siniestro, producto y volumen derramado y se visitó el sitio para recabar datos importantes tal como el uso del suelo, superficie afectada, topografía, entre otros. Con esta información, se tienen los elementos necesarios para determinar el tipo de trabajo a realizar, estimar el volumen de obra y definir la metodología a emplear.

6.3 Etapa de Trabajos de Campo

En esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- Se visitó el sitio del siniestro en 2 ocasiones para hacer un reconocimiento detallado de la zona (22 de diciembre del 2021 y 8 de marzo del 2022) y para determinar mediante la realización de sondeos (Fotografía 5), si existe presencia de contaminante en el suelo y subsuelo; para identificar el área afectada de forma indirecta y directa a través de las perforaciones;

- Para realizar la toma de muestras de suelo (realizada el 30 de marzo del 2022); e identificar la presencia o ausencia de contaminante.

Los trabajos de campo realizados, permitieron:

- Establecer la delimitación del área de estudio.
- Hacer el levantamiento topográfico;
- Realizar los trabajos de evaluación para identificar las áreas contaminadas y la profundidad de la penetración del hidrocarburo en el subsuelo.
- Realizar la perforación de pozos y toma de muestras de suelo, las cuales se remitieron al laboratorio acreditado para su análisis.



Fotografía 5.- Perforación de Pozos para sondeos de identificación de zona contaminada en visita inicial.

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

PROPUESTA DE REMEDIACIÓN

PARA EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA ZONAS AFECTADAS 2 Y 3

1.1 Descripción del Accidente y Áreas Afectadas

El 6 de diciembre del 2021 una unidad perteneciente a la empresa "Comercial en Fletes México S.A. de C.V." (CFM), sufrió un accidente en el retorno del entronque de la Autopista México-Puebla y la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, Municipio San Salvador El Verde, Edo. de Puebla. A consecuencia del siniestro se derramaron 11,508 litros de Gasolina Premium, los cuales escurrieron hacia una alcantarilla de captación de agua pluvial, desplazándose el hidrocarburo posteriormente por 85.00 m de tubería hasta la zona de descarga del ducto, en una superficie semi confinada de suelo natural de 29.35 m², (que se ubica en el punto de la descarga a 1.0 m por debajo del nivel del piso de un camino de terracería que lo limita), que posteriormente escurre por pendiente natural hacia el acceso a un túnel con piso de mampostería (de 4.50 m de longitud) y finalmente parte de la gasolina derramada escurrió dentro del túnel que atraviesa por debajo a la carretera a Ex Hacienda a Chautla y que tiene un largo de 20.20 m y 2.7 m ancho, el cual tiene una capa de sedimentos con un espesor de 0.20 m.

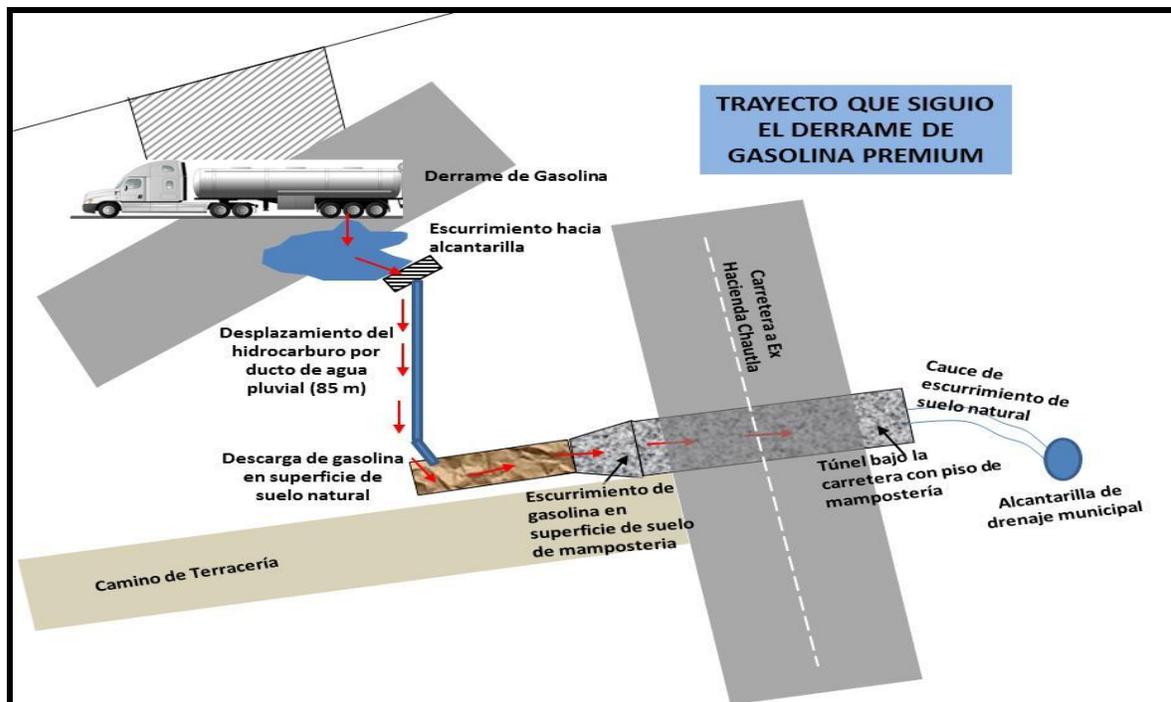


Figura 1.- Trayecto que siguió el derrame de Gasolina Premium hasta la zona afectada.

Del Estudio de Caracterización realizado, se identificó 3 zonas afectadas que se ilustran en la Figura 2 y que corresponden a lo siguiente:

- **La Zona 1** corresponde a una poza de contención que detuvo gran parte del escurrimiento de gasolina.
- **La Zona 2** se ubica en la entrada del túnel, presenta piso de mampostería, acumulación de sedimentos de 0.20 m de espesor, y también se ubica un montículo de tepetate de 7 m³, el cual abarca un área de 5.85 m² con un altura de 1.20 m, que se utilizó para contener la migración de gasolina, siendo afectado solo el espesor de 0.20 m en la base del montículo.

- **La Zona 3** pertenece al túnel bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, el cual tiene piso y muros de mampostería y presenta una capa de 0.20 m de espesor de sedimentos los cuales están impregnados de gasolina.

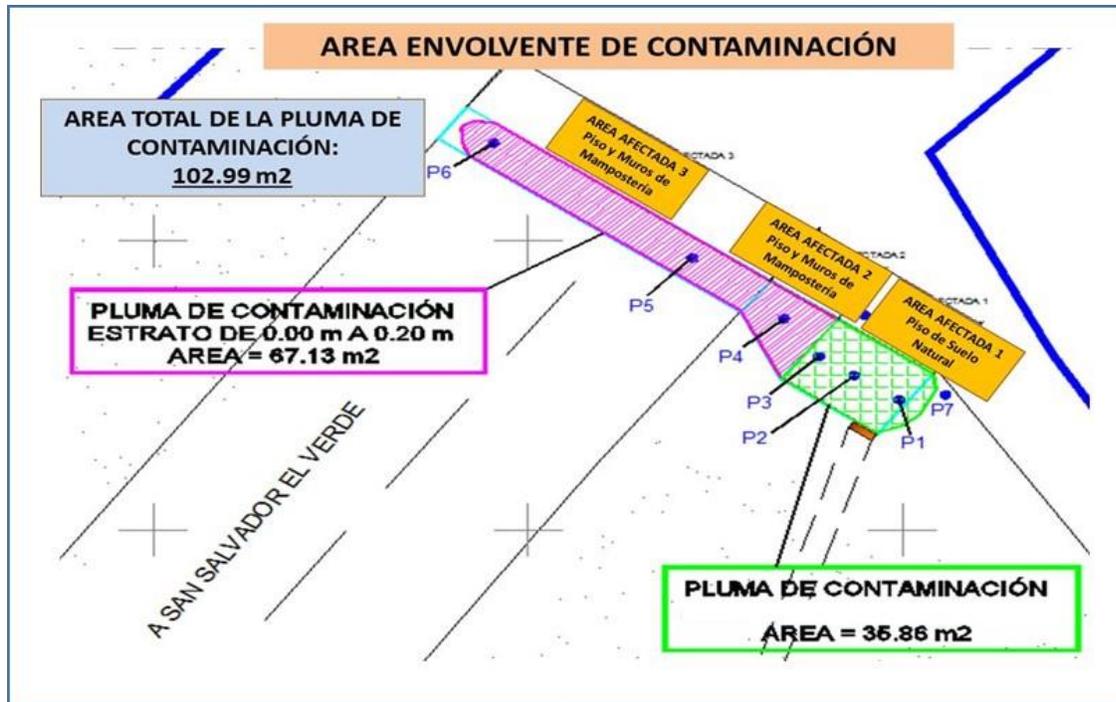


Figura 2. Áreas afectadas por el derrame de gasolina.

Es precisamente para las Zonas Afectadas 2 y 3, donde se tiene una superficie de 67.13 m² de piso de mampostería y un espesor de 0.20 m de sedimentos contaminados, donde se determinó que se tiene un volumen de 13.43 m³ de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX (Tabla 1).

Tabla 1.- Determinación del Volumen Total de suelo Contaminado en Zonas Afectadas 2 y 3.

ZONA AFECTADA	ESTRATO	ESPESOR (m)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
2 y 3	0.00 m a 0.20 m	0.20	67.13	13.43
Total Suelo Contaminado				189.14

Con base en las características de que al ser un suelo contaminado con un hidrocarburo altamente volátil y que por tanto lo recomendable es realizar un tratamiento "In Situ", es que se presenta la siguiente Propuesta para el tratamiento "Bioventeo Aerobio In Situ" adaptada a las condiciones de las Zonas Afectadas 2 y 3 de tener piso de concreto y del espesor del suelo contaminado de 0.20 m.

1.2 Técnica de Remediación

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.

Debido a las características del área contaminada de las Zonas Afectadas 2 y 3, que abarca una superficie de 67.13 m², es que el primer paso a considerar es colocar un linner calibre 1000 sobre la superficie, cubriendo totalmente el material contaminado, evitando fugas a fin de evitar que haya intercambio de emisiones a la atmósfera.

Posteriormente se desarrolla el planteamiento para construir un sistema de Bioventeo Aerobio *In Situ* en el suelo, el cual 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 cuales a su vez, funcionarán para la extracción de COV's. Cuando el aire que entra pasa por el suelo camino a los pozos, por acción de la fricción de la turbina del soplador genera calor, generando que 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.

El tratamiento de suelo por Bioventeo Aerobio, también implica la circulación de soluciones acuosas a través del suelo contaminado que contengan nutrientes y/u oxígeno, con lo cual se estimula el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos autóctonos, con lo cual se aceleran las tasas de biodegradación, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables.

La bioestimulación acelera las tasas de biodegradación en suelos contaminados con hidrocarburos, controlando factores como pH, porcentajes de humedad, concentración de TPH's (Hidrocarburos Totales de Petróleo), temperatura y elementos aceptores de electrones, sin embargo en algunos casos, solamente la adición de nutrientes y oxígeno funcionan para estimular el proceso de biodegradación.

Las siguientes figuras muestran un esquema general del proceso de la técnica de restauración por Bioventeo Aerobio en el sitio contaminado y el armado de un pozo tipo de Inyección/Extracción (Inyección de aire, nutrientes y cultivos bacterianos y Extracción de vapores).

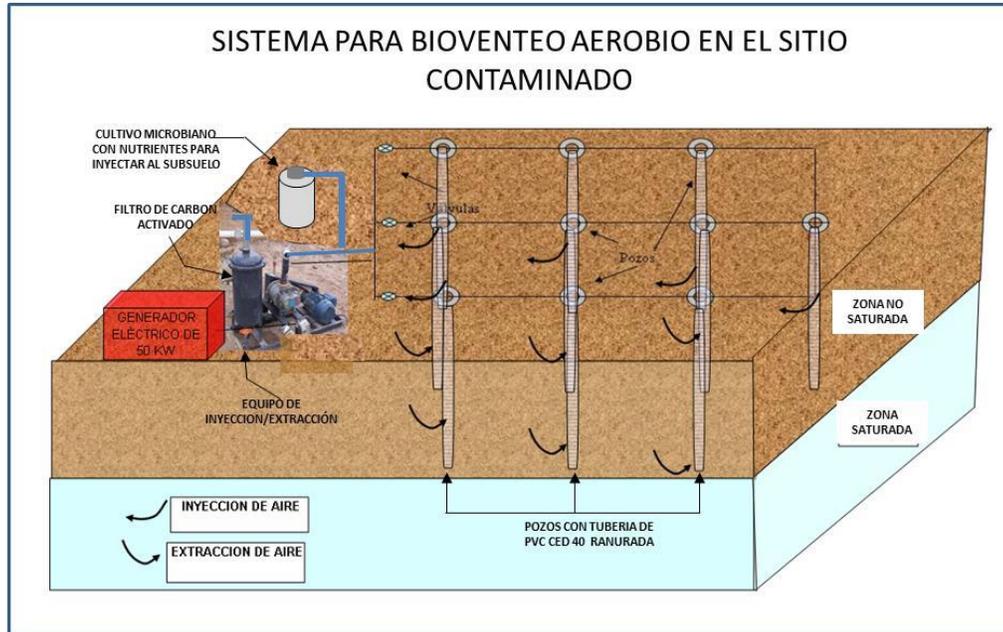


Figura 3. Características tipo de un sistema de Bioventeo Aerobio en el sitio contaminado.

Para el presente sitio, debido al espesor del sedimento de 0.20 m, el sistema para la inyección de los nutrientes se construye a base de tubería de PVC Ced. 40 de 1" de diámetro, en la siguiente figura se describe el proceso general de funcionamiento.

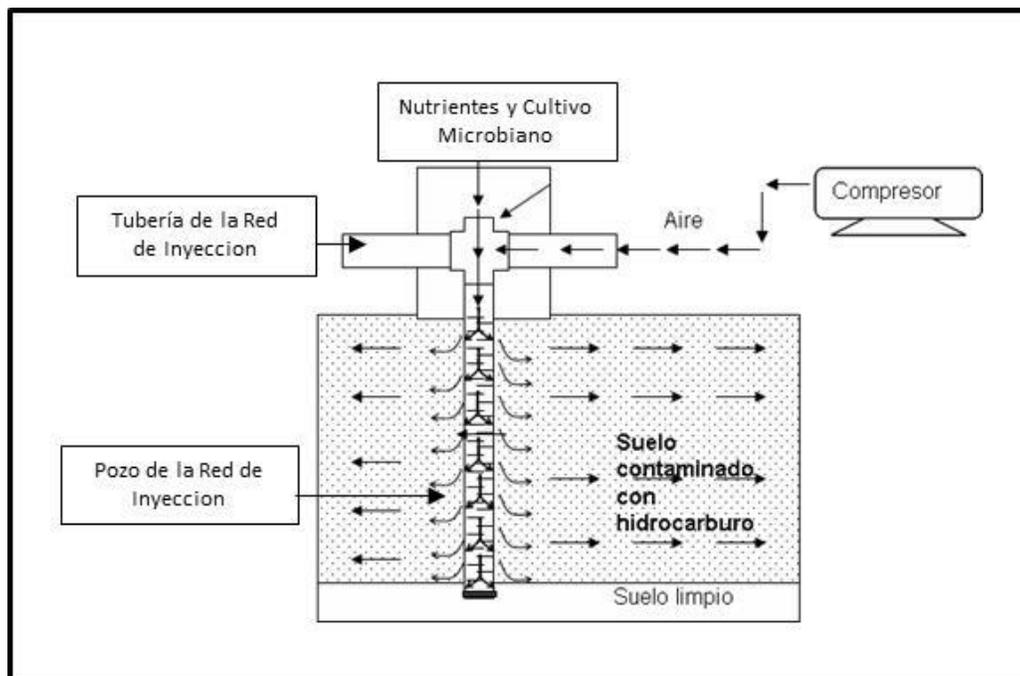


Figura 4. Componentes de un pozo tipo para la Bioventeo Aerobio en el sitio contaminado.

El procedimiento para instalar y operar el sistema de tratamiento por Bioventeo Aerobio propuesto para el saneamiento de las Áreas Afectadas 2 y 3 contempla los siguientes puntos:

- a) Levantamiento topográfico inicial
- b) Preparación del terreno
- c) Definición del número de pozos y de la red de Inyección/Extracción
- d) Diseño e instalación de la retícula de pozos
- e) Colocación de cubierta de linner y sellado de pozos
- f) Tratamiento por Bioventeo Aerobio
- g) Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento
- h) Materiales y equipo a emplear
- i) Evaluaciones de seguimiento
- j) Evaluación final

a) Levantamiento topográfico inicial

En esta etapa se localiza el sitio impactado con uso de un GPS satelital o mediante bitácoras y planos que muestren la afectación del sitio a tratar (generados en el estudio de caracterización). Se realiza el levantamiento topográfico inicial con la finalidad de ubicar la zona contaminada definida durante la caracterización del sitio. Se ubican todos los elementos de referencia físicos presentes en el área de estudio. Con el apoyo de la topografía se ubicarán físicamente y marcarán los sitios donde se realizará la perforación de cada pozo.

Para la aplicación de la técnica de bioventeo in situ se ubica la pluma contaminante, delimitando el área y la profundidad de afectación, para posteriormente hacer un diseño del sistema para inyección de los nutrientes y aire, el cual debe de cubrir la totalidad del área afectada tanto vertical como horizontalmente.

b) Preparación del terreno

Una vez ubicado y delimitada el área de trabajo, se retira del sitio maleza (no afectada), basura y/o cualquier otro elemento que impida la instalación del sistema de tratamiento por Bioventeo Aerobio insitu. No se requiere realizar nivelación del suelo o alterar la topografía natural del sitio.

c) Definición del número de pozos y de la red de Inyección/Extracción

El número y la distribución de los pozos se realizan de tal forma que ocuparan toda el área contaminada. Para el diseño del ramal se contempla un radio de influencia de pozos de 1.0 m. Para la construcción de los pozos de inyección/extracción para el tratamiento por Bioventeo Aerobio se utiliza tubería de PVC, hidráulica de 1" \varnothing cedula 40, con ranuración horizontal o vertical del tubo a cada 2.0 cm., a fin de lograr una mejor difusión de aire y permitir la estimulación de las poblaciones microbianas.

Para el diseño de la red de tratamiento *in situ* se tomaran en cuenta las siguientes consideraciones como criterios de cálculo para la determinación del flujo de aire y el espaciamiento de pozos de extracción (radio de influencia).

- El Bioventeo Aerobio insitu es un sistema de tratamiento para afectaciones presentes en el espesor no saturado del suelo y subsuelo
- Los parámetros de cálculo para mantener un sistema de tratamiento eficientes son los siguientes: radio de influencia, vacío para la extracción del vapor (entre 0.1 y 0.2 atm y/o 75 a 150 mmHg), flujo de aire (1 a 6 m³/min.).
- Propiedades del suelo y condiciones hidrogeológicas, así como propiedades del contaminante.

- Factores físicos:
Permeabilidad del suelo.
Distribución del contaminante.
Zona de influencia del oxígeno.
- Determinación del gas en el suelo, tasa de respiración o utilización de oxígeno (5%), niveles de CO₂ (<0.5%), concentración de TPH's en fase vapor (entre 200 y 630 ppm).
- Determinación del flujo de aire de inyección y radio de influencia de espaciamiento de los pozos de extracción, se hace uso de las siguientes relaciones de cálculo.
- Factores biológicos

Cinética microbiana. Se asume cinética de Monod, sustrato primario:

$$-\frac{dS}{dt} = \frac{k X S}{K_s + S}$$

La tasa máxima de degradación (k) es mucho menor que la observada en tratamiento convencional.

- Factores ambientales

Aceptor de electrones, humedad, nutrientes, pH, temperatura, concentración contaminante y disponibilidad.

Dado que se utiliza para la remoción de compuestos que se degradan aeróbicamente, el oxígeno es el ATE limitante.

Los microorganismos requieren humedad, pero si ésta está en exceso existen problemas de difusión, en general, humedad entre 5-25%.

La temperatura afecta significativamente la tasa de degradación y en zonas frías se tiende a aumentar ésta mediante la inyección de aire caliente.

Nutrientes. Los requerimientos de nutrientes son muy diferentes a la fuente de carbono o el O₂. Nitrógeno y fósforo son los limitantes, pero éstos no son destruidos en el sistema, sino reciclados de modo que no se necesita un suministro permanente. Se asume que la biomasa está en equilibrio:

$$\frac{dX}{dt} = k Y - k_d X \quad \Rightarrow \quad X = \frac{k Y}{k_d}$$

Por lo tanto, conociendo la concentración de microorganismos, es posible determinar la cantidad de nutrientes a partir de la relación C:N:P

Determinación de la tasa de utilización de oxígeno, se usó la relación estequiométrica de la oxidación del contaminante:



Tasa de biodegradación del contaminante (mg. HIDROCARBURO/Kg. SUELO /día)

$$K_B = 0.01 (K_0 \theta_a \rho_{O_2} C / \rho_K)$$

Donde:

K_B = tasa de biodegradación (mg/Kg.-d)

K_0 = tasa de utilización de oxígeno (%d⁻¹) - 5%

θ_a = espacio de poros lleno de gas (m³ gas/ cm³ suelo)- 0.1 a 0.4

ρ_{O_2} = densidad del oxígeno (mg/l) - 1.429

C = razón másica HC/O₂ - 0.29

ρ_K = densidad del suelo (g/cm³) - 2.61

Porosidad total y de saturación.

$$\Theta_a = \theta - \theta_w$$

Donde:

θ = porosidad total (cm³/cm³) - 0.5

θ_w = porosidad llena de agua (cm³/cm³) - 0.2 a 0.3

$$\theta = 1 - \rho_K / \rho_T \quad ; \quad \theta_w = M (\rho_K / \rho_T)$$

Donde:

ρ_K = densidad del suelo seco (gr./cm³)

ρ_T = densidad mineral del suelo (gr./cm³)

M = humedad del suelo (gr. humedad /gr. de suelo)

Flujo de aire

$$Q_{aire} = (K_0 V \Theta_a) / (20.9\% - 5\%) \times 60 \text{min. /hr.}$$

Espaciamiento de pozos o radio de influencia entre pozos (mts.). $e = 1-1.5 R_i$.

$$R_i = (Q_{aire}(20.9\%-5\%)/(\eta h K_0 \Theta_a))^{1/2}$$

d) 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 de las zonas 2 y 3 abarcan una superficie total de **67.13 m²**, incluyendo también el montículo de tepetate ubicado en la zona 2.

Se propone la instalación de pozos en la zona 2 y 3, utilizando tubería de PVC cédula 40 de 1.0" de diámetro, con tubería ranurada en todo el espesor de los sedimentos contaminados (0.20 m), ya que se tiene piso de concreto en esos sitios.

Con respecto al montículo de tepetate que tiene una altura de 1.20 m, solo se tiene afectación en el piso donde se ubica, llegando hasta donde se encuentra el piso de concreto, pero para incluir al tratamiento los gases que puedan ser liberados por capilaridad del piso al montículo, se instalará tubería ranurada desde la parte superior del montículo hasta el piso de concreto. Logrando un tratamiento más eficiente.

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. La longitud de los tubos de cada pozo en las Zonas 2 y 3, será de 35 cm y en cada tubo/pozo se dejara una sección de 0.15 m de tubería lisa en la parte superior, para la instalación tapones herméticos que garanticen que no se infiltren sustancias indeseadas, para la colocación de un cajón de cemento que garantice la protección del pozo, para evitar daños por el paso de personal, maquinaria, etc., y la interconexión aérea de pozo a pozo para cada línea de tratamiento.

Se considera un área de influencia de cada pozo de 1.0 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 1.0 m uno de otro a lo largo de cada línea de pozos de tratamiento, con el fin de que se intercalen las áreas de influencia y se cubra toda el área afectada.

Para la Zona afectada 2 y 3, se propone la instalación de 79 pozos en total, distribuidos de la siguiente manera:

- 3 Líneas con 24 pozos, en total 72 (Líneas 1, 2 y 3)
- 1 Línea con 4 pozos (Línea 4)
- 1 Línea con 2 pozos (Línea 5)
- 1 Línea con 1 pozo (Línea 6)

Las Líneas 1, 2 y 3, se ubicarán donde el espesor de suelo es de 0.20 m y la longitud de la tubería de cada pozo será de 0.35 m. Los primeros 0.15 m serán lisos y los restantes 0.20 m de los tubos estarán ranurados.

Las Líneas 4, 5 y 6, se ubicarán sobre el montículo de tepetate, con la finalidad de asegurar que se comprenderá todo el estrato afectado por gasolina, se propone la instalación de 7 pozos en total, distribuidos desde la parte superior del montículo hasta el nivel de piso de concreto. Y la longitud de la tubería de cada pozo será de 1.40 m. Los primeros 0.15 m serán lisos y los restantes 1.25 m de los tubos estarán ranurados.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la cantidad de pozos que se propone en la zona afectada 2 y 3, así como el montículo de tepetate y los espesores que abarcaran los pozos de tratamiento

Tabla 2.- Número de pozos a instalar en las zonas 2 y 3, donde se incluye el montículo de tepetate

ZONAS	ESPESOR QUE ABARCARÁ EL POZO DE TRATAMIENTO	LONGITUD DE TUBO QUE SE INSTALARÁ PARA EL TRATAMIENTO	No. DE POZOS POR ZONA
2 y 3	Superficie a piso de concreto (0.20 m)	0.35 m	72
Montículo de Tepetate	Parte superior del montículo de tepetate al piso de concreto	1.40 m	7
Total de Pozos de Tratamiento			79

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.

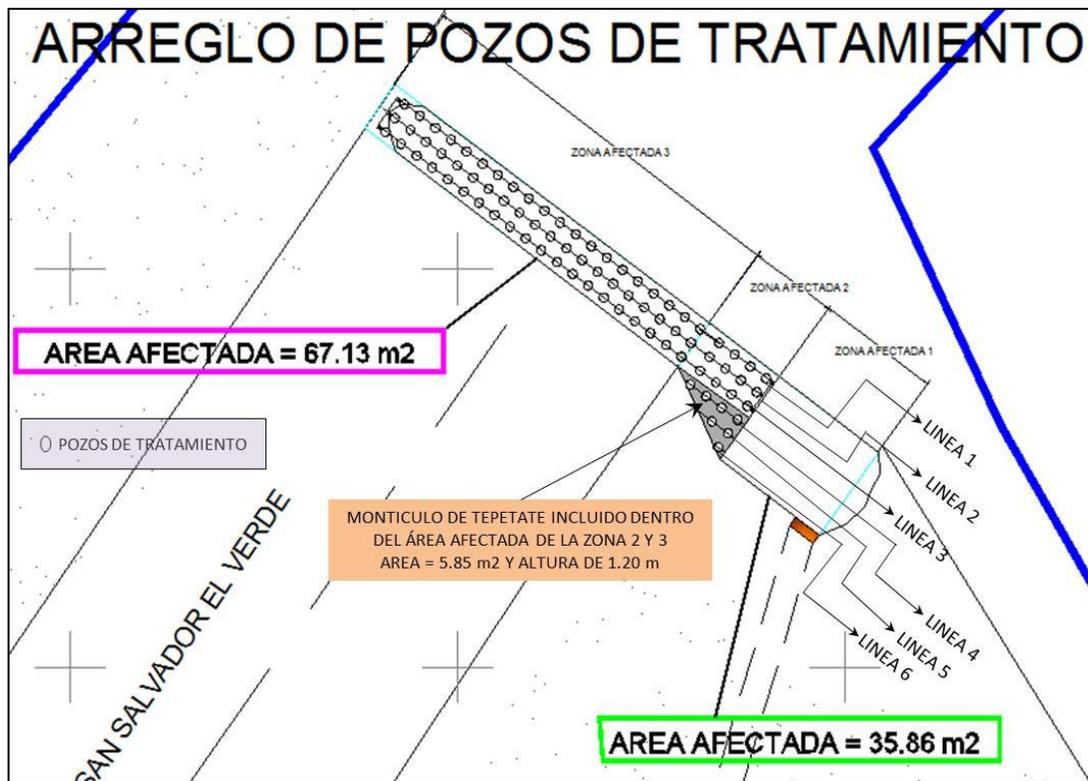


Figura 5. Arreglo de los pozos de tratamiento.

En la siguiente figura se muestra más a detalle el arreglo de los pozos de tratamiento.

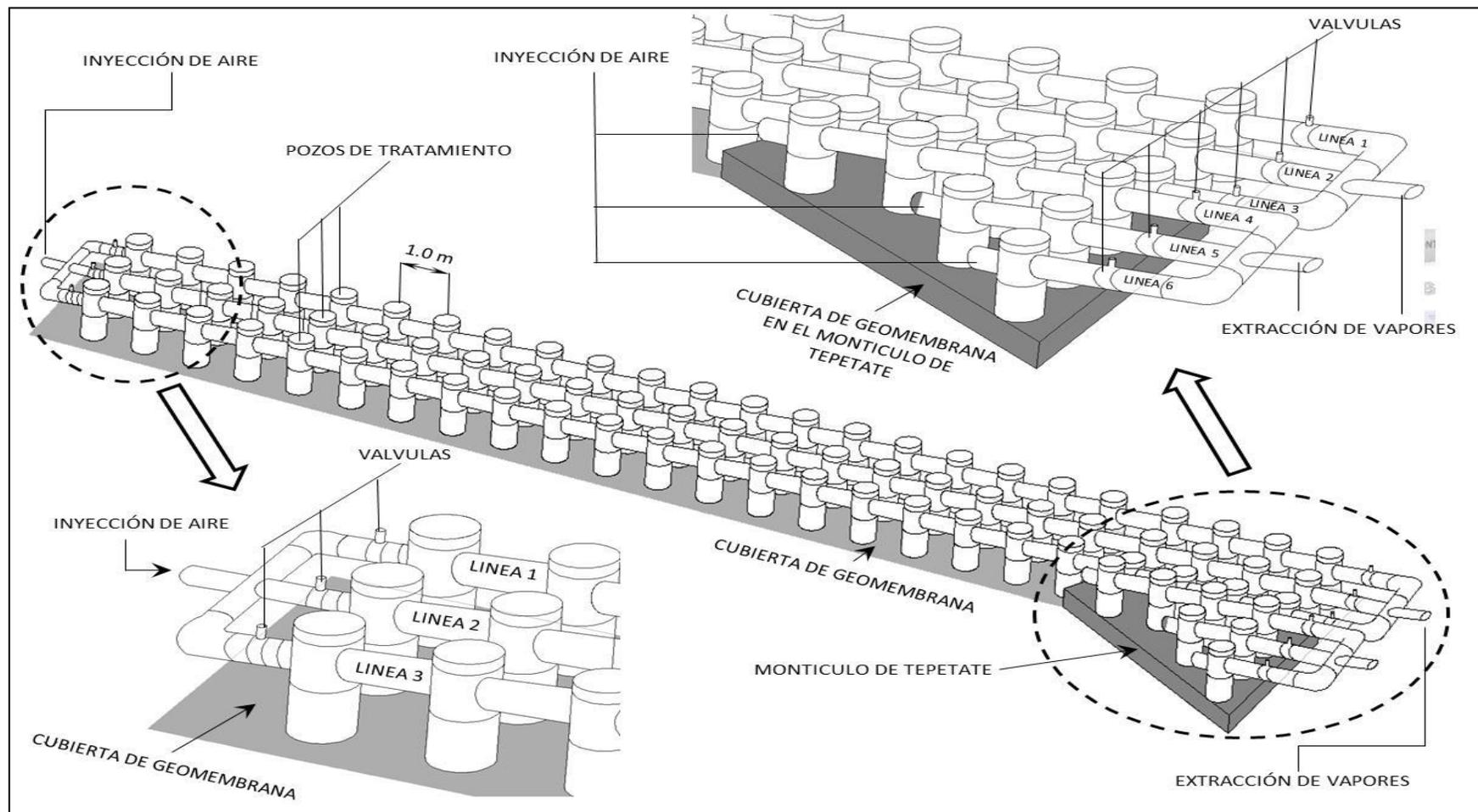


Figura 6. Arreglo tridimensional de los pozos de tratamiento

Como se observa en la figura anterior, se tiene que en el área 2 y 3, se tiene la instalación de 3 líneas, (Línea 1, Línea 2 y Línea 3), separadas entre si por 0.80 m, las cuales tienen 24 pozos cada línea, teniendo una separación de pozo a pozo de 1.0 m, completando los 72 pozos de tratamiento.

Al inicio de cada línea, se tendrá una válvula para controlar el flujo de inyección de aire, en la parte final de cada línea, igualmente se tendrá una válvula para controlar el flujo de extracción de vapores.

Cada pozo de tratamiento contendrá los siguientes elementos:

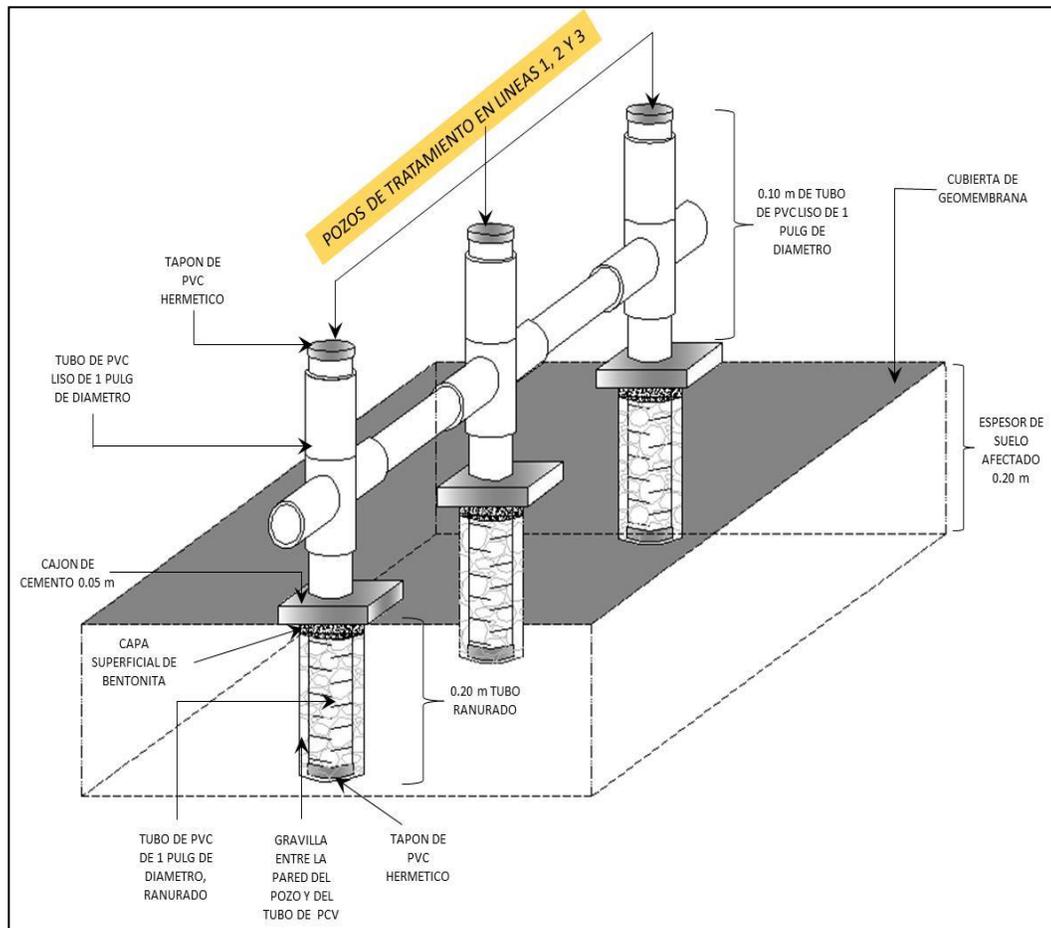


Figura 7. Esquema de construcción para los pozos de tratamiento de las líneas 1, 2 y 3.

Para el caso del montículo de tepetate, se tienen 3 líneas de pozos (Línea 4, Línea 5 y Línea 6), separadas entre si cada 0.50 m, teniendo en la Línea 4, 4 pozos de tratamiento, con una separación de pozo a pozo de 1.0 m; en la Línea 5 se tiene 2 pozos de tratamiento, y en la Línea 6 se tiene un pozo de tratamiento, al inicio de cada línea se inyectará aire (sin necesidad de válvulas), y al final de cada línea estarán interconectadas y equipadas con válvula cada una para la extracción de gases.

Cada pozo de tratamiento será realizado de la siguiente forma:

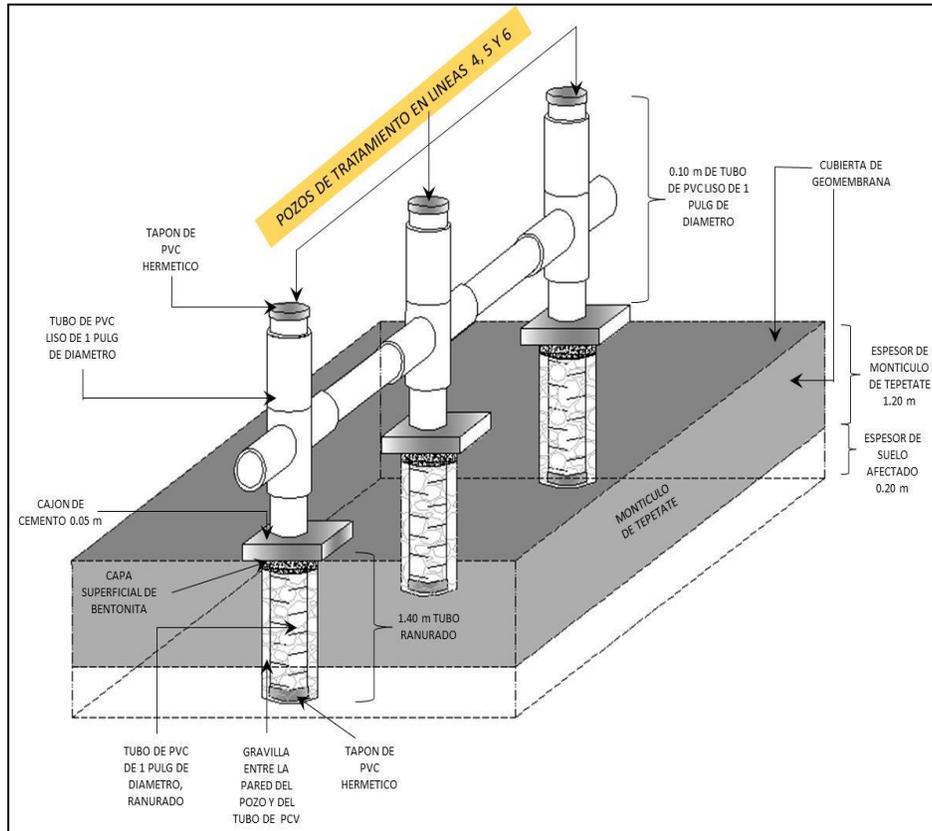


Figura 8. Esquema de construcción para los pozos de tratamiento de las líneas 4, 5 y 6.

e) Colocación de cubierta de liner y sellado de pozos

Como medida de seguridad, para evitar la migración de los vapores de gasolina al ambiente, al momento de inyectar aire o cuando se realice la extracción de vapores, se cubrirá con geomembrana calibre 1000 la superficie de la zona afectada 2 y 3.

La colocación de la cubierta de liner se realizará una vez que se hayan colocado las tuberías de los pozos, sin interconectar. Se perforará el liner en cada tubo de cada pozo y se extenderá a lo largo y ancho a fin de tener toda la superficie cubierta y no se produzcan fugas, Se sellara por los extremos y las orillas utilizando una pistola de termofusión.

El montículo de tepetate se cubrirá totalmente con la geomembrana calibre 1000.

Posterior a la colocación del liner, para evitar fugas y/p entrada de líquidos del exterior, se sellara cada pozo primero con un tapón de bentonita y posteriormente con una mezcla de cemento

Posteriormente a la colocación de la geomembrana, se terminará la interconexión de las líneas de pozos.

f) Tratamiento por Bioventeo Aerobio

Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento

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 Vacío 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 Vacío.
8. Instalación de mangueras de conexión del Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vacío a los sistemas de pozos ya instalados.

Operación del Sistema de Tratamiento

Para llevar a cabo los trabajos para el del sistema de tratamiento se seguirán las siguientes actividades

1. Se realiza la conexión del sistema de tratamiento al Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vacío 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 ft³ 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 semana se realiza la medición de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) con un equipo Gastech (se incluye ficha técnica), en 3 pozos en la zona 2 y 3, 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 con equipo de campo PetroFLAG® (se incluye ficha técnica), 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, 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, de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal para HFL y BTEX's, es el siguiente:

Tabla 4.- 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 Permissible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	200
Benceno	6
Tolueno	40
Etilbenceno	10
Xilenos	40

g) Tratamiento de gases generados por el proceso de tratamiento

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

h) Materiales y equipo a emplear

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

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

- **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.

- **Material a utilizar.**

– Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 1".

- Arena o gravilla.
- Cemento.
- Bentonita.
- Grava.
- Tapones herméticos de PVC.
- Válvulas para regular flujos.
- Pegamento para PVC.
- Filtros de carbón activado.
- Productos agroquímicos (Urea y Triple 17)
- Equipo a utilizar.
 - ❖ Equipo de Inyección de aire.

Serie XVL Premium Compresores de Tornillo Rotativo

MOTOR		PRESION		DESPLAZAMIENTO	
HP	VOLTAJE	PSI	BAR	CFM	M ³ /MIN
75	220/440	100	7	297	10.5
		115	8	283	10
		145	10	241	8.5
PUERTO DE DESCARGA			PESO	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
TRANSMISION/ DRIVE BV/VB 2	VALVULA VENDEO/ VENTED EXHAUST STANDAR
ACEITE/OIL L 1.2	CUBRE BANDA/ BELT GUARD STANDAR

❖ Generador de energía

Planta de 6500 w

- Generadores de energía eléctrica con capacidad de 6500 kw; motor a gasolina con inyección directa de combustible., 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 6 a 10 horas de operación.
- Soportes de neopreno para vibración entre motor y base.

• 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 es manual y se encuentra montado en una plataforma específicamente para para su transportación maniobras y operación.

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

Para la perforación de pozos, dependiendo de las circunstancias del sitio que requiera un equipo menos agresivo, también podrá ser utilizado el equipo manual Hand Auger, con cuchara de acero inoxidable para 2" de diámetro.

Listado de materiales y equipo a emplear

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

Tabla 5.- Productos para Tratamiento

Producto	Cantidad (Aprox.)
Urea*	50 kg
Triple 17*	50 kg
Carbón Activado*	25 kg

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 6.- Material a Utilizar para Construcción de Pozos.

Material	Cantidad
Arena o gravilla.*	2.0 m ³
Cemento.*	40 kg
Bentonita.*	25 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 1".	130 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 1".	79 Pzas.
Codos de 90° de PVC cédula 40 de diámetro de 1".	6 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 1".	79 Pzas.
Pegamento para PVC.	2 L
Copples de PVC cédula 40 de diámetro de 1"	40 Pzas.

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 7.- Equipo a Utilizar

Equipo	Cantidad
Equipo de Inyección de aire-bomba de vacío	1
Generador de energía Honda EG6500-CX	1
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
Tanque tipo Rotoplast 2500 lts.	1

*Se anexa Hoja de Especificaciones.

i) Evaluaciones de seguimiento

Una vez que el proceso de "Bioventeo Aerobio In Situ" esté operando de forma uniforme y continua (después del día 30), se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de Hidrocarburos Fracción Ligera con la finalidad de evaluar el avance de la remediación de suelo.

Las muestras tomadas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera se obtendrán con la herramienta manual "Hand Auger" y se analizarán con un equipo de campo (PetroFLAG®). Al terminar la toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

El tipo de muestreo a realizar será Selectivo (dirigido), es decir se seleccionarán puntos representativos del sitio. Se ubicarán 3 puntos de muestreo dentro de las Áreas Afectadas, de los cuales se obtendrá 3 muestras de suelo (1 muestra en la zona 2 y 2 muestras en la zona 3). Con respecto en la zona 2, se coleccionará la muestra en el montículo de tepetate, pero tomándose en el estrato afectado del piso.

En la Tabla 5 se presentan los puntos de muestreo, el número de muestras, las profundidades y el parámetro a analizar en cada zona afectada. En la Figura 7 se observa la ubicación de los puntos de muestreo.

Tabla 8.-Puntos de muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HTP FRACC. LIGERA
ZONA 2	P-1	1	0.15 m	√
ZONA 3	P-2	1	0.15 m	√
	P-3	1	0.15 m	√
TOTAL DE MUESTRAS		3	-	-



Figura 9. Ubicación de puntos para los muestreos de seguimiento.

El parámetro de control será la concentración de Hidrocarburos Fracción Ligera, considerando como referencia 200 mg/kg de HFL que es el valor establecido como Límite Máximo Permissible en la NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

El programa calendarizado para el muestreo de seguimiento se muestra a continuación:

Tabla 9.- Programa de muestreos de seguimiento

Actividad	Tiempo (meses)							
	1		2		3		4	
	15	30	15	30	15	30	15	30
Instalación de los pozos para el tratamiento. Equipamiento e inicio de operación								
Primer muestreo de seguimiento								
Segundo muestreo de seguimiento								
Tercer muestreo de seguimiento								
Muestreo final comprobatorio								

De tal forma, el volumen de obra del Muestreo de Seguimiento corresponderá a lo presentado en la Tabla 7.

Tabla 10.- Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

Zona	Profundidad	Puntos de muestreo por área	Periodo			Parámetro
			1 (Día 30)	2 (Día 45)	3 (Día 60)	
2	0.15	1	1	1	1	HFL
3	0.15	2	2	2	2	HFL
Total muestras	-	-	3	3	3	-

j) Evaluación final

Para el presente Plan de Muestreo Final Comprobatorio, se considera solo las Áreas 2 y 3, donde se ubicarán 3 puntos de muestreo dentro de las zonas afectadas, de los cuales se obtendrán 3 muestras de suelo (1 en cada punto de muestreo). Adicionalmente se tomara 1 muestra duplicada, para un total de 4 muestras. Con respecto en la zona 2, se coleccionará la muestra en el montículo de tepetate, pero tomándose en el estrato afectado del piso.

En la Tabla 8 se presentan los puntos de muestreo, la profundidad de las muestras y los parámetros a analizar. En la Figura 1 se observa la ubicación de los puntos de muestreo.

Tabla 11.- Puntos de Muestreo, Profundidad de las Muestras y Parámetros a Analizar

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX	pH	Humedad
Zona 2	P-4	1	0.15	√	√	√	√
Zona 3	P-5	1	0.15	√	√	√	√
	P-6	1	0.15	√	√	√	√
TOTAL		3					
MUESTRAS DUPLICADAS		1		√	√	√	√
TOTAL		4					



Figura 10. Ubicación de puntos para el muestreo final comprobatorio Zonas 2 y 3.

1.3 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar considerando los contaminantes identificados en el Estudio de Caracterización y con base a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, serán Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno).

1.4 Equipo para toma de Muestras de Muestreo de Seguimiento y Muestreo Final Comprobatorio.

Para realizar la perforación del suelo, se utilizará el equipo conocido como "Hand Auger", a través del cual también se tomará la muestra de suelo. Al terminar la perforación y toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación Hand Auger, de acuerdo a lo indicado por la normatividad, será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

1.5 Laboratorio para Toma de Muestras y Análisis

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

Las muestras de suelo serán simples y se colocarán en frascos de cristal con tapa de teflón. Se verificará que las muestras de suelo llenen a tope los recipientes para colocar posteriormente las tapas. Los frascos serán etiquetados, sellados y colocados en una hielera a 4 °C hasta su entrega al laboratorio. La entrega será en un tiempo menor a 8 horas posteriores a la terminación del muestreo.

El personal responsable elaborará el registro de las muestras tomadas en las "Cadenas de Custodia", donde se anotarán los datos correspondientes, tales como nombre de la empresa y responsable del muestreo, ubicación del sitio, clave de identificación de la muestra, hora de la toma, ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas y parámetros a analizar.

La cadena de custodia, también incluirá la identificación de las personas que participan en las operaciones de entrega y recepción en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha, hora y firma de los participantes.

1.6 Programa de Trabajo

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

Tabla 12.- Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"

Actividad	Tiempo (meses)							
	1		2		3		4	
	15	30	15	30	15	30	15	30
Instalación de los pozos para el tratamiento. Equipamiento e inicio de operación								
Tratamiento hasta la primera evaluación del avance								
Tratamiento hasta la segunda evaluación del avance								
Tratamiento hasta la tercera evaluación del avance								
Muestreo final comprobatorio								
Elaboración del informe final								
Limpieza del área y desarmado de pozos								

1.7 Referencias

- CORPONOR (2015). Corporación autónoma regional de la Frontera Nororiental. Hoja de seguridad. Gasolina automotor.
- INAFED (2010). Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. San Salvador el Verde.
- INEGI (2020). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2020. Subsistema de información demográfica y social.
- INEGI (2022). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2020. Geografía y medio ambiente.
- PEMEX (2011). Petróleos Mexicanos. Hoja de datos de seguridad. PEMEX PREMIUM (1) ZMVM.
- SEMARNAT (2013). 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. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación.

ANEXO 1

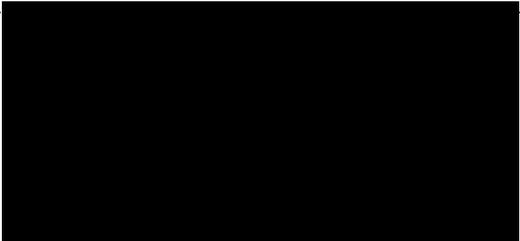
PLAN DE MUESTREO **DE SEGUIMIENTO** **AREAS AFECTADAS 2 Y 3**

**SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR
DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR
SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM
83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN
EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE,
ESTADO DE PUEBLA**

Consultoría Ambiental
Estudios y Proyectos

**PLAN DE MUESTREO DE SEGUIMIENTO
AREAS AFECTADAS 2 Y 3**

CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINIESTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MÉXICO S.A. DE C.V., EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.

Elaborado por:	   
Firma del Responsable Técnico:	
Lugar de Elaboración:	Ciudad de México
Fecha:	Noviembre 2022

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

1 Antecedentes

A consecuencia del siniestro ocurrido en el km 83+100 de la autopista México-Puebla, bajo el puente del retorno Chautla, en el municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla, de una unidad perteneciente a la empresa "Comercial en Fletes México S.A. de C.V." que transportaba Gasolina Premium, se ocasionó la afectación por este hidrocarburo a una superficie de 102.99 m², generando 189.14 m³ de suelo contaminado distribuido en 3 zonas, la Zona 1 corresponde a una poza de contención, la Zona 2 se ubica en la entrada del túnel bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla y la Zona 3 pertenece a suelo y sedimentos ubicados dentro del túnel.

Las Zonas afectadas 2 y 3, (que corresponden la primera a la entrada del túnel bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla y segunda a la superficie dentro del túnel), tienen piso de mampostería, lo que impide que el hidrocarburo migre, quedándose contenido en los sedimentos.

Con base en lo anterior, se realizarán los trabajos para el saneamiento del suelo mediante la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*" adaptado a las condiciones del sitio, y que consiste en la extracción de vapores y en inyectar al suelo aire limpio y soluciones acuosas con nutrientes, con lo cual se estimula el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos endógenos capaces de degradar hidrocarburos, dando lugar a la eliminación del contaminante.

La técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*" se aplicó para eliminar o disminuir al máximo posible la concentración de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX presentes en el suelo y subsuelo (hasta quedar por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012) para un suelo agrícola y forestal.

De acuerdo al cronograma de actividades, se estima que durante los primeros 15 días se realizará la instalación, equipamiento e interconexión de pozos y se iniciarán las actividades y ajustes del tratamiento.

Con base en lo anterior, se considera que será hasta el día 15 cuando se realizará la primera toma de muestras de suelo en las zonas 2 y 3 contaminadas. A partir de ese momento iniciarán los muestreos para dar seguimiento al tratamiento del suelo y en función de los resultados se identificará si es necesario hacer ajustes en el proceso de saneamiento.

2 Objetivo

Evaluar la eficiencia del proceso de tratamiento del suelo contaminado con gasolina Premium a través del análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera en muestras de suelo, para verificar que los resultados sean los esperados o realizar los cambios necesarios a fin de favorecer la restauración del suelo.

3 Procedimiento de Muestreos y Análisis

Una vez que el proceso de "Bioventeo Aerobio In Situ" esté operando de forma uniforme y continua (después del día 30), se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de Hidrocarburos Fracción Ligera con la finalidad de evaluar el avance de la remediación de suelo.

Las muestras tomadas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera se obtendrán con la herramienta manual "Hand Auger" y se analizarán con un equipo de campo (PetroFLAG®). Al terminar la toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

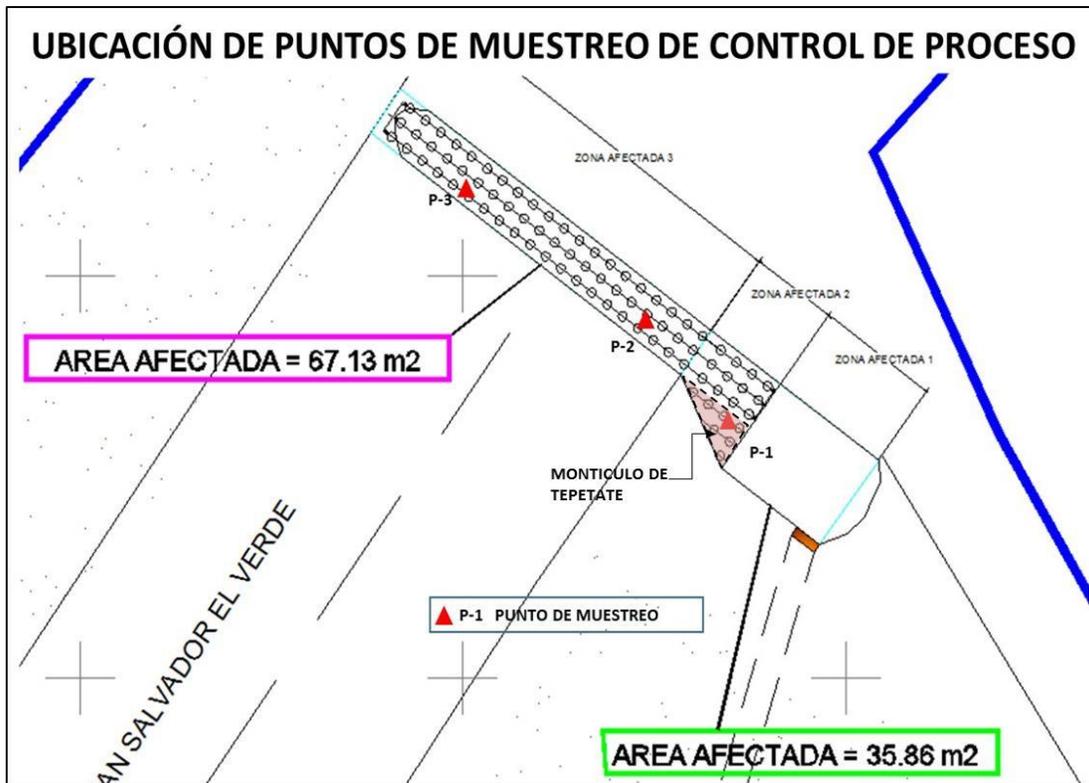
El tipo de muestreo a realizar será Selectivo (dirigido), es decir se seleccionarán puntos representativos del sitio. Se ubicarán 3 puntos de muestreo dentro de las Áreas Afectadas, de los cuales se obtendrá 3 muestras de suelo (1 muestra en la zona 2 y 2 muestras en la zona 3). Con respecto en la zona 2, se coleccionará la muestra en el montículo de tepetate, pero tomándose en el estrato afectado del piso.

En la Tabla 1 se presentan los puntos de muestreo, el número de muestras, las profundidades y el parámetro a analizar en cada zona afectada. En la Figura 1 se observa la ubicación de los puntos de muestreo.

Tabla 1.-Puntos de muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HTP FRACC. LIGERA
ZONA 2	P-1	1	0.15 m	√
ZONA 3	P-2	1	0.15 m	√
	P-3	1	0.15 m	√
TOTAL DE MUESTRAS		3	-	-

Figura 1.-Ubicación de puntos para los muestreos de seguimiento.



El parámetro de control será la concentración de Hidrocarburos Fracción Ligera, considerando como referencia 200 mg/kg de HFL que es el valor establecido como Límite Máximo Permissible en la NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

4 Volumen de Obra

Como se mencionó anteriormente, el inicio de toma de muestras para el seguimiento del tratamiento será a partir del día 30 y dado que se reportó que el contaminante que es un Hidrocarburo Fracción Ligera, se encuentra dentro del estrato de 0.0 a 0.15 m en el suelo (Zona 2 y 3), se estima que el tratamiento se podrá lograr en los siguientes 60 días. Por lo que, se proyecta realizar 3 muestreos de seguimiento, de acuerdo al programa que se establece en la Tabla 2.

Tabla 2. - Programa de muestreos de seguimiento

Actividad	Tiempo (meses)								
	1		2		3		4		
	15	30	15	30	15	30	15	30	
Instalación de los pozos para el tratamiento. Equipamiento e inicio de operación									
Primer muestreo de seguimiento									
Segundo muestreo de seguimiento									
Tercer muestreo de seguimiento									
Muestreo final comprobatorio									

De tal forma, el volumen de obra del Muestreo de Seguimiento corresponderá a lo presentado en la Tabla 3.

Tabla 3.- Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

Zona	Profundidad	Puntos de muestreo por área	Periodo			Parámetro
			1 (Día 30)	2 (Día 45)	3 (Día 60)	
2	0.15	1	1	1	1	HFL
3	0.15	2	2	2	2	HFL
Total muestras	-	-	3	3	3	-

De los resultados que se obtengan del último muestreo de seguimiento, se determinará si es necesario aumentar el tiempo de tratamiento, lo cual incrementará el número de muestreos hasta obtener valores que indiquen que el suelo está libre de Hidrocarburos Fracción Ligera o con valores menores a 200 mg/kg que es el Límite Máximo Permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

Adicional a la toma de muestras para su análisis de laboratorio, se realizará la medición de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) con un fotoionizador que indicará si en los vapores de extracción se están expulsando estos compuestos que son resultado de la evaporación de la gasolina. El registro periódico de los valores COV's indicará si hay una disminución en las concentraciones de los gases emitidos. La toma de estas lecturas se realizará cuando se realice la toma de muestras de suelo.

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

5 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar en las muestras de suelo obtenidas en los muestreos de seguimiento, considerando los contaminantes identificados en el Estudio de Caracterización y con base a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, serán Hidrocarburos Fracción Ligera.

El parámetro a analizar con la lectura de emisiones de gases extraídos será COV's.

6 Equipo para toma de Muestras

- Para realizar la perforación del suelo, se utilizará el equipo conocido como "Hand Auger", a través del cual también se tomará la muestra de suelo.
- Para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera se utilizará un equipo de campo (PetroFLAG®).
- Para la toma de Lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), se utilizará un equipo Fotoionizador que medirá las concentraciones en ppm.

7 Laboratorio para el análisis de Muestras

Debido a que serán muestreos de seguimiento, el personal responsable de los trabajos de remediación tomará las muestras y las analizará con un equipo de campo (PetroFLAG®).

8 Tiempo Estimado de los Trabajos

El tiempo de realización de los trabajos en campo para la toma de muestras de suelo y su análisis, junto con la lectura de COV's será de 2 horas.

9 Fecha Propuesta de Muestreo

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

ANEXO 2

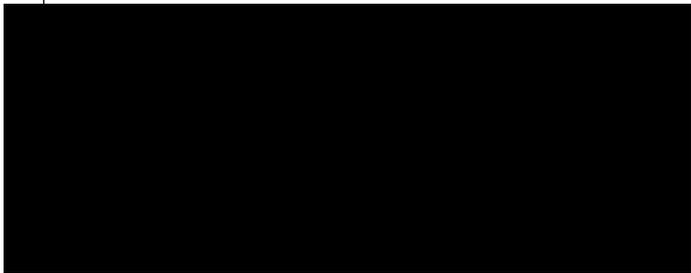
PLAN DE MUESTREO **FINAL COMPROBATORIO** **AREAS AFECTADAS 2 Y 3**

**SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR
DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR
SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM
83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN
EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE,
ESTADO DE PUEBLA**

Consultoría Ambiental
Estudios y Proyectos

**PLAN DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO
AREAS AFECTADAS 2 Y 3**

PARA EVALUAR EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR SINIESTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MÉXICO S.A. DE C.V., EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.

Elaborado por:	
Firma del Responsable Técnico:	
Lugar de Elaboración:	Ciudad de México
Fecha:	Noviembre 2022

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

1 Antecedentes

Derivado del derrame de Gasolina Premium en el km 83+100 de la autopista México-Puebla, bajo el puente del retorno Chautla, en el municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla, se afectó una superficie de 102.99 m² y se generaron 189.14 m³ de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera y con BTEX.

El saneamiento del suelo afectado por el derrame de gasolina se llevará a cabo mediante la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*", que consiste en la extracción de vapores y en la inyección en el suelo de aire limpio y soluciones con nutrientes para favorecer el crecimiento de los microorganismos capaces de degradar hidrocarburos.

El avance del saneamiento del suelo al aplicar la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*" se evaluará mediante muestreos de seguimiento, en los que se podrá detectar que las concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera, disminuyan a niveles menores a los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en un suelo agrícola y forestal; logrando el objetivo de los trabajos de saneamiento.

Una vez que en las Áreas 2 y 3 el suelo sea saneado, se realizará un Muestreo Final Comprobatorio, con la finalidad de comprobar de manera oficial a la autoridad ambiental que se ha restaurado el suelo de acuerdo a lo establecido en 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".

2 Objetivo

Conocer mediante análisis de laboratorio la concentración de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX presente en las zonas saneadas (Áreas 2 y 3) y verificar que los niveles de estos contaminantes se encuentren por debajo de los "Límites Máximos Permisibles" establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

3 Procedimiento de Muestreo

El tipo de Muestreo a realizar será Selectivo (Dirigido) Representativo, pues se seleccionarán puntos representativos del sitio. Sin embargo, y a petición de la autoridad, el muestreo también podrá ser aleatorio a fin de verificar que toda el área ha sido saneada.

4 Volumen de Obra

Como se mencionó anteriormente, el área afectada está perfectamente delimitada y corresponde a la zona del derecho de vía, y fue dividida en 3 Zonas, la Zona 1 corresponde a una poza de contención, la Zona 2 se ubica en la entrada del túnel bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla y la Zona 3 pertenece a suelo y sedimentos ubicados dentro del túnel.

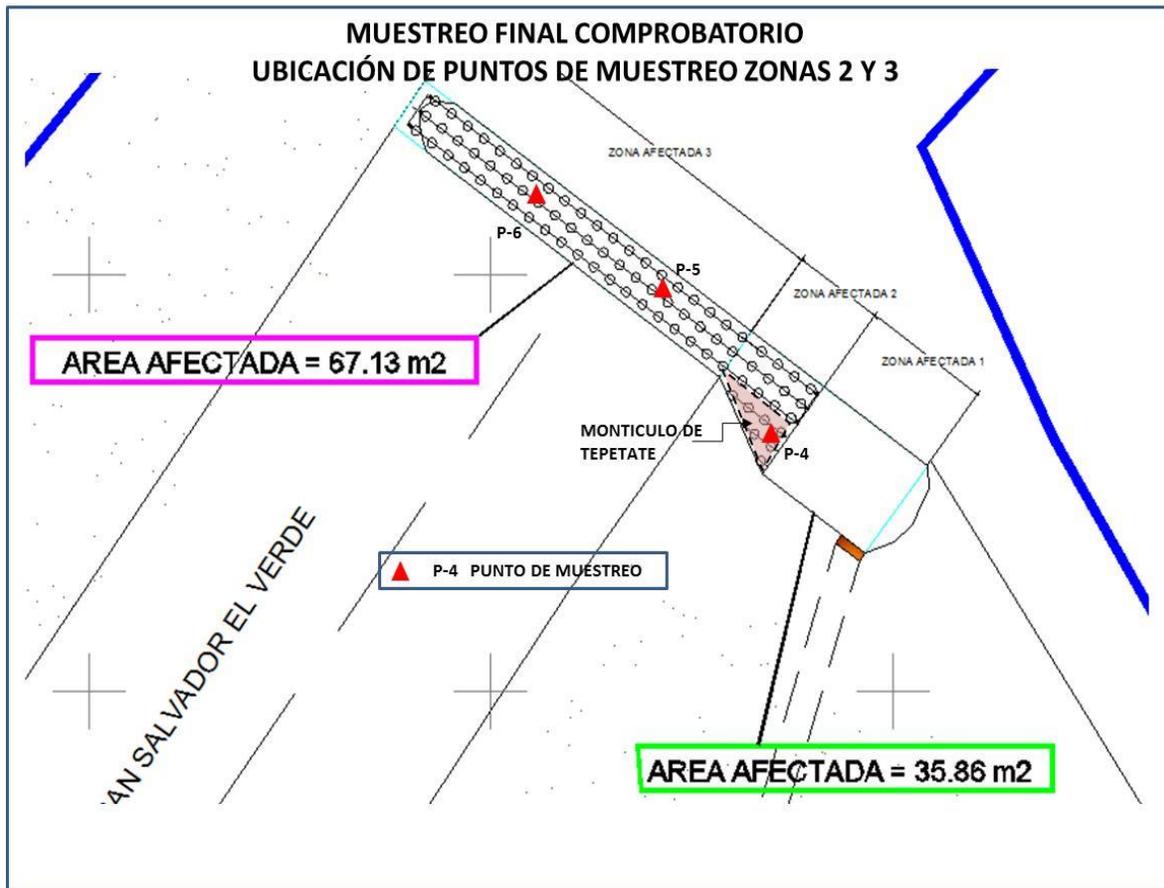
Para el presente Plan de Muestreo Final Comprobatorio, se considera solo las Áreas 2 y 3, donde se ubicarán 3 puntos de muestreo dentro de las zonas afectadas, de los cuales se obtendrán 3 muestras de suelo (1 en cada punto de muestreo). Adicionalmente se tomara 1 muestra duplicada, para un total de 4 muestras. Con respecto en la zona 2, se colectará la muestra en el montículo de tepetate, pero tomándose en el estrato afectado del piso.

En la Tabla 1 se presentan los puntos de muestreo, la profundidad de las muestras y los parámetros a analizar. En la Figura 1 se observa la ubicación de los puntos de muestreo.

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

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX	pH	Humedad
Zona 2	P-4	1	0.15	√	√	√	√
Zona 3	P-5	1	0.15	√	√	√	√
	P-6	1	0.15	√	√	√	√
TOTAL		3					
MUESTRAS DUPLICADAS		1		√	√	√	√
TOTAL		4					

Figura 1.- Ubicación de puntos para el muestreo final comprobatorio Zonas 2 y 3



5 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar considerando los contaminantes identificados en el Estudio de Caracterización y con base a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, serán Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno).

6 Equipo para toma de Muestras

Para realizar la perforación del suelo, se utilizará el equipo conocido como "Hand Auger", a través del cual también se tomará la muestra de suelo. Al terminar la perforación y toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación Hand Auger será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

7 Laboratorio para Toma de Muestras y Análisis

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

Las muestras de suelo serán simples y se colocarán en frascos de cristal con tapa de teflón. Se verificará que las muestras de suelo llenen a tope los recipientes para colocar posteriormente las tapas. Los frascos serán etiquetados, sellados y colocados en una hielera a 4 °C hasta su entrega al laboratorio. La entrega será en un tiempo menor a 8 horas posteriores a la terminación del muestreo.

El personal responsable elaborará el registro de las muestras tomadas en las "Cadenas de Custodia", donde se anotarán los datos correspondientes, tales como nombre de la empresa y responsable del muestreo, ubicación del sitio, clave de identificación de la muestra, hora de la toma, ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas y parámetros a analizar.

La cadena de custodia, también incluirá la identificación de las personas que participan en las operaciones de entrega y recepción en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha, hora y firma de los participantes.

8 Tiempo Estimado de los Trabajos

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

9 Fecha Propuesta de Muestreo

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

6.3.1 Determinación del área afectada

Durante el desarrollo de los trabajos en campo, como primera actividad se realizó la ubicación del sitio, utilizando un GPS posicionador geográfico marca Garmin con una precisión de ± 5 m, para obtener una referencia satelital en los límites del área de estudio.

Las coordenadas geográficas del punto del siniestro son:

- N 19°18'26.36" W 98°29'34.39".

Las coordenadas UTM son:

- X = 553,265.70 Y = 2,134,880.51.

Se determinó el área afectada, con base en la topografía del terreno; la distribución del escurrimiento de la Gasolina; la impregnación del hidrocarburo en el suelo; vegetación afectada; características organolépticas; condiciones climáticas y barreras físicas. Se señalaron los límites que se consideran para el área de estudio, para lo cual, se usaron estacas y se marcaron las líneas de la poligonal determinada. Se obtuvo como resultado un área preliminar a estudiar correspondiente al área delimitada por el levantamiento realizado.

Se observó que por las características del punto donde se dio la descarga del hidrocarburo derramado, este quedó encapsulado en una zona totalmente delimitada por la topografía del terreno y por las obras de infraestructura que imponían piso y muros de concreto en gran parte de la superficie afectada.

6.3.2 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico realizado permitió determinar la pendiente del terreno y por lo tanto, tener en planta y a escala todas las características físicas del sitio, para identificar y delimitar la extensión de la pluma contaminante. El plano obtenido a partir del levantamiento topográfico se incluye en el ANEXO E.

El equipo utilizado para el levantamiento fue:

- Estación total FOCUS 8 SPECTRA PRECISION precisión $\pm 1''$

- Tripié de aluminio con plomada
- Bastón con prisma de -0.30 OFFSET
- GPS Garmin Precisión $\pm 5''$
- Brújula 1" \varnothing c/ OFFSET simple

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

Una vez que se delimito el área probablemente contaminada, se ubicaron los puntos de muestreo para obtención de muestras para análisis d laboratorio y se procedió a la perforación de los pozos utilizando herramienta manual (Hand Auger) para la extracción de núcleos inalterados de suelo, obteniendo muestras cada 0.50 m de profundidad en cada pozo, a fin de determinar sus características y estratigrafía.

Al momento de realizar la perforación de los pozos (Fotografía 6), se observó y registró el tipo de suelo que presentaba cada uno de ellos según la profundidad de penetración y se detectó que el perfil estratigráfico del suelo, es homogéneo en cada una de las zonas de cada pozo.

En la Figura 11 se muestra la estratigrafía general de la zona afectada. Los estratos que se identificaron en las áreas de estudio fueron:

- De 0.00 m a 2.00 m arcillo arenoso color café claro con aroma a hidrocarburos
- De 2.00 m a 3.50 m arcillo arenoso color pardo con aroma a hidrocarburos
- De 3.50 m a 5.00 m arcillo arenoso color café oscuro con aroma a hidrocarburos y humedad

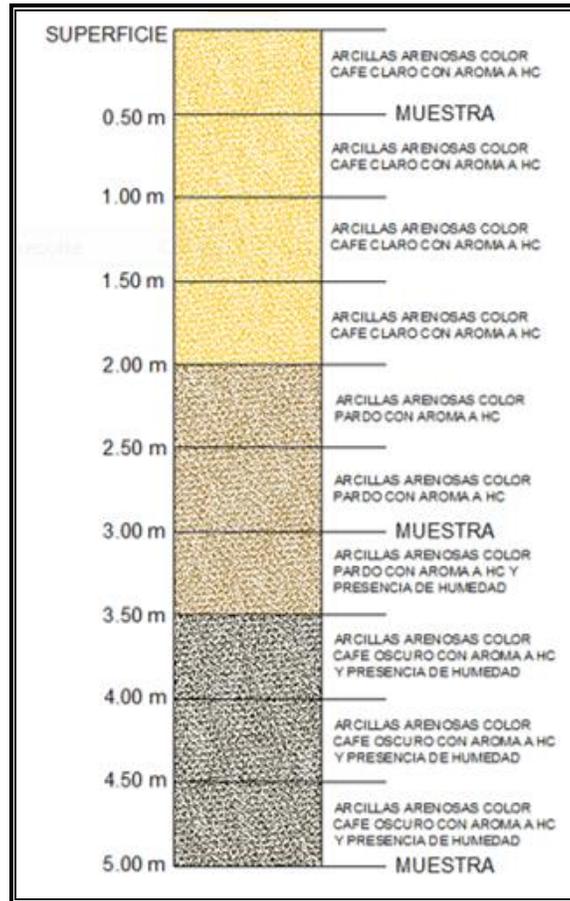


Figura 11.- Perfil estratigráfico del suelo contaminado con gasolina.



Fotografía 6.- Perforación de Pozos para toma de muestras en profundidad de hasta 5.0 m.

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

6.3.4 Toma de muestras de suelo y análisis de laboratorio

Con la información de campo recabada, en donde se identificó que había presencia con un fuerte aroma de gasolina hasta la profundidad de 4.35 m en la visita realizada en diciembre del 2021, se generó un Protocolo de Muestreo donde se propuso la toma de muestras de suelo. El Plan de Muestreo consideró la delimitación del área de estudio que corresponde a una superficie total afectada de 83.89 m², y se distribuye en 3 áreas afectadas identificadas, ubicando los Puntos de Muestreo de forma representativa en el área afectada (Ver Figura 12), realizándose la toma de muestras de la siguiente manera:

- **Zona Afectada 1.-** 3 Puntos de Muestreo, 3 puntos de muestreo en la zona identificada como afectada para la toma de 3 muestras en cada pozo a 0.50 m, 3.0 m y 4.50 m de profundidad (para análisis de HFL y BTEX). Se tomaron un total de 9 muestras.
- **Zona Afectada 2.-** 1 Punto de Muestreo, 1 punto de muestreo en la zona identificada como afectada para la toma de 1 muestra en el pozo a 0.15 m, de profundidad (para análisis de HFL y BTEX).. Se tomaron un total de 1 muestras.
- **Zona Afectada 3.-** 2 Puntos de Muestreo, 2 puntos de muestreo en la zona identificada como afectada para la toma de 1 muestra en cada pozo a 0.15 m, de profundidad (para análisis de HFL y BTEX) . Se tomaron un total de 2 muestras.
- **Área Perimetral.-** 2 Puntos de Muestreo, 2 puntos de muestreo en la zona para delimitar la Pluma Contaminante para la toma de 1 muestra en cada pozo a 1.50 m de profundidad (para análisis de HFL y BTEX). Se tomaron un total de 2 muestras.
- **Muestra Duplicada.-** Adicionalmente se tomó 2 muestras duplicadas a las cuales también se les realizó el análisis de HFL y BTEX

El criterio para la ubicación de Puntos de Muestreo en el Área Afectada, fue colocar dentro del perímetro de la Pluma Contaminante Puntos de Muestreo distribuidos de forma

representativa. Y también, para delimitar la pluma contaminante, se colocó por fuera del perímetro de la Plumas Contaminantes puntos de muestreo ubicados de forma representativa. En la Fotografía 7 se presentan aspectos de la toma de muestras.

En total se propuso ubicar 6 puntos de muestreo dentro de la zona identificada como afectada (donde se tomaron en total 13 muestras (12 simples y 1 duplicada)) y 2 puntos para delimitar el área perimetral (donde se tomaron en total 3 muestras (2 simples y 1 duplicada)). El número total de muestras tomadas fue 16. En la siguiente Figura se presenta el croquis donde se ubican los puntos en los que se tomaron las muestras de suelo. En el ANEXO F se encuentra el Plano "Ubicación puntos de muestreo M1".

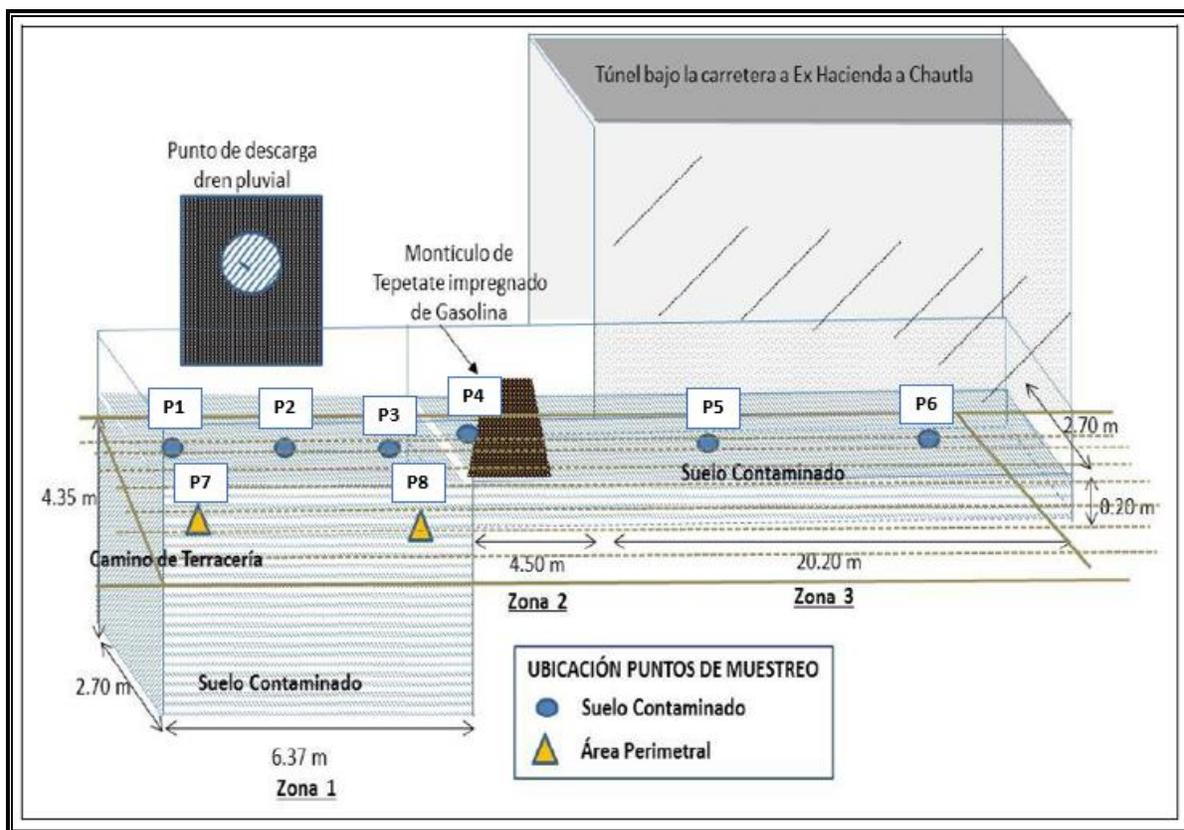


Figura 12.- Ubicación de los puntos de muestreo

Los parámetros analizados en las muestras de suelo fueron Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Ligera y BTEX, estos parámetros se establecieron considerando que el

contaminante es Gasolina y con base en lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo contaminado con este hidrocarburo. Adicionalmente, a las muestras de suelo se les analizaron los parámetros de pH y humedad. En la Tabla 3 se resume la ubicación de los puntos de muestreo, el número de muestras tomadas, las profundidades para el muestreo y los parámetros analizados.



Fotografía 7.- Toma de muestras de suelo para análisis de laboratorio.

Las muestras del área perimetral se tomaron en la carretera de terracería circunvecina al sitio contaminado, se tomaron a una profundidad de 1.5 metros, este muestreo no pudo ser más profundo debido a que el suelo al ser de paso vehicular, estaba muy compacto e impidió mayor penetración con el equipo de muestreo; sin embargo, las muestras tomadas a 1.5 metros no presentaron olor a hidrocarburo; lo cual es de esperarse debido al desplazamiento del contaminante sobre a la pendiente del sitio contaminado.

Asimismo es importante hacer la precisión que al momento de realizar la perforación de los pozos de muestreo a la profundidad de 4.50 m, se detectó que el hidrocarburo había penetrado a mayor profundidad, por lo que se extendió la toma de muestra hasta los 5.0 m.

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

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUN- DIDAD (m)	HTP FRACC. LIGERA	BTEX	pH y Humedad
ZONA 1	P-1	3	0.50 m, 3.0 m y 5.00 m	✓	✓	✓
	P-2	3	0.50 m, 3.0 m y 5.00 m	✓	✓	✓
	P-3	3	0.50 m, 3.0 m y 5.00 m	✓	✓	✓
ZONA 2	P-4	1	0.15 m	✓	✓	✓
ZONA 3	P-5	1	0.15 m	✓	✓	✓
	P-6	1	0.15 m	✓	✓	✓
ÁREA PERIMETRAL	P-7	1	1.50 m	✓	✓	✓
	P-8	1	1.50 m	✓	✓	✓
MUESTRAS		14	-	-	-	-
DUPLICADOS		2	-	✓	✓	✓
TOTAL MUESTRAS		16	-	-	-	-

El laboratorio acreditado ante la EMA y la PROFEPA que realizó la toma de muestras de suelo y los análisis fisicoquímicos fue: Laboratorios y Suministros Ambientales e Industriales S.A. de C.V. (LABSA), que está acreditado ante la EMA y la PROFEPA y del cual se anexa copia de sus acreditaciones (ANEXO I). El laboratorio, realizó el muestreo el día 30 de marzo del 2022 iniciando a las 10:30 am y terminando actividades a las 17:00 pm.

El muestreo se realizó con la presencia del siguiente personal:

- Por empresa Comercial en Fletes México S.A. de C.V:
 - Ing. Julio Cesar Pazos Espinoza

- Por CAEPSA:
 - Ing. Luis Alberto Ávila Orduña
 - Biol. Juan Carlos Vargas Mellado
 - Tec. Hugo Ernesto Leal Muro
 - Ing. Martha Cazares Granillo

- Por parte del Laboratorio LABSA:
 - Ing. José Omar Alcántara Reyes

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

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 (Fotografía 8), 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

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



Fotografía 8.- Lavado de la herramienta de muestreo Hand Auger.

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 y BTEX utilizando las técnicas analíticas establecidas en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

7. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

De las 16 muestras de suelo (14 simples y 2 duplicadas) tomadas en los 8 puntos de muestreo (13 dentro de la zona afectada y 3 fuera de ella), se analizó en laboratorio los parámetros de Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) y BTEX's por los métodos NMX-AA-105-SCFI-2008 y NMX-AA-141-SCFI-2007 respectivamente.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio de HFL y BTEX en las muestras de suelo. Se anexa el reporte de los análisis del laboratorio acreditado (ANEXO H).

Tabla 4.- Resultados de HFL y BTEX en las muestras de suelo

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)				
			HFL	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 200	LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
1	P1	0.50	9,350.00	40.23	71.65	34.52	72.54
		3.00	10,560.00	50.12	80.14	43.74	82.10
		5.00	189.00	1.30	10.15	1.20	3.40
	P2	0.50	8,145.00	30.54	54.23	22.57	63.14
		3.00	6,712.00	19.25	60.78	17.36	51.69
		5.00	179.00	0.50	2.20	0.30	1.30
	P3	0.50	12,653.00	66.19	87.26	52.36	94.16
		3.00	15,287.00	71.17	90.23	62.58	97.41
		3.00 DUPLICADA	14,980.00	68.24	88.67	59.22	89.40
5.00		196.42	1.34	13.50	1.32	3.82	
2	P4	0.15	3,415.00	7.12	49.35	13.18	43.65
3	P5	0.15	2,180.23	6.50	42.47	11.63	40.57
	P6	0.15	941.16	5.80	40.11	7.48	12.54
PERIMETRAL	P7	1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P8	1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P8	1.50 DUPLICADA	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

LMP= Límite máximo permisible en suelo agrícola L.C. = Límite cuantificable

 Valores mayores al LMP

Como parte de los análisis realizados a las muestras de suelo, se analizó también pH y Humedad, presentándose los resultados obtenidos en la Tabla 5.

Tabla 5.- Resultados de pH y Humedad en las muestras de suelo

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	pH	HUMEDAD (%)
1	P1	0.50	7.56	15.63
		3.00	7.71	12.09
		5.00	7.84	11.24
	P2	0.50	7.54	10.16
		3.00	7.56	12.27
		5.00	6.5	12.86
	P3	0.50	7.34	14.16
		3.00	7.46	8.64
		3.00 DUPLICADA	7.43	9.05
		5.00	6.41	9.19
2	P4	0.15	7.24	10.81
3	P5	0.15	7.42	11.02
	P6	0.15	7.54	10.95
PERIMETRAL	P7	1.50	8.53	14.87
	P8	1.50	8.04	10.11
	P8 DUPLICADA	1.50	7.76	9.59

7.1 Resultados de Laboratorio para determinar HFL y BTEX

De los resultados del análisis de laboratorio para determinar HFL Y BTEX que se realizaron a las 16 muestras de suelo obtenidas de los 8 puntos de muestreo a las profundidades de 0.15, 0.50, 3.00, 5.00 m y 1.5 m (área perimetral) se presenta lo siguiente:

7.1.1 Resultados de análisis de HFL y BTEX a muestras tomadas en la Zona 1, a 0.50, 3.00 y 5.00 m de profundidad

En la Zona 1, que corresponde al área donde está la descarga de la tubería y donde se formó la poza de acumulación del hidrocarburo derramado, se analizaron 10 muestras de suelo que fueron tomadas en los Puntos de Muestreo 1, 2 y 3, a las profundidades de 0.50, 3.0 y 5.0 m, determinándose los parámetros de HFL y BTEX. Los resultados indicaron que a las profundidades de 0.50 m y 3.0 m, se tiene concentraciones de hidrocarburos Fracción Ligera desde 6,712 hasta 10,560 mg/kg, lo que se encuentra por arriba de los 200 mg/kg que es el límite máximo permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo de uso de Agrícola y Forestal. En las muestras tomadas a 5.0 m de profundidad, las concentraciones 179.0 hasta 196.42 mg/kg; lo que nos indica que corresponde a los límites hasta donde se ubica la Pluma Contaminante y que corrobora lo identificado en los sondeos realizados en diciembre del 2021, donde se detectó que hasta los 4.35 m se tenía presencia de contaminación por gasolina.

De igual forma, se identificó que se tiene el mismo tipo de comportamiento en los resultados de los análisis de laboratorio para determinar BTEX, ya que en las muestras tomadas a las profundidades de 0.50 m y 3.0 m, se tiene concentraciones de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno por arriba de los Límites Máximos Permisibles en un suelo con uso de suelo agrícola y forestal establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Y en las muestras tomadas a 5.0 m de profundidad, aunque se detecta presencia de estos elementos, se encuentran por debajo de las concentraciones establecidas como Límite Máximo Permisible.

En la Figura 13, se observa la ubicación de los puntos donde se tomaron estas muestras. Los resultados de los análisis se presentan en la siguiente Tabla, donde se indican en que profundidad se tiene la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera, en concentraciones mayores a lo permitido por la normatividad.

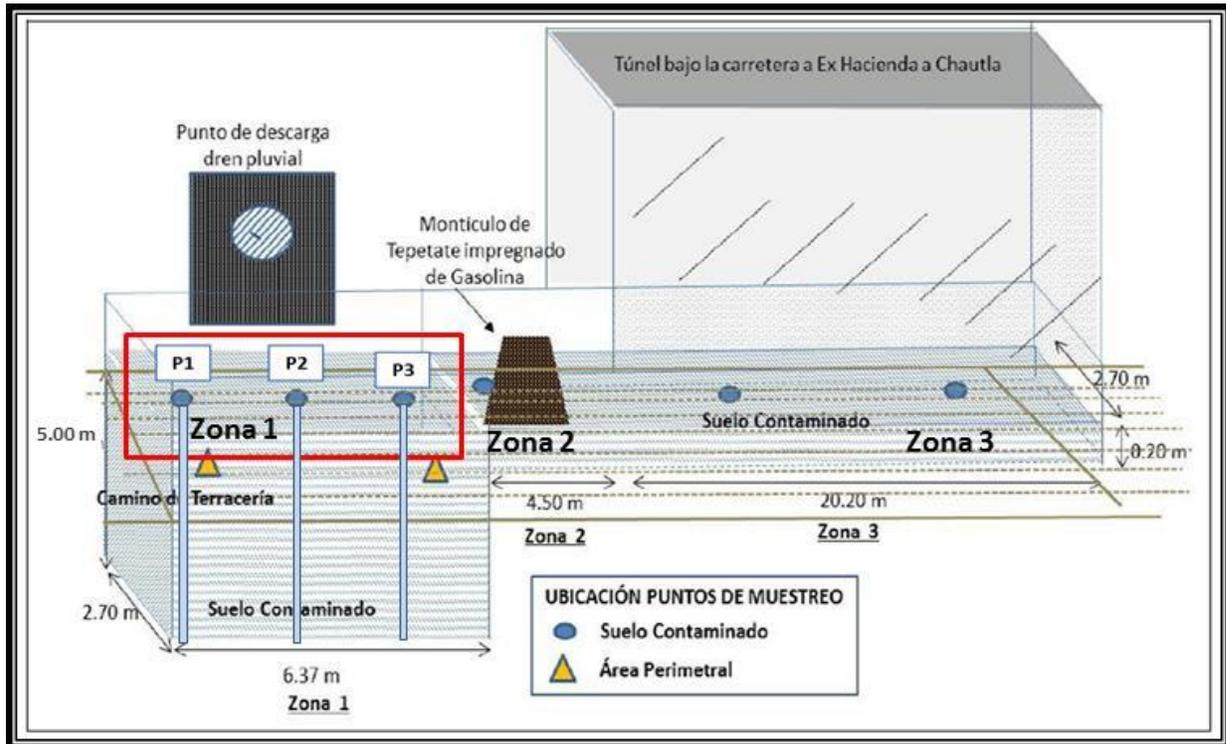


Figura 13.- Ubicación de puntos de muestreo a una profundidad de 0.15 m

Tabla 6.- Resultados de HFL y BTEX en los Puntos de Muestreo 1, 2 y 3 de la Zona 1.

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)				
			HFL	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 200	LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
1	P1	0.50	9,350.00	40.23	71.65	34.52	72.54
		3.00	10,560.00	50.12	80.14	43.74	82.10
		5.00	189.00	1.30	10.15	1.20	3.40
	P2	0.50	8,145.00	30.54	54.23	22.57	63.14
		3.00	6,712.00	19.25	60.78	17.36	51.69
		5.00	179.00	0.50	2.20	0.30	1.30
	P3	0.50	12,653.00	66.19	87.26	52.36	94.16
		3.00	15,287.00	71.17	90.23	62.58	97.41
		3.00 DUPLICADA	14,980.00	68.24	88.67	59.22	89.40
		5.00	196.42	1.34	13.50	1.32	3.82

Valores mayores al LMP la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

7.1.2 Resultados de análisis de HFL y BTEX a muestras tomadas en la Zona 2 y Zona 3 (Puntos de Muestreo 4,5 y 6), a 0.15 m de profundidad

Para las Zona 2 y 3, que corresponde a las áreas de entrada al túnel y del túnel, se tomó y analizó 1 y 2 muestras de suelo (sedimentos acumulados) respectivamente a una profundidad de 0.15 m. Los resultados indicaron que en los sedimentos se tiene concentraciones de hidrocarburos Fracción Ligera desde 941.16 hasta 3,415 mg/kg, lo que se encuentra por arriba de los 200 mg/kg que es el límite máximo permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo de uso de Agrícola y Forestal.

De igual forma, se identificó que en 2 de las 3 muestras analizadas, se tiene el mismo tipo de comportamiento en los resultados de los análisis de laboratorio para determinar BTEX, ya que en las muestras se reporta que se tiene concentraciones de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno por arriba de los Límites Máximos Permisibles en un suelo con uso de suelo agrícola y forestal establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. En la tercer muestra (de la zona 3), se tiene fuera de norma el compuesto correspondiente a Tolueno.

En la Figura 14, se observa la ubicación de los Puntos de Muestreo 4, 5 y 6, donde se tomaron estas muestras. Los resultados de los análisis se presentan en la siguiente Tabla, donde se indican las concentraciones reportadas de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX, haciendo referencia a los valores que se tienen por encima de los Límites Máximos Permisibles en un suelo con uso de suelo agrícola y forestal establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Tabla 7.- Resultados de HFL a una profundidad de 0.15 m

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)				
			HFL	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 200	LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
2	P4	0.15	3,415.00	7.12	49.35	13.18	43.65
3	P5	0.15	2,180.23	6.50	42.47	11.63	40.57
	P6	0.15	941.16	5.80	40.11	7.48	12.54
Valores mayores al LMP la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012							

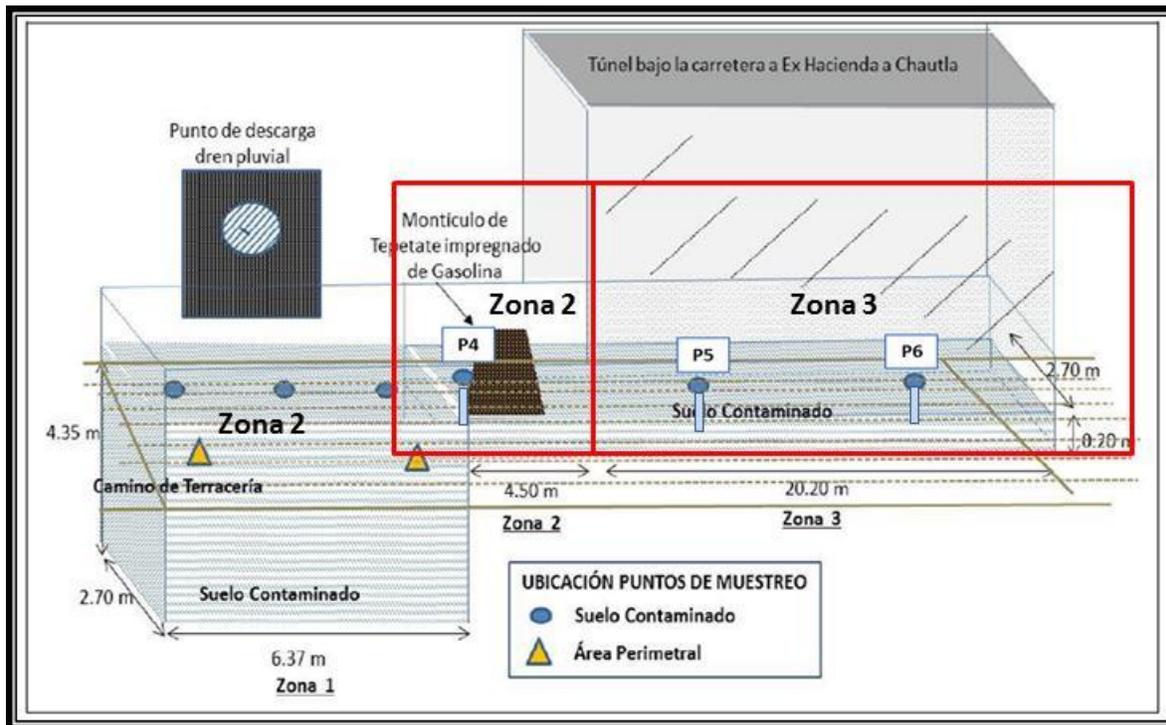


Figura 14.- Ubicación de Puntos de Muestreo 4, 5 y 6 en las Zonas 2 y 3.

7.1.3 Resultados de análisis de HFL y BTEX a muestras tomadas en los Puntos de Muestreo 7 y 8 (Área Perimetral) a 1.50 m de profundidad.

Se analizaron 2 muestras de suelo que fueron tomadas a 1.50 m de profundidad, en la zona perimetral establecida para delimitar el área contaminada. Los resultados indicaron que en ninguna de las muestras se detectó presencia de contaminación por HFL o por BTEX.

En la Figura 15, se observa la ubicación de los Puntos de Muestreo 7 y 8, donde se tomaron estas muestras. Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 8, en donde se puede observar que se reporta como menor al Límite de Cuantificación (< L.C.) del equipo utilizado para realizar los análisis de laboratorio.

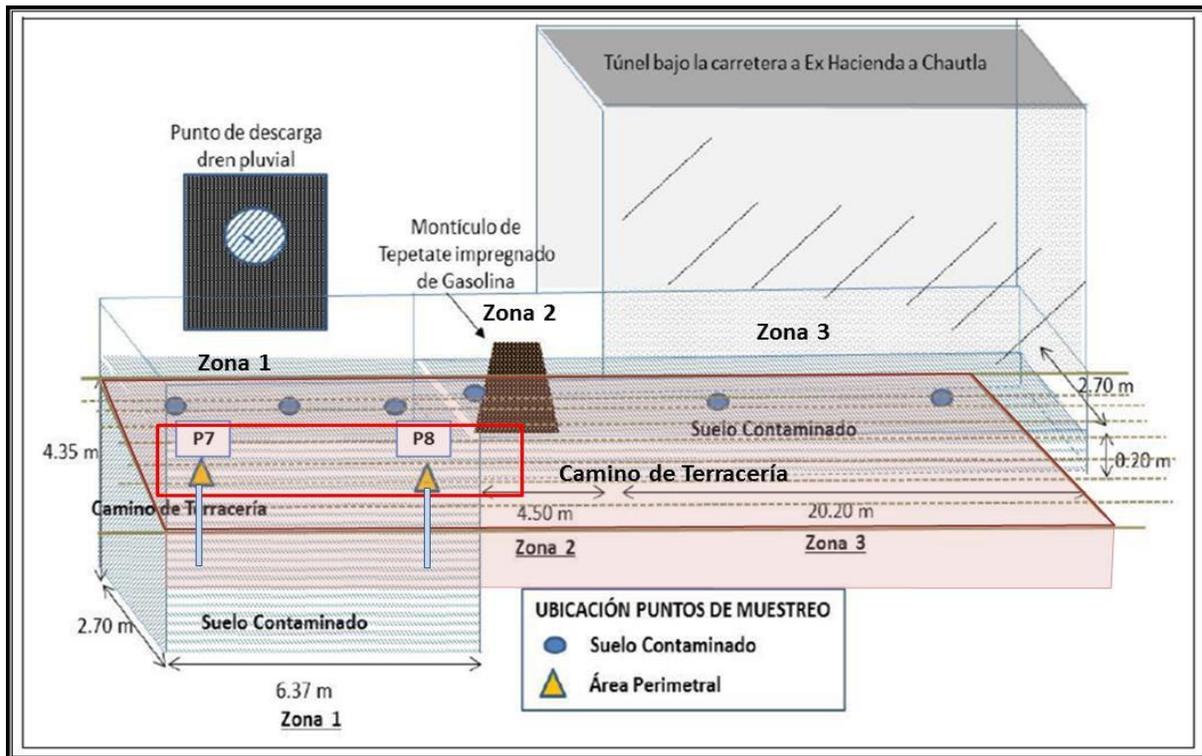


Figura 15.- Ubicación de Puntos de Muestreo 7 y 8 en el área perimetral.

Tabla 8.- Resultados de Análisis de Laboratorio a las muestras tomadas en los Puntos de Muestreo 7 y 8 a una profundidad de 1.50 m

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)				
			HFL	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 200	LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
PERIMETRAL	P7	1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P8	1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
	P8	1.50 DUPLICADA	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

L.C. = Límite cuantificable

Valores mayores al LMP

7.2 Integración y análisis de los resultados de laboratorio

De los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio realizados para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX a las 16 muestras de suelo (14 simples y 2 duplicadas) obtenidas a diferentes profundidades en el punto de afectación por el derrame

de 11,508 litros de Gasolina Premium, ubicado en el km 83+100 de la autopista México-Puebla, en el municipio de San Salvador El Verde, Estado de Puebla, se resume lo siguiente:

- Para la zona 1 (Puntos de Muestreo 1, 2 y 3), donde se tomaron muestras a 0.50, 3.00 y 5.0 metros de profundidad, se tiene que a los 0.50 y 3.00 m de profundidad, se reportó presencia de HFL (Hidrocarburos Fracción Ligera) en concentraciones de que van desde 6,712 hasta 10,560 mg/kg, lo que se encuentra por arriba de los 200 mg/kg que es el límite máximo permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo de uso de Agrícola y Forestal.
- En la misma Zona 1 (Puntos de Muestreo 1, 2 y 3), en las muestras tomadas a 5.0 m de profundidad, las concentraciones que se tienen de HFL van de 179.0 hasta 196.42 mg/kg; lo que nos indica que corresponde a los límites hasta donde se ubica la Pluma Contaminante.
- Referente a la presencia de BTEX identificados para la Zona 1 (Puntos de Muestreo 1, 2 y 3), se reporta en los resultados de los análisis de laboratorio en las muestras tomadas a las profundidades de 0.50 m y 3.0 m, que se tiene concentraciones de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno por arriba de los Límites Máximos Permisibles en un suelo con uso de suelo agrícola y forestal establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Y en las muestras tomadas a 5.0 m de profundidad, aunque se detecta presencia de BTEX, éstos se encuentran por debajo de las concentraciones establecidas como Límite Máximo Permisible.
- Para las Zona 2 y 3 (Puntos de Muestreo 4, 5 y 6), que corresponde a las áreas de entrada al túnel y del túnel, se tomó y analizó 1 y 2 muestras de suelo (sedimentos acumulados) respectivamente a una profundidad de 0.15 m. Los resultados indicaron que en los sedimentos se tiene concentraciones de hidrocarburos Fracción Ligera desde 941.16 hasta 3,415 mg/kg, lo que se encuentra por arriba de los 200 mg/kg que es el límite máximo permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo de uso de Agrícola y Forestal.
- Referente a la presencia de BTEX identificados para las Zonas 2 y 3 (Puntos de Muestreo 4, 5 y 6), se identificó que en 2 de las 3 muestras analizadas, se tiene el

mismo tipo de comportamiento en los resultados de los análisis de laboratorio para determinar BTEX, ya que en las muestras se reporta que se tiene concentraciones de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno por arriba de los Límites Máximos Permisibles en un suelo con uso de suelo agrícola y forestal establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. En la tercera muestra (de la zona 3), se tiene fuera de norma el compuesto correspondiente a Tolueno.

- De igual forma, se identificó que en 2 de las 3 muestras analizadas, se tiene el mismo tipo de comportamiento en los resultados de los análisis de laboratorio para determinar BTEX, ya que en las muestras se reporta que se tiene concentraciones de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno por arriba de los Límites Máximos Permisibles en un suelo con uso de suelo agrícola y forestal establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. En la tercera muestra (de la zona 3), se tiene fuera de norma el compuesto correspondiente a Tolueno.
- En las 3 muestras de suelo tomadas en la zona perimetral a una profundidad de 1.5 metros no se detectó la presencia de Hidrocarburos Fracción Ligera ni de BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno), lo que indica que la Pluma Contaminante se confino en las zonas identificadas como contaminadas.

8. CUANTIFICACIÓN DE LA PLUMA CONTAMINANTE

8.1 Modelo de Simulación utilizado

La modelación de las plumas contaminantes se realizó 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.

Para el cálculo de las Plumas de Contaminación se consideraron las 3 Áreas que se identificaron como afectadas:

- Zona 1: poza de contención
- Zona 2: sedimentos y montículo de tepetate ubicados en la entrada del túnel
- Zona 3: sedimentos ubicados debajo del túnel

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

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

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

1. El área contaminada para la Zona 1, se obtuvo realizando la sobre posición en AutoCAD de las Plumas Contaminantes generadas en las modelaciones.
2. Para las Zonas 2 y 3, el área contaminada corresponde al área entre los muros existentes de la zona de acceso al túnel y dentro del túnel que son de mampostería, junto con el piso también de mampostería.
3. La profundidad máxima de contaminación en cada área afectada se obtuvo con los sondeos realizados en campo y con los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas a mayor profundidad, cuyas concentraciones son iguales o menores al límite máximo permisible en un suelo agrícola/forestal.
4. En cada zona, la profundidad de la pluma contaminante tuvo variación de acuerdo al nivel de penetración del hidrocarburo.
5. La simulación para el contaminante identificado (HFL) se realizó únicamente para las muestras tomadas a las profundidades de 0.15, 0.50 y 3.00 metros, ya que estas fueron las que reportaron concentraciones mayores al LPM establecido por la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

Las plumas de contaminación generadas con el software se exportaron al plano del levantamiento topográfico para conocer la ubicación, el área y por consiguiente el volumen de suelo contaminado de la pluma contaminante final. Se anexan los planos con la modelación obtenida (ANEXO G).

8.2 Simulación y cálculo de las plumas de contaminación por Hidrocarburos

Fracción Ligera (HFL)

A continuación se presentan las plumas contaminantes de hidrocarburos fracción ligera en las zonas 1, 2 y 3 afectadas por el derrame de gasolina.

8.2.1 Simulación y cálculo de las plumas de contaminación por HFL a 0.15 m de profundidad

En la Figura 16 se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación en la profundidad de 0.15 m, la cual abarca las Zonas 1, 2 y 3. Se hace la precisión de que aun cuando en la Zona 1 no se tomó muestra a 0.15 m, la pluma se extiende hasta su superficie, ya que en esta zona corresponde a donde fue la descarga del hidrocarburo a través del ducto.

En las zonas afectadas 2 y 3, a la profundidad de 0.15 m se presentó contaminación con Hidrocarburos Fracción Ligera en concentraciones que van de 941.6 mg/kg hasta 3,415 mg/kg (Tabla 9), los cuales están por arriba de las 200 mg/kg que corresponden al LMP establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo de uso de Agrícola y Forestal.

Tabla 9.- Resultados de HFL a una profundidad de 0.15 m

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
Zona 2	P-4	0.15	3415
Zona 3	P-5	0.15	2180.23
	P-6	0.15	941.16

 Valores mayores al LMP

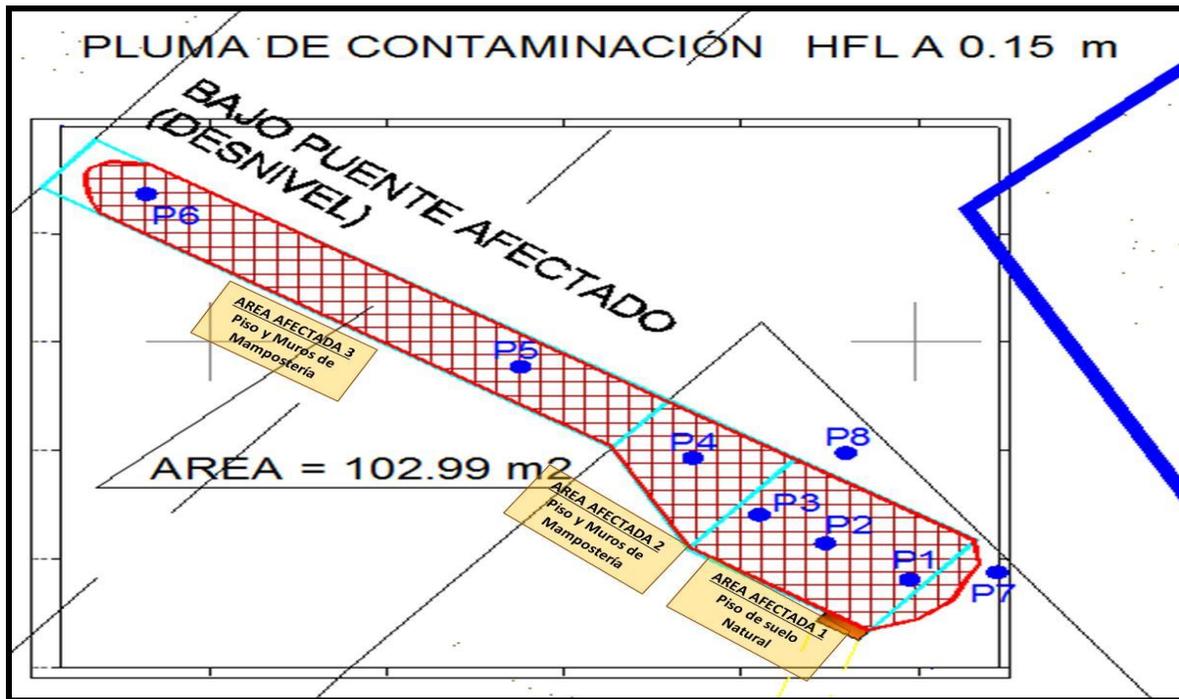


Figura 16.- Simulación de las plumas contaminantes de HFL a 0.15 m

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad del espesor de sedimentos que se tenía en las zonas 2 y 3, de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 10.- Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.15 m

Parámetro	Valor
Área afectada (m ²)	102.99
Profundidad del muestreo (m)	0.15
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.20 m (0.00 a 0.20)
Volumen total de suelo contaminado con HFL (m³)	20.60 m³

El volumen de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en el estrato de 0.00 a 0.20 m es de 20.60 m³.

8.2.2 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por HFL a 0.50 m de profundidad

En la Figura 17 se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación de la Zona 1 a una profundidad de 0.50 metros donde se detectaron HFL en concentraciones que van de 8,145 a 12,653 mg/kg (Tabla 11), valores que sobrepasan el LMP establecido en la normatividad (200 mg/kg) para un suelo agrícola y forestal.

Tabla 11.- Resultados de HFL a una profundidad de 0.50 m

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
Zona 1	P-1	0.50	9,350
	P-2	0.50	8,145
	P-3	0.50	12,653
			 Valores mayores al LMP

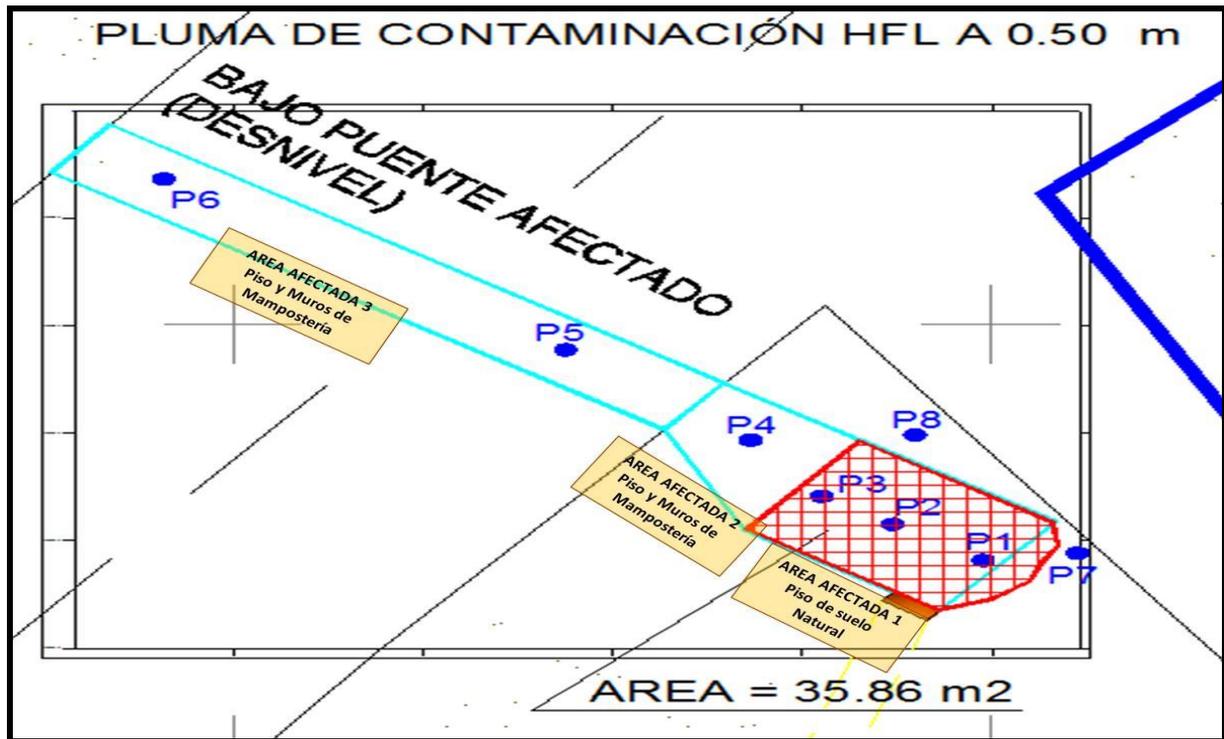


Figura 17.- Simulación de la pluma contaminante de HFL a 0.50 m.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad del estrato superior de hasta 0.20 m y hasta la profundidad de la toma de la muestra a 0.50 m; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 12.- Área y volumen de suelo contaminado HFL 0.50 m

Parámetro	Valor
Área afectada (m ²)	35.86
Profundidad del muestreo (m)	0.50
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	0.29 m (0.21 a 0.50 m)
Volumen total de suelo contaminado con HFL (m³)	10.40

El volumen de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en estrato de 0.21 a 0.50 m es de 10.40 m³.

8.2.3 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por HFL a 3.00 m de profundidad

En la Figura 18 se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación de la Zona 1 a una profundidad de 0.50 metros donde se detectaron HFL en concentraciones que van de 6,712 a 15,287 mg/kg (Tabla 13) y sobrepasan el valor establecido en la normatividad (200 mg/kg) para un suelo agrícola y forestal.

Tabla 13.- Resultados de HFL a una profundidad de 3.0 m

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
Zona 1	P-1	3.0	10,560
	P-2	3.0	6,712
	P-3	3.0	15,287
	P-3 Duplicada	3.0	14,980

Valores mayores al LMP

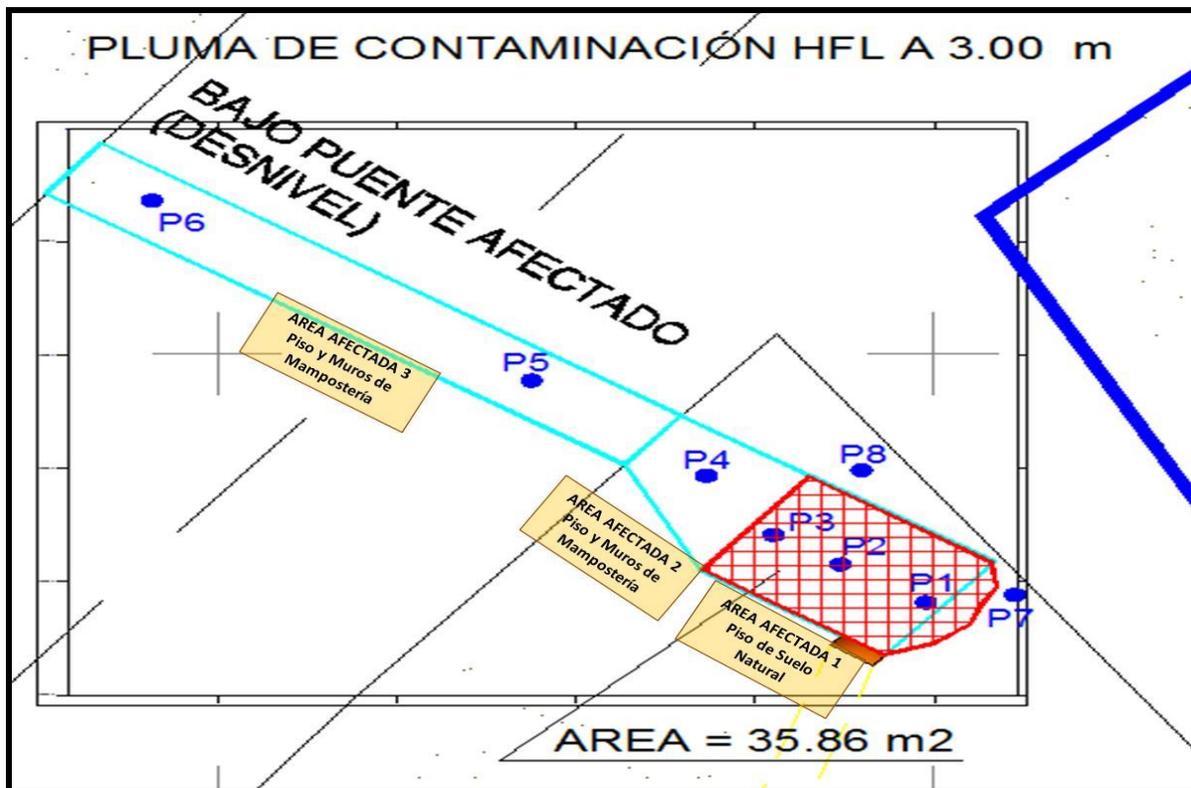


Figura 18.- Simulación de la pluma contaminante de HFL a 3.00 m.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad del estrato superior (de 0.50 m) y hasta la profundidad de la toma de la muestra a 3.0 m; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 14.- Área y volumen de suelo contaminado HFL 3.00 m

Parámetro	Valor
Área afectada (m ²)	35.86
Profundidad del muestreo (m)	3.00
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	2.49 m (0.51 a 3.00 m)
Volumen total de suelo contaminado con HFL (m³)	89.29

El volumen de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en estrato de 0.51 a 3.00 m es de 89.29 m³.

8.2.4 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por HFL a 4.80 m de profundidad

Considerando que los resultados de los análisis a la profundidad de 5.00, se reporta concentraciones menores a 200 mg/kg (de 179 a 196.42 mg/kg), se consideró que la Pluma Contaminante tiene como límite de fondo la profundidad de 4.90 m. En la Figura 19 se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación de la Zona 1 a una profundidad de 4.90 metros donde se consideraron de forma arbitraria valores de HFL en concentraciones que van de 270 a 300 mg/kg (Tabla 15) y sobrepasan el valor establecido en la normatividad (200 mg/kg) para un suelo agrícola y forestal.

Tabla 15.- Resultados de HFL a una profundidad de 4.80 m

Zona	Punto de Muestreo	Profundidad (m)	HFL (mg/kg)
			LMP 200 mg/kg
Zona 1	P-1	4.80	300
	P-2	4.80	280
	P-3	4.80	270
			 Valores mayores al LMP

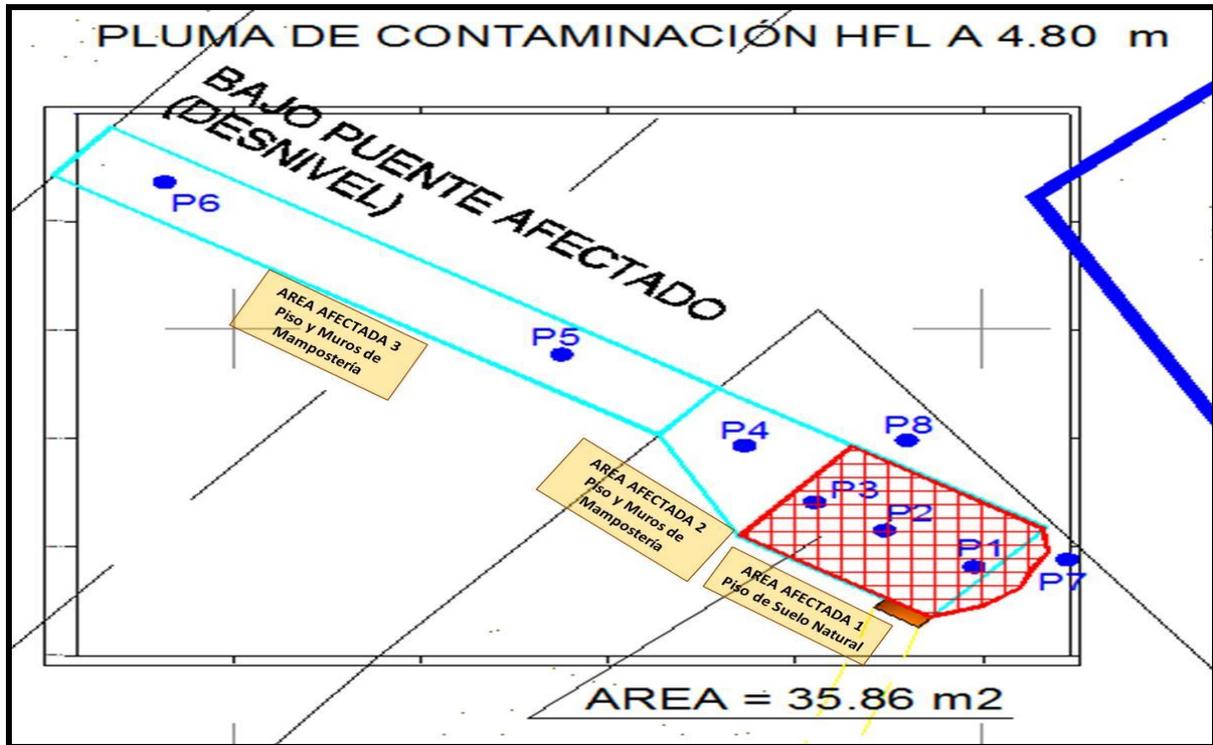


Figura 19.- Simulación de la pluma contaminante de HFL a 4.80 m.

Para conocer el volumen de suelo contaminado, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación y se consideró como guía la profundidad del estrato superior (de 3.0 m) y hasta la profundidad estimada de 4.90 m; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 16.- Área y volumen de suelo contaminado HFL 3.00 m

Parámetro	Valor
Área afectada (m ²)	35.86
Profundidad del muestreo (m)	4.90
Espesor del estrato afectado por HFL (m)	1.89 m (3.01 a 4.90 m)
Volumen total de suelo contaminado con HFL (m³)	67.77

El volumen de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL) en estrato de 3.01 a 4.90 m es de 67.77 m³.

8.3 Simulación y cálculo de las plumas de contaminación por BTEX

Derivado de los resultados de los análisis de laboratorio, se reportó que en las muestras analizadas dentro de la zona afectada, se tiene BTEX en concentraciones por arriba de los LMP establecidos en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Es importante señalar que de las modelaciones realizadas para contaminación por BTEX, en todos los casos las Plumas Contaminantes, se encuentran contenidas dentro de la Pluma Contaminante determinada para HFL. A continuación se presentan las plumas contaminantes de BTEX en las zonas 1, 2 y 3 afectadas por el derrame de gasolina.

8.3.1 Simulación y cálculo de las plumas de contaminación por BTEX a 0.15 m de profundidad

En la Figura 20 se presenta las plumas contaminantes de las Zona 1, 2 y 3 obtenidas de la modelación para la profundidad de 0.15 m, donde se identificó que se tiene concentraciones por BTEX para los Puntos de Muestreo 4 y 5. Y en el Punto de Muestreo 6, solo se reporta fuera de norma a los Xilenos. En la Tabla 17 se presentan los resultados de los análisis, resaltándose aquellos que se encuentran por arriba del límite máximo permisible (LMP) establecido en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Tabla 17.- Resultados de BTEX a una profundidad de 0.15 m

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)			
			BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
2	P4	0.15	7.12	49.35	13.18	43.65
3	P5	0.15	6.50	42.47	11.63	40.57
	P6	0.15	5.80	40.11	7.48	12.54

 Valores mayores al LMP

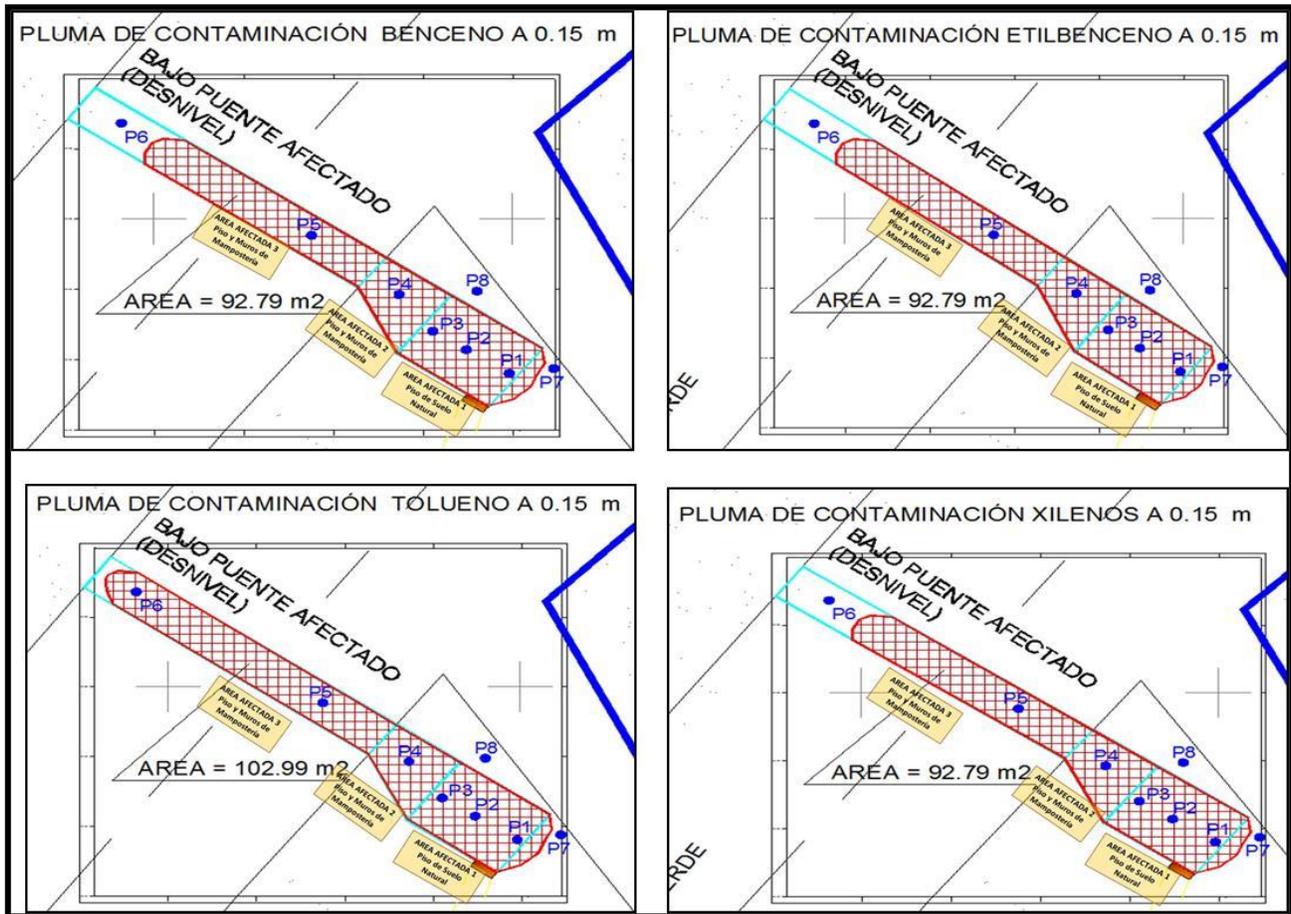


Figura 20.- Simulación de las plumas contaminantes de BTEX a 0.15 m

Para conocer el volumen de suelo contaminado por BTEX a 0.15 m de profundidad, se tomó en cuenta la superficie obtenida del modelo de simulación donde en todos los Puntos de Muestreo se tenía al menos 1 parámetro fuera de norma y se consideró de forma integral la Pluma Contaminante, teniéndose lo siguiente para obtener el volumen de suelo contaminado con BTEX:

Tabla 18.- Área y volumen de suelo contaminado BTEX 0.15 m

Parámetro	Valor
Área afectada (m ²)	102.99
Profundidad del muestreo (m)	0.15
Espesor del estrato afectado por BTEX (m)	0.20 m (0.00 a 0.20)
Volumen total de suelo contaminado con BTEX (m³)	20.60

El volumen de suelo contaminado con BTEX en el estrato de 0.00 a 0.20 m es de 20.60 m³. Esta superficie también corresponde al suelo contaminado con HFL.

8.3.2 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por BTEX a 0.50 m de profundidad

En la Figura 21 se presenta la pluma contaminante obtenida de la modelación de la Zona 1 a una profundidad de 0.50 metros donde se detectaron BTEX en las concentraciones que se aprecian en la Tabla 19 y que sobrepasan el límite máximo permisible (LMP) establecido en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Tabla 19.- Resultados de BTEX a una profundidad de 0.50 m

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)			
			BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
1	P1	0.50	40.23	71.65	34.52	72.54
	P2	0.50	30.54	54.23	22.57	63.14
	P3	0.50	66.19	87.26	52.36	94.16

 Valores mayores al LMP

Para la simulación se presenta una figura similar de la Pluma Contaminante, considerando que en las 3 muestras analizadas (P1, P2 y P3) se tenía concentraciones fuera de norma para todos los componentes de BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) y que al realizar la modelación tienen la misma cobertura de superficie.

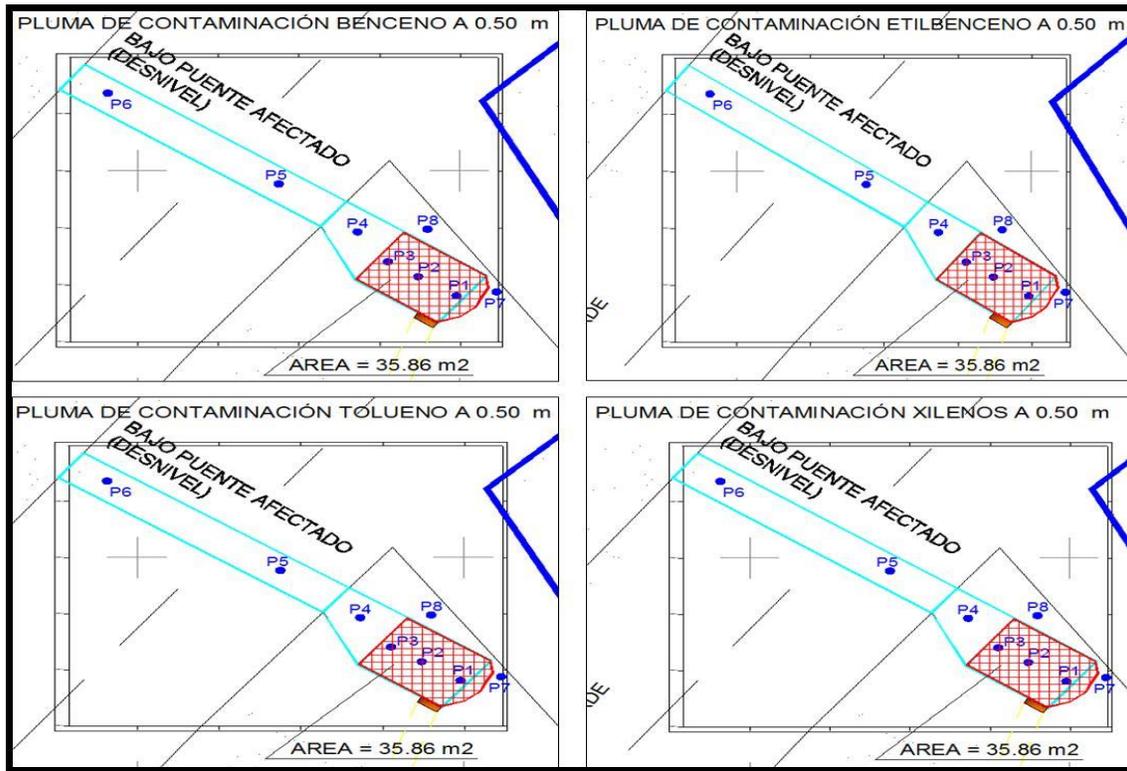


Figura 21.- Simulación de la pluma contaminante de BTEX a 0.50 m.

Para conocer el volumen de suelo contaminado por BTEX a 0.50 m de profundidad, 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; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 20.- Área y volumen de suelo contaminado BTEX 0.50 m

Parámetro	Valor
Área afectada (m ²)	35.86
Profundidad del muestreo (m)	0.50
Espesor del estrato afectado por BTEX (m)	0.29 m (0.21 a 0.50 m)
Volumen total de suelo contaminado con BTEX (m³)	10.40

El volumen de suelo contaminado con BTEX en estrato de 0.21 a 0.50 m es de 10.40 m³.

8.3.3 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por BTEX a 3.00 m de profundidad

En la Figura 22 se presenta la pluma contaminante para BTEX, obtenida de la modelación de la Zona 1 a una profundidad de 3.00 metros donde se detectaron BTEX en las concentraciones que se aprecian en la Tabla 21 y que sobrepasan el límite máximo permisible (LMP) establecido en la NOM-138-SEMARANT/SSA1-2012 para Uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Tabla 21.- Resultados de BTEX a una profundidad de 3.0 m

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)			
			BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
1	P1	3.00	50.12	80.14	43.74	82.10
	P2	3.00	19.25	60.78	17.36	51.69
	P3	3.00	71.17	90.23	62.58	97.41
		3.00 DUPLICADA	68.24	88.67	59.22	89.40

Valores mayores al LMP

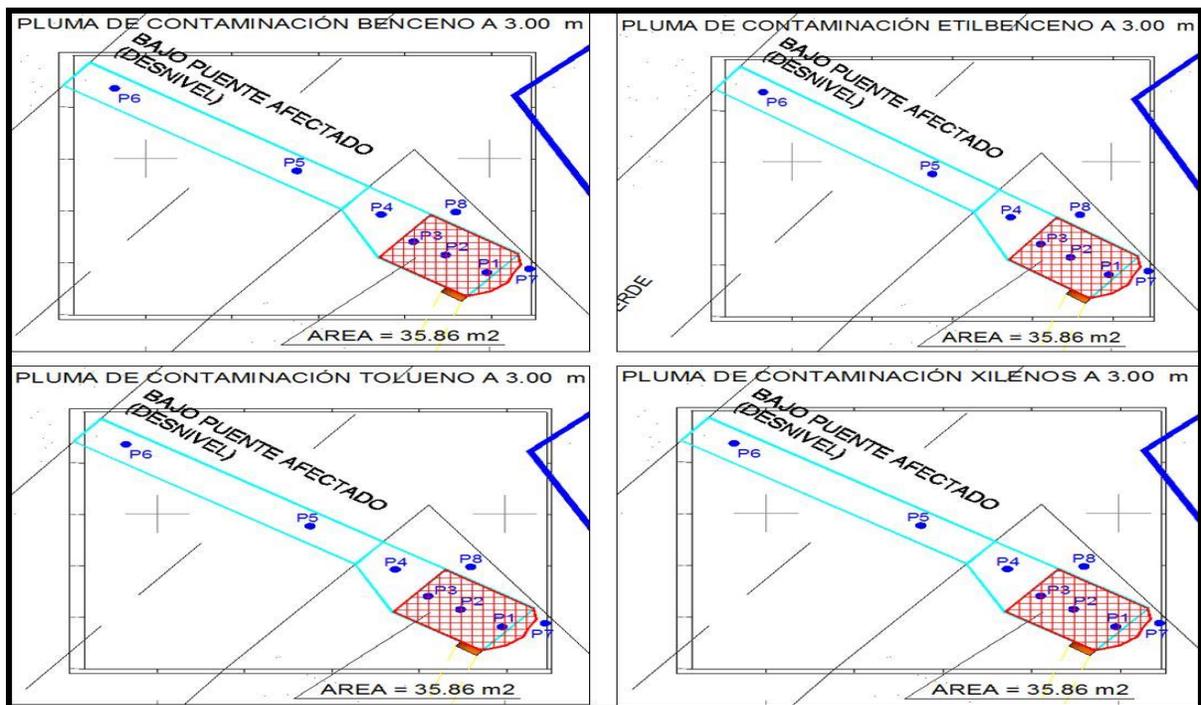


Figura 22.- Simulación de la pluma contaminante de BTEX a 3.00 m.

Para conocer el volumen de suelo contaminado por BTEX a 0.50 m de profundidad, 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; de lo que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 22.- Área y volumen de suelo contaminado BTEX 3.00 m

Parámetro	Valor
Área afectada (m ²)	35.86
Profundidad del muestreo (m)	3.00
Espesor del estrato afectado por BTEX (m)	2.49 m (0.51 a 3.00 m)
Volumen total de suelo contaminado con BTEX (m³)	89.29

El volumen de suelo contaminado con BTEX en estrato de 0.51 a 3.00 m es de 89.29 m³.

8.3.4 Simulación y cálculo de la pluma de contaminación por BTEX a 4.80 m de profundidad

No se realizó modelación para determinar Pluma Contaminante por BTEX a 4.80 m de profundidad, esto debido a que se tomó en consideración las concentraciones de BTEX reportadas para las muestras analizadas a 5.00 m de profundidad (Tabla 23), donde todas las muestras se encuentran muy por debajo de los LMP establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Tabla 23.- Resultados de BTEX a una profundidad de 5.0 m

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)				
			HFL	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENO
			LMP 200	LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
1	P1	5.00	189.00	1.30	10.15	1.20	3.40
	P2	5.00	179.00	0.50	2.20	0.30	1.30
	P3	5.00	196.42	1.34	13.50	1.32	3.82
			Valores mayores al LMP la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012				

8.4 Determinación del área y volumen total de contaminación

Para el cálculo del área y volumen total de suelo contaminado por el derrame de 11,508 litros de Gasolina Premium, se realizó la integración y/o sobre posición de las plumas obtenidas para cada contaminante (HFL y BTEX) evaluado a las profundidades respectivas, obteniendo la forma en que se desplazó el contaminante en los diferentes estratos en que se tomaron las muestras.

Cabe hacer la precisión de que como se describió al inicio del reporte, que el área afectada, está dividida en 3 zonas, donde la zona 1 es de suelo natural y los estratos a profundidad están compuestos de suelo areno-arcilloso con permeabilidad de media a alta; las zonas 2 y 3 tienen piso de mampostería (por lo tanto son impermeables) y tienen una capa de 20 cm (0.20 m) de sedimentos acumulados.

Para la determinación del Área Total Contaminada por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL), se realizó la sobre posición de las 4 plumas de contaminación obtenidas para las profundidades de 0.15 m, 0.50 m, de 3.0 m y de 4.80 m, obteniéndose lo siguiente:

- Para el estrato de 0.0 a 0.20 m, la superficie determinada fue de 102.99 m², y en esta área se incluye a las Zona 1, Zona 2 y Zona 3.
- Para el estrato de 0.21 a 0.50 m, la superficie determinada fue de 35.86 m², y en esta área solo se incluye a la Zona 1 y se ubica dentro de la Pluma de Contaminación de nivel superficial.
- Para el estrato de 0.51 a 3.00 m, la superficie determinada fue de 35.86 m², y en esta área solo se incluye a la Zona 1 y se ubica dentro de la Pluma de Contaminación de nivel superficial.
- Para el estrato de 3.01 a 4.90 m, la superficie determinada fue de 35.86 m², y en esta área solo se incluye a la Zona 1 y se ubica dentro de la Pluma de Contaminación de nivel superficial.

Para un manejo práctico de la Pluma Contaminante, se dividió en 2 secciones el área afectada, quedando en 1 sección la Zona 1 (Suelo Natural) y en la otra las Zonas 2 y 3 (piso de mampostería).

Con base a la integración de la sobre posición de las Plumas Contaminantes, se determinó que el **Área Total de la Pluma Contaminante tiene una superficie de 102.99 m²**, de los cuales 35.83 m² son de la zona donde se tiene suelo natural (Zona 1) y 67.16 m² corresponden a la zona donde se tiene piso de mampostería (Zonas 2 y 3) (Tabla 24).

Tabla 24.- Determinación del Área Total de la Pluma Contaminante.

ZONA CONTAMINADA	ESTRATO	ÁREA (m ²)
Zona 1 (Suelo Natural)	0.00 – 4.90 m	35.86
Zonas 2 y 3 (Piso de mampostería)	0.00 – 0.20 m	67.13
ÁREA TOTAL ENVOLVENTE DE CONTAMINACIÓN		102.99

En la siguiente Figura, se presenta la Pluma Contaminante determinada por contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL), en donde se hace la separación de las áreas afectadas marcando el área de la Zona 1 y el área de las Zonas 2 y 3.

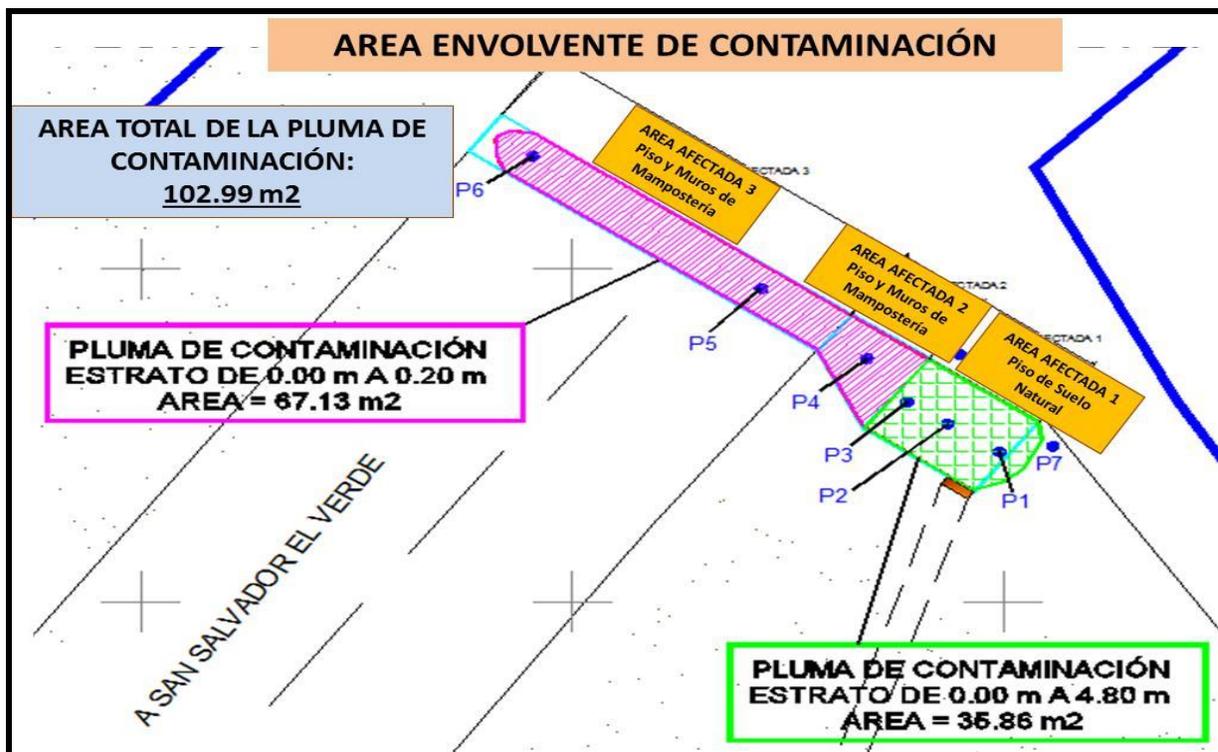


Figura 23.- Área determinada de la Pluma Contaminante de HFL

Para el cálculo del volumen total de suelo contaminado con hidrocarburos, se consideró el área contaminada en cada una de las zonas identificadas y la profundidad determinada en la toma de muestras y confirmados con los resultados de los análisis de laboratorio obteniendo que la superficie de suelo contaminado fue de **102.99 m²** y el volumen total de suelo contaminado con HFL y BTEX es de **189.14 m³**. Tal como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 25.- Determinación del Volumen Total de suelo Contaminado.

ZONA AFECTADA	ESTRATO	ESPESOR (m)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
1	0.00 m a 4.90 m	4.90	35.86	175.71
2 y 3	0.00 m a 0.20 m	0.20	67.13	13.43
TOTAL SUELO CONTAMINADO				189.14

En la Figura 24 se hace una representación en 3D, de la distribución de la pluma de contaminación por Zona Afectada.

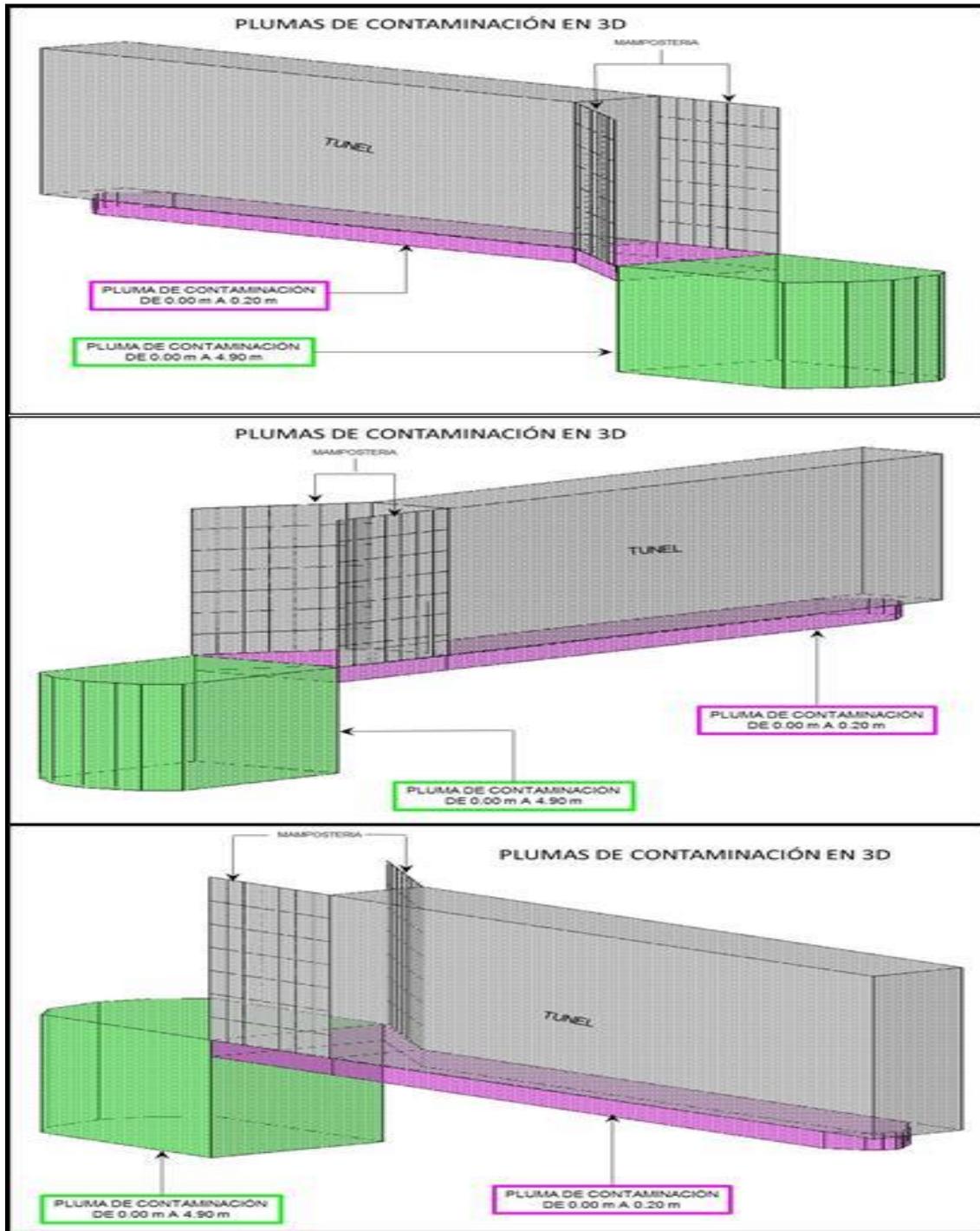


Figura 24.- Pluma Contaminante de HFL representación en 3D

9. EVALUACIÓN DE DAÑOS E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

9.1 Estimación de Daños y Riesgos ecológicos

En cuanto a los daños ambientales generados por el siniestro ocurrido en el Km 83+100 de la Autopista México-Puebla, Municipio de San Salvador El Verde, Estado de Puebla, en el cual se derramaron 11,508 litros de Gasolina Premium, el recurso natural afectado básicamente fue el suelo, **contaminando una superficie total de 102.99 m², y generando 189.14 m³ de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera (HFL)** en concentraciones que iban desde 941.16 hasta 15,287.00 mg/kg, los cuales se encuentran por arriba de los 200 mg/kg establecidos como Límites Máximos Permisibles (LMP) marcados en 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.

Como se mencionó inicialmente, el sitio afectado corresponde a una zona semi confinada, donde no se desarrolla ningún tipo de actividad y principalmente fue diseñado para dirigir los escurrimientos de agua pluvial de la zona de la autopista hacia la zona de terrenos agrícolas y el drenaje municipal.

Complementariamente, también se afectó el uso del túnel y del sitio donde esta la descarga, ya que eventualmente es usado para el paso de ganado por debajo de la carretera a la Ex Hacienda de Chautla.

La vegetación que se afectó, correspondió básicamente a la maleza que creció de forma silvestre en el punto de descarga del ducto de agua pluvial y que se aprecia en la fotografía 9 a continuación.



Fotografía 9.- Vegetación afectada por el derrame de gasolina.

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 de acuerdo a investigación de campo realizada, los pozos de agua de la zona tienen una profundidad mayor a 75 m.

De acuerdo a lo anterior, se puede establecer que el mayor daño ecológico generado por el derrame de gasolina Premium en el km 83+100 de la autopista México-Puebla, bajo el puente del retorno Chautla, en el municipio de San Salvador El Verde, Estado de Puebla, se presenta en la matriz suelo por la afectación directa a su calidad, pero también porque no se tienen las condiciones favorables para una atenuación natural. La recuperación de este suelo contaminado es posible mediante técnicas de restauración que remuevan el hidrocarburo.

9.2 Estimación de Daños Materiales

Los daños materiales causados por el siniestro consistieron en daños al autotank y pérdida del hidrocarburo que se transportaba.

9.3 Evaluación del 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, que en este caso es la gasolina premium.

Debido a que la casa habitación más cercana al punto donde se generó el siniestro se encuentra aproximadamente a 500 m de distancia y corresponde a una pequeña construcción de 4 cuartos donde habitan 3 personas. Con base a lo anterior, no se consideró la existencia de una población que pudiera estar directamente expuesta al contaminante evaluado.

10. CONCLUSIONES

Derivado de los trabajos de campo y gabinete y de los análisis de laboratorio realizados para identificar la afectación generada por el derrame de 11,508 litros de Gasolina Premium en el bajo puente del retorno del entronque de la Autopista México-Puebla en el km 83+100 y la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, Municipio San Salvador El Verde, Edo. de Puebla; se concluye que:

1. Que el sitio que resultó afectado por el derrame de la gasolina Premium, está perfectamente delimitada debido a que corresponde a un área semi confinada donde se contuvo el hidrocarburo, dividiéndose para mejor identificación en 3 Zonas Afectadas.
2. Que la Zona Afectada 1, corresponde a una superficie de suelo natural con una permeabilidad de media a alta, donde se formó una poza de captación donde se contuvo gran parte del hidrocarburo derramado.
3. Que las Zonas Afectadas 2 y 3, son construcciones de mampostería que corresponden a un túnel que atraviesa por debajo a la carretera que se dirige a la Ex Hacienda Chautla, y que tienen una capa de sedimentos de 20 cm que absorbieron el hidrocarburo que escurrió de la Zona Afectada 1.
4. Que los análisis de laboratorio reportaron que el suelo en las Zonas Afectadas 1, 2 y 3, presentan contaminación por Hidrocarburos Fracción Ligera en concentraciones que van de 941.16 mg/kg hasta 15,287 mg/kg, los cuales se encuentran por arriba de los 200 mg/kg establecidos como Límites Máximos Permisibles (LMP) marcados en la "Norma Oficial Mexicana NOM 138 SEMARNAT/SSA1-2012.
5. Que los análisis de laboratorio también reportan que se tiene concentraciones por arriba de los LMP de BTEX, en las Zonas Afectadas 1, 2 y 3.
6. Que en las Zonas Afectadas 2 y 3, los 20 cm (0.2 m) de sedimentos ahí acumulados, en su totalidad fueron contaminados por la gasolina Premium que escurrió, siendo un total de 13.43 m³.
7. Que en la Zona Afectada 1, donde se tiene suelo natural, el subsuelo en el estrato de 0.0 m a 5.0 m de profundidad, presenta un suelo areno arcilloso, el cual tiene una

permeabilidad de media a alta, lo que permitió que el hidrocarburo escurriera de forma vertical, quedándose encapsulado en esa zona. El volumen de suelo contaminado estimado para ese sitio es de 175.71 m³.

8. Que de la primer visita realizada el 22 de diciembre del 2021, donde se detectó que el hidrocarburo había escurrido hasta una profundidad de 4.35 m, al 30 de marzo del 2022, 98 días después, la profundidad se incrementó hasta los 4.90 m.
9. Que con los resultados de los análisis de laboratorio y de las evaluaciones realizadas tanto en campo como en gabinete, se determinó la Pluma Contaminante, la cual tiene una superficie total envolvente de **102.99 m²** y el volumen total de suelo contaminado con HFL y BTEX es de **189.14 m³**.
10. Que derivado de que el sitio afectado se encuentra lejos de zonas habitacionales, no se considera como un riesgo a la salud y a la población.
11. Que debido a que los reportes obtenidos de la profundidad del manto freático es mayor a 75 m, la gasolina derramada y contenida en el área afectada, no se considera un riesgo inmediato.
12. Que con base en lo anterior, se considera necesario llevar a cabo los trabajos de saneamiento que permitan eliminar el hidrocarburo derramado y volver a favorecer en lo posible las condiciones originales del área afectada.

11. PLAN DE SANEAMIENTO PARA SUELO CONTAMINADO CON HFL y BTEX

En el Estudio de Caracterización para evaluar contaminación de suelo por derrame de 11,508 litros de Gasolina Premium en el en el bajo puente del retorno del entronque de la Autopista México-Puebla en el km 83+100 y la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, Municipio San Salvador El Verde, Edo. de Puebla; se identificó:

- Que se tiene una superficie de suelo afectada de **102.99 m²** y un volumen total de suelo contaminado con HFL y BTEX de **189.14 m³**.
- Que la profundidad de afectación donde se tiene suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera, en la Zona Afectada 1 alcanzo hasta 4.90 m y en las Zonas Afectadas 2 y 3 es de 0.20 m.

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

Tabla 26.- Resumen de las zonas contaminadas con HFL y BTEX por Zona Afectada.

ZONA AFECTADA	ESTRATO	ESPESOR (m)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
1	0.00 m a 4.90 m	4.90	35.86	175.71
2 y 3	0.00 m a 0.20 m	0.20	67.13	13.43
TOTAL SUELO CONTAMINADO				189.14

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

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

11.1 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 **102.99 m²**, la cual corresponde al total del área semi confinada y es la que será considerada 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 la Zona Afectada 1 de 30 cm mayor a la profundidad a la que se identificaron los estratos con contaminación fuera de norma (hasta 5.20 m), esto considerando que pudiera seguir migrando la contaminación. Para las Zonas 2 y 3, la profundidad corresponderá al del espesor de los sedimentos (0.20 m), ya que se tiene piso de concreto en esos sitios.

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 1.5 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 1.50 m entre cada uno en la Zona Afectada 1, con el fin de que se intercalen las áreas de influencia y se cubra toda el área afectada. Para las Zonas Afectadas 2 y 3, se propone que los pozos se ubiquen a 2 m de distancia entre ellos. Lo anterior debido a que es en la Zona Afectada 1 donde se tiene concentrada principalmente la afectación por la gasolina. Se propone la instalación de 43 pozos en total, distribuidos en las 3 zonas 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 27.- 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
0.00-5.20	Área 1	5.20	15
0.00-0.20	Área 2	0.20	8
0.00-0.20	Área 3	0.20	20
TOTAL			43

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.

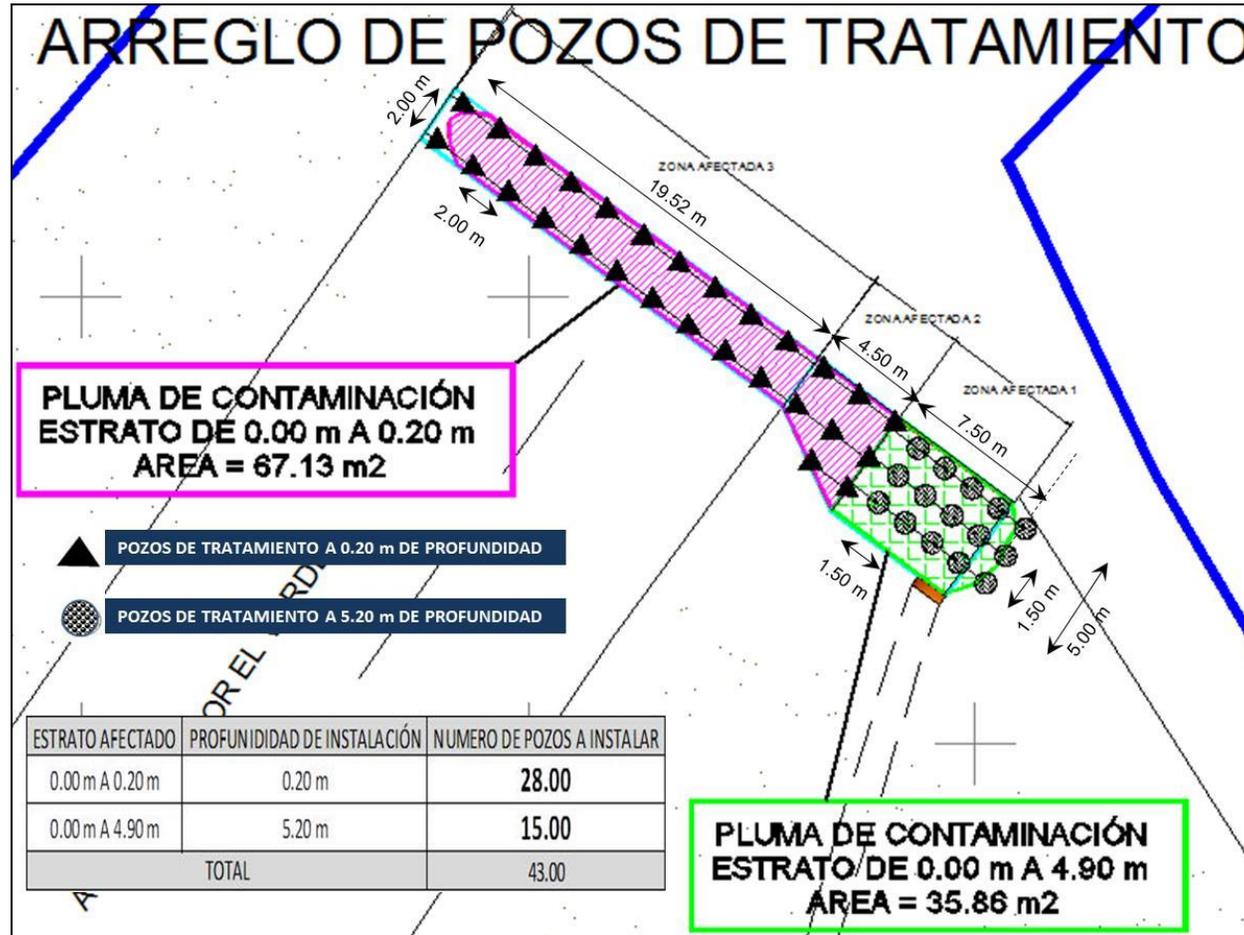


Figura 25.- Distribución de los pozos en las Zonas Afectadas 1, 2, y 3 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

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

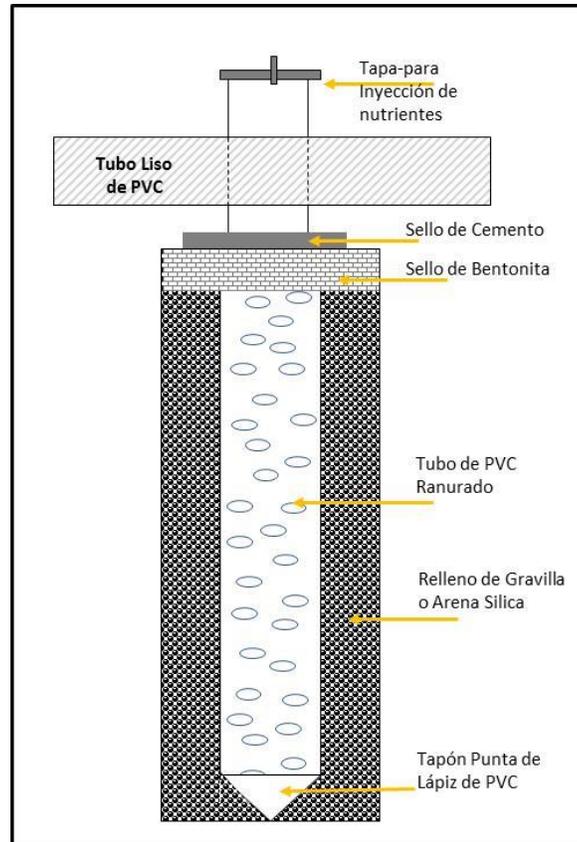


Figura 26.- Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

11.2 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 ft³ por minuto de aire. Los equipos se deberán instalar en áreas estratégicas para que el aire y las sustancias se puedan distribuir en los distintos pozos y zonas. Deberán equiparse con sistemas de paro automático para protección en caso de sobrecargas de energía y colocarse en casetas techadas para su protección de la intemperie.

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

11.3 Bacterias para una bioaugmentación

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.

11.4 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.
- Equipo a utilizar.
 - ❖ Equipo de Inyección de aire.

Serie XVL Premium Compresores de Tornillo Rotativo

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

PUERTO DE DESCARGA		PESO	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
TRANSMISION/ DRIVE BV/VB 2	VALVULA VENDEO/ VENTED EXHAUST STANDAR
ACEITE/OIL L 1.2	CUBRE BANDA/ BELT GUARD STANDAR

❖ Generador de energía

Planta de 20 Kw a 6000 Kw

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

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

- Interruptor termo magnético para protección contra sobrecargas a la salida del generador y tanque de combustible integrado a la base de 10 a 36 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 es manual y se encuentra montado en una plataforma específicamente para para su transportación maniobras y operación.

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

11.5 Listado de materiales y equipo a emplear

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

Tabla 28.- Productos para Tratamiento

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

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 29.- Material a Utilizar para Construcción de Pozos.

Material	Cantidad
Arena o gravilla.*	2.0 m ³
Cemento.*	100 kg
Bentonita.*	35 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	160 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	86 Pzas.
Tee de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	12 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	31 Pzas.
Pegamento para PVC.	2 L
Copples de PVC cédula 40 de diámetro de 2"	37 Pzas.

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 30.- Equipo a Utilizar

Material	Cantidad
Equipo de Inyección de aire-bomba de vacío	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.

11.6 Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento

11.6.1 Instalación del Sistema de Tratamiento

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

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 Vacío 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 Vacío.
8. Instalación de mangueras de conexión del Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vacío a los sistemas de pozos ya instalados.

11.6.2 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 Vacío 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 ft³ 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 evaluará 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 31).

Tabla 31.- 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 Permissible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	200

11.7 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 a diferentes profundidades, de acuerdo a los resultados obtenidos en el Estudio de Caracterización (3 muestras por punto para la zona 1 y 1 muestra por punto para las zonas 2 y 2 muestras para la Zona 3). El inicio de toma de muestras para el seguimiento del tratamiento se dará a partir del día 30 y dado que se reportó que el contaminante se encuentra dentro del estrato de 0.00 a 4.90 m en el suelo (en la zona 1), se estima que el tratamiento se podrá lograr en los siguientes 60 días. Por lo que se proyecta realizar 3 muestreos de seguimiento. De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar. En la siguiente tabla se muestra la relación de puntos a tomar de acuerdo a lo establecido en el muestreo de seguimiento.

Tabla 32.- Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

Zona	Profundidad	Puntos de muestreo por área	Periodo			Parámetro
			1 (Día 30)	2 (Día 45)	3 (Día 60)	
1	0.50, 3.00 y 4.50	3	9	9	9	HFL
2	0.15	1	1	1	1	HFL
3	0.15	2	2	2	2	HFL
Total muestras	-	-	12	12	12	-

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

De los resultados que se obtenga del último muestreo, se determinará si se aumenta el tiempo de tratamiento, lo que, incrementará el número de muestreos de seguimiento hasta obtener valores que indiquen que el suelo ya está saneado de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles establecidos NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Adicionalmente a la toma de muestras para el seguimiento de HFL, se realizará durante el proceso de extracción de vapores, la medición de los COV's con fotoionizador que nos indicara si en los vapores de extracción se están expulsando estos compuestos y el registro periódico de los valores nos indicará si hay una disminución en las concentraciones de los gases emitidos. La toma de estas lecturas, se realizará el mismo día que sea la toma de muestras de suelo. Los resultados de HFL de las muestras de suelo, así como el de las lecturas de COV's, nos indicará si el proceso está operando adecuadamente para degradar los hidrocarburos, o se tienen que hacer ajustes en la forma de operar el sistema.

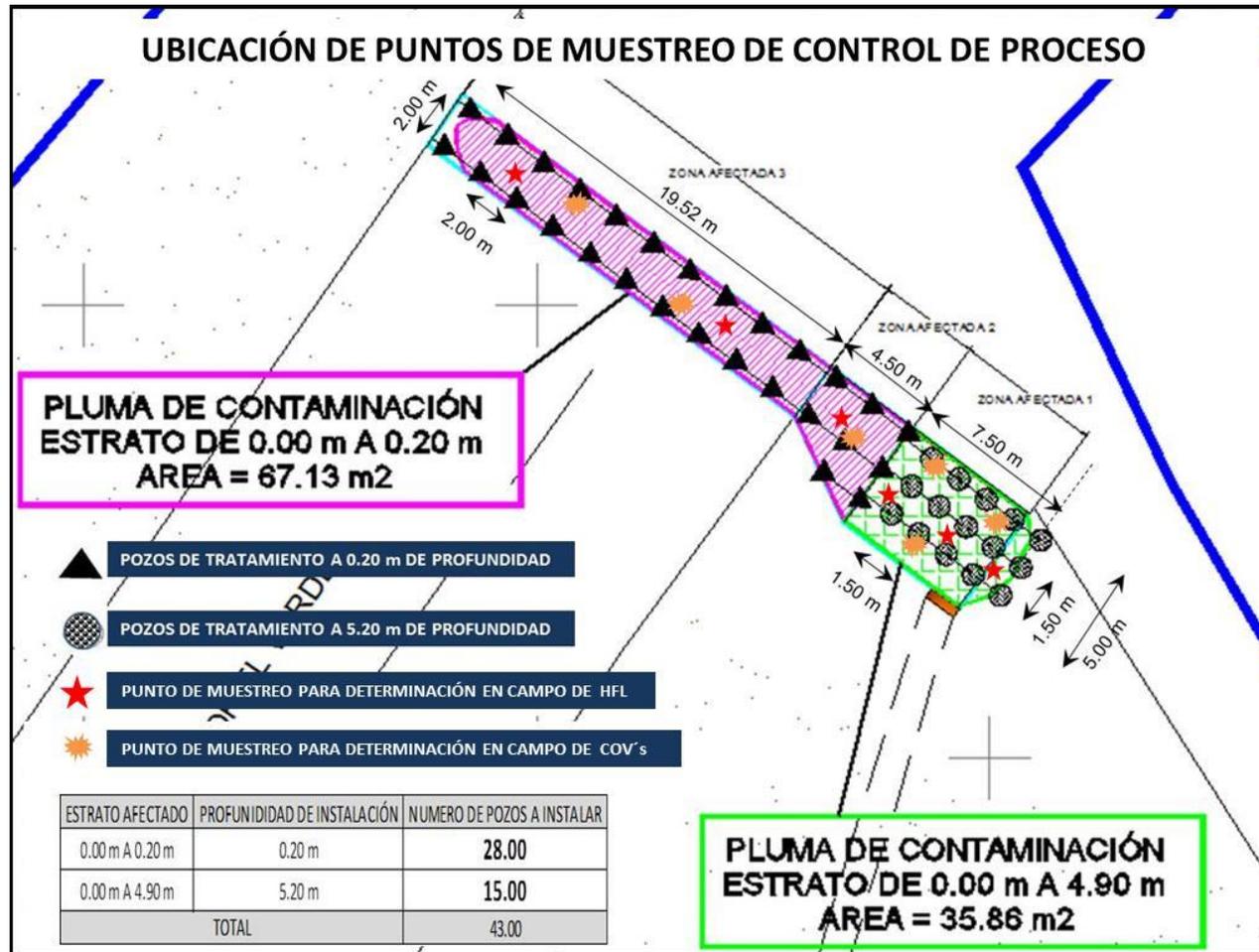


Figura 27.- Esquema para ubicación puntos de muestreo de suelo y de lectura de COV's en el Sistema de Pozos Interconectados para las zonas afectadas.

11.8 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 para el muestreo final, que 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 6 puntos de muestreo en las áreas restauradas, los mismos que se consideraron para el muestreo de caracterización (P1-P10). Para el muestreo final, se propone que las profundidades sean las correspondientes establecidas para cada zona analizando HFL.

En total se propone ubicar 6 puntos de muestreo para la toma de 12 muestras de suelo para analizar en el laboratorio. Adicionalmente se tomarán 2 muestras duplicadas. Se tomarán en total 14 muestras (12 simples y 2 duplicadas).

En la siguiente tabla se presenta la relación de Puntos de Muestreo y la profundidad de toma de muestras en cada uno. En la Figura 28 se puede observar la distribución de los puntos de muestreo.

Tabla 33.- Puntos de Muestreo, Profundidad de las Muestras y Parámetros a Analizar

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX	pH	Humedad
Zona 1	P-1	3	0.50, 3.00 y 4.50	✓	✓	✓	✓
	P-2	3	0.50, 3.00 y 4.50	✓	✓	✓	✓
	P-3	3	0.50, 3.00 y 4.50	✓	✓	✓	✓
Zona 2	P-4	1	0.15	✓	✓	✓	✓
Zona 3	P-5	1	0.15	✓	✓	✓	✓
	P-6	1	0.15	✓	✓	✓	✓
TOTAL		12					
MUESTRAS DUPLICADAS		2		✓	✓	✓	✓
TOTAL		14					

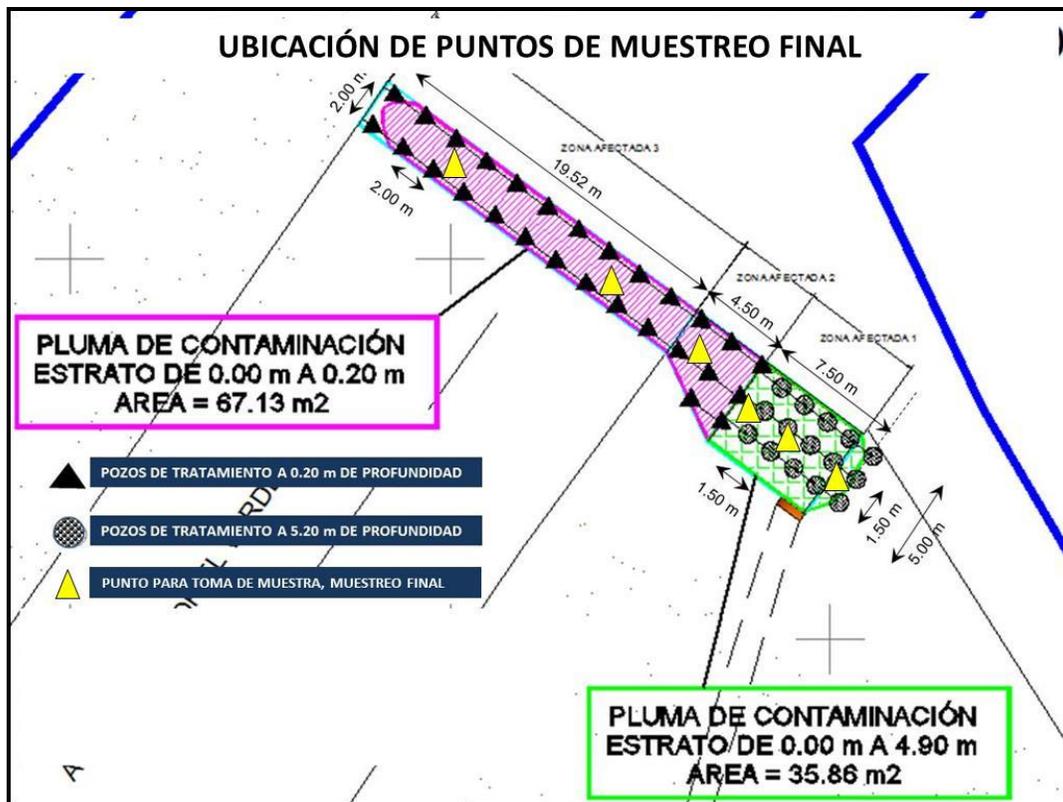


Figura 28.- Esquema para ubicación de los Puntos de Muestreo

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.

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

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

11.10 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:

Tabla 34.- Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"

Actividad	Tiempo (meses)							
	1		2		3		4	
	15	30	15	30	15	30	15	30
Instalación de los pozos para el tratamiento. Equipamiento e inicio de operación								
Tratamiento hasta la primera evaluación del avance								
Tratamiento hasta la segunda evaluación del avance								
Tratamiento hasta la tercera evaluación del avance								
Muestreo final comprobatorio								
Elaboración del informe final								
Limpieza del área y desarmado de pozos								

12. REFERENCIAS

- CORPONOR (2015). Corporación autónoma regional de la Frontera Nororiental. Hoja de seguridad. Gasolina automotor.
- INAFED (2010). Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. San Salvador el Verde.
- INEGI (2020). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2020. Subsistema de información demográfica y social.
- INEGI (2022). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2020. Geografía y medio ambiente.
- PEMEX (2011). Petróleos Mexicanos. Hoja de datos de seguridad. PEMEX PREMIUM (1) ZMVM.
- SEMARNAT (2013). 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. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación.

MEMORIA FOTOGRÁFICA

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN PARA EVALUAR CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.

VISITA INICIAL

Retorno donde ocurrió el accidente



Alcantarilla receptora de gasolina



Tubería de descarga de gasolina



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

VISITA INICIAL

Suelo receptor de gasolina



Montículo de tepetate contaminado con gasolina



Túnel con sedimentos contaminados con gasolina



MUESTREO DE CARACTERIZACIÓN

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

Perforación para la toma de muestra



MUESTREO DE CARACTERIZACIÓN

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

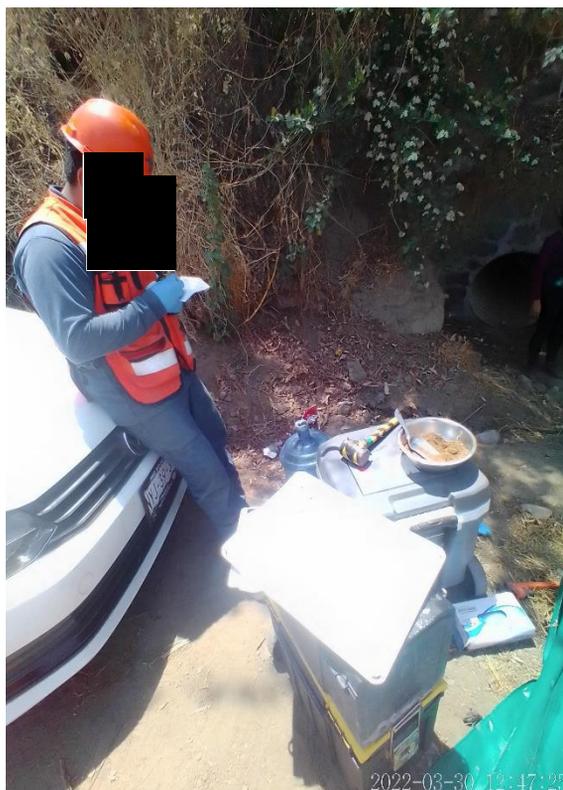
Toma de muestras de suelo



MUESTREO DE CARACTERIZACIÓN

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

Etiquetado de muestras



MUESTREO DE CARACTERIZACIÓN

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

Toma de coordenadas

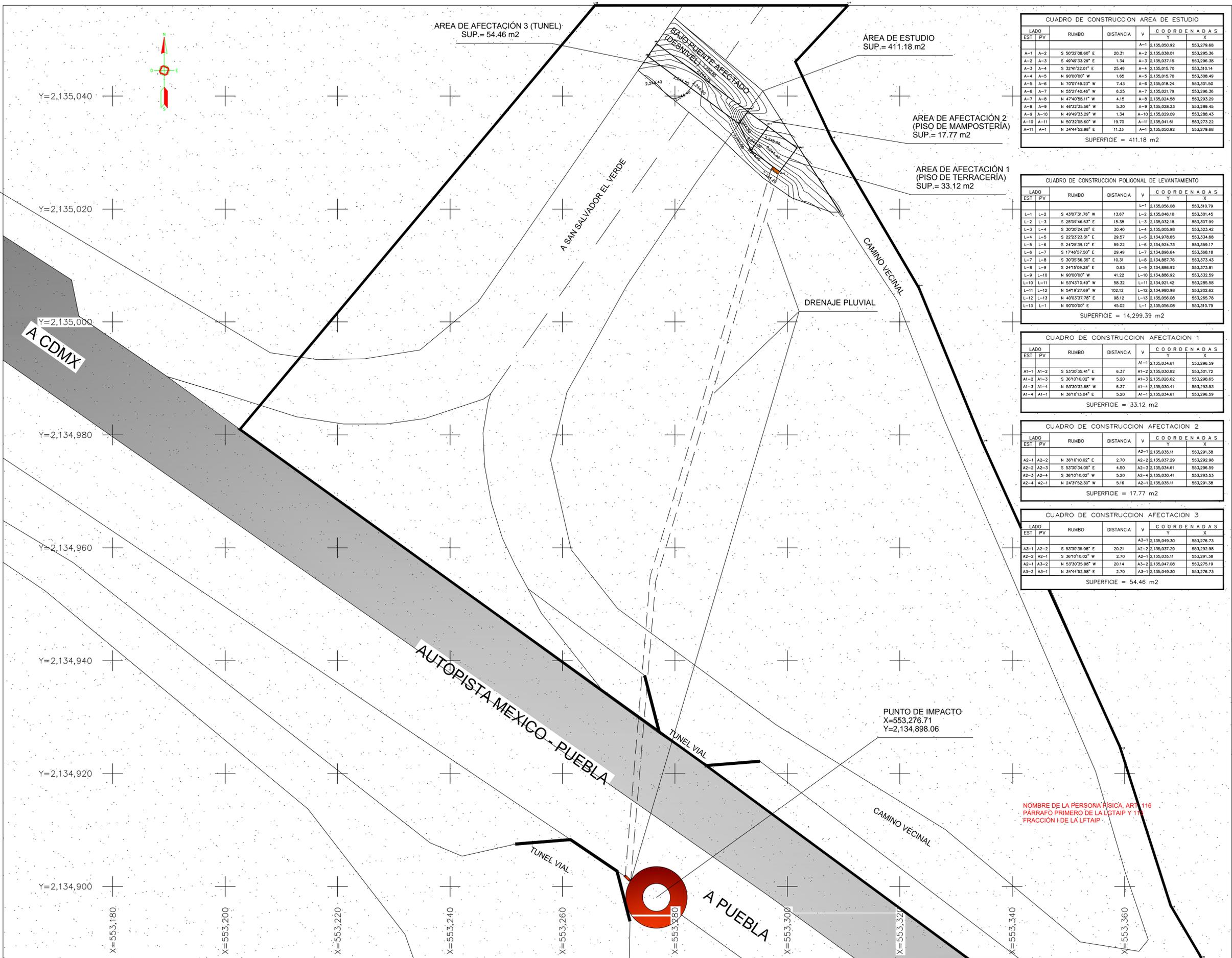


Lavado de equipo



Conservación de muestras





CUADRO DE CONSTRUCCION AREA DE ESTUDIO

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A-1	A-2		S 50°32'08.60" E	20.31	A-1	2,135,050.92	553,279.68
A-2	A-3		S 49°49'33.29" E	1.34	A-3	2,135,037.15	553,295.36
A-3	A-4		S 32°41'22.01" E	25.49	A-4	2,135,015.70	553,310.14
A-4	A-5		N 90°00'00" W	1.65	A-5	2,135,015.70	553,308.49
A-5	A-6		N 70°01'49.23" W	7.43	A-6	2,135,019.24	553,301.99
A-6	A-7		N 53°01'40.48" W	8.25	A-7	2,135,021.79	553,296.36
A-7	A-8		N 47°40'56.11" W	4.15	A-8	2,135,024.58	553,293.29
A-8	A-9		N 46°32'35.56" W	5.30	A-9	2,135,028.23	553,289.45
A-9	A-10		N 49°49'33.29" W	1.34	A-10	2,135,029.09	553,288.43
A-10	A-11		N 50°32'08.60" W	19.70	A-11	2,135,041.61	553,273.22
A-11	A-1		N 34°44'52.98" E	11.33	A-1	2,135,050.92	553,279.68
SUPERFICIE = 411.18 m ²							

CUADRO DE CONSTRUCCION POLIGONAL DE LEVANTAMIENTO

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
L-1	L-2		S 43°07'31.76" W	13.67	L-2	2,135,056.08	553,310.79
L-2	L-3		S 23°09'46.63" E	15.38	L-3	2,135,032.18	553,307.99
L-3	L-4		S 30°30'24.20" E	30.40	L-4	2,135,005.98	553,323.42
L-4	L-5		S 22°32'23.31" E	29.57	L-5	2,134,978.65	553,334.68
L-5	L-6		S 24°25'39.12" E	59.22	L-6	2,134,924.73	553,359.17
L-6	L-7		S 17°46'57.50" E	29.49	L-7	2,134,896.64	553,368.18
L-7	L-8		S 30°35'56.35" E	10.31	L-8	2,134,887.76	553,373.43
L-8	L-9		S 24°15'09.28" E	0.93	L-9	2,134,886.92	553,373.81
L-9	L-10		N 90°00'00" W	41.22	L-10	2,134,886.92	553,332.59
L-10	L-11		N 53°43'10.49" W	58.32	L-11	2,134,821.42	553,285.58
L-11	L-12		N 54°19'27.69" W	102.12	L-12	2,134,860.98	553,202.62
L-12	L-13		N 40°03'37.78" E	98.12	L-13	2,135,056.08	553,265.78
L-13	L-1		N 90°00'00" E	45.02	L-1	2,135,056.08	553,310.79
SUPERFICIE = 14,299.39 m ²							

CUADRO DE CONSTRUCCION AFECTACION 1

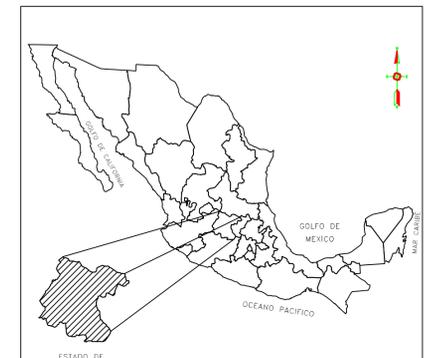
LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A1-1	A1-2		S 53°30'35.41" E	6.37	A1-2	2,135,034.61	553,296.59
A1-2	A1-3		S 36°10'10.02" W	5.20	A1-3	2,135,026.62	553,298.65
A1-3	A1-4		N 53°30'32.68" W	6.37	A1-4	2,135,030.41	553,293.53
A1-4	A1-1		N 36°10'13.04" E	5.20	A1-1	2,135,034.61	553,296.59
SUPERFICIE = 33.12 m ²							

CUADRO DE CONSTRUCCION AFECTACION 2

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A2-1	A2-2		N 36°10'10.02" E	2.70	A2-2	2,135,035.11	553,291.38
A2-2	A2-3		S 53°30'34.05" E	4.50	A2-3	2,135,034.61	553,296.59
A2-3	A2-4		S 36°10'10.02" W	5.20	A2-4	2,135,030.41	553,293.53
A2-4	A2-1		N 24°31'52.30" W	5.16	A2-1	2,135,035.11	553,291.38
SUPERFICIE = 17.77 m ²							

CUADRO DE CONSTRUCCION AFECTACION 3

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A3-1	A3-2		S 53°30'35.98" E	20.21	A3-1	2,135,049.30	553,276.73
A3-2	A3-1		S 36°10'10.02" W	2.70	A3-1	2,135,035.11	553,291.38
A3-1	A3-2		N 53°30'35.98" W	20.14	A3-2	2,135,047.08	553,275.19
A3-2	A3-1		N 34°44'52.98" E	2.70	A3-1	2,135,049.30	553,276.73
SUPERFICIE = 54.46 m ²							



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

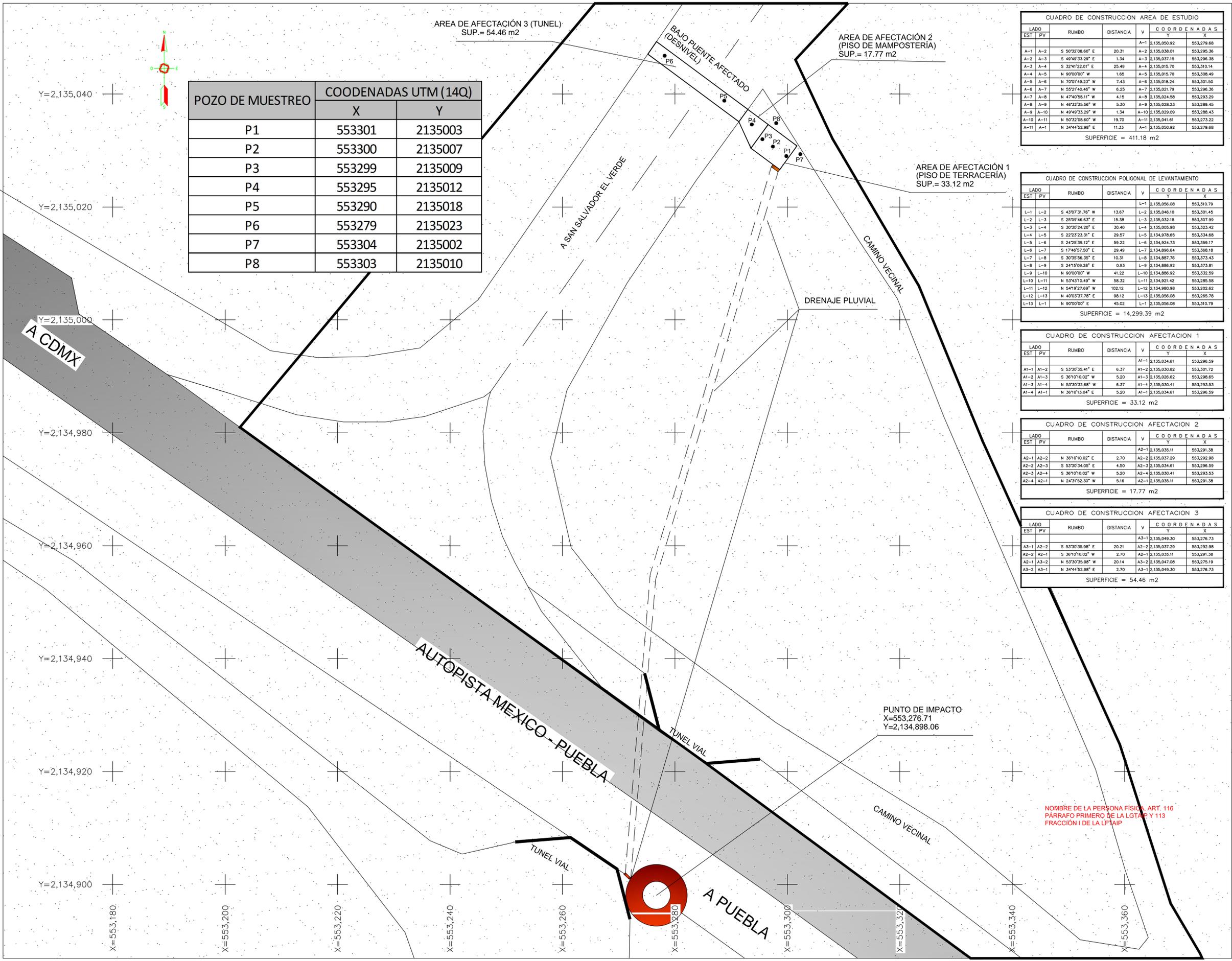
- LINEA DE DDV
- PUNTO DE MUESTREO
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- ▽ POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE IMPACTO

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DEL AREA AFECTADA

DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINISTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MEXICO S.A. DE C.V., EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.



LEVANTADO	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
DIBUJADO	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
REVISADO	
BIOL.	
APROBADO	
INC.	
CONTRATISTA	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
FECHA	MAYO DE 2022
ACCIÓN	METROS
NUMERO DE PLANO	T-1



POZO DE MUESTREO	COORDENADAS UTM (14Q)	
	X	Y
P1	553301	2135003
P2	553300	2135007
P3	553299	2135009
P4	553295	2135012
P5	553290	2135018
P6	553279	2135023
P7	553304	2135002
P8	553303	2135010

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A-1	A-2		S 50°32'08.60" E	20.31	A-1	2,135,050.92	553,279.68
A-2	A-3		S 49°49'33.29" E	1.34	A-2	2,135,038.01	553,295.36
A-3	A-4		S 32°41'22.01" E	25.49	A-3	2,135,037.15	553,296.38
A-4	A-5		N 90°00'00" W	1.65	A-4	2,135,015.70	553,310.14
A-5	A-6		N 70°01'49.23" W	7.43	A-5	2,135,015.70	553,308.49
A-6	A-7		N 53°01'40.48" W	6.25	A-6	2,135,014.24	553,301.56
A-7	A-8		N 47°40'56.11" W	4.15	A-7	2,135,024.58	553,296.36
A-8	A-9		N 46°32'35.56" W	5.30	A-8	2,135,028.23	553,293.29
A-9	A-10		N 49°49'33.29" W	1.34	A-9	2,135,029.09	553,288.43
A-10	A-11		N 50°32'08.60" W	19.70	A-10	2,135,041.61	553,273.22
A-11	A-1		N 34°44'52.98" E	11.33	A-11	2,135,050.92	553,279.68

SUPERFICIE = 411.18 m²

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
L-1	L-2		S 43°07'31.76" W	13.67	L-1	2,135,056.08	553,310.79
L-2	L-3		S 22°09'46.63" E	15.38	L-2	2,135,046.10	553,301.45
L-3	L-4		S 30°32'24.20" E	30.40	L-3	2,135,032.18	553,307.99
L-4	L-5		S 22°32'23.31" E	29.57	L-4	2,135,005.98	553,323.42
L-5	L-6		S 24°25'39.12" E	59.22	L-5	2,134,924.73	553,334.68
L-6	L-7		S 17°46'57.50" E	29.49	L-6	2,134,896.64	553,359.17
L-7	L-8		S 30°35'56.35" E	10.31	L-7	2,134,887.76	553,373.43
L-8	L-9		S 24°15'09.28" E	0.93	L-8	2,134,886.92	553,373.81
L-9	L-10		N 90°00'00" W	41.22	L-9	2,134,886.92	553,332.59
L-10	L-11		N 53°43'10.49" W	58.32	L-10	2,134,821.42	553,285.58
L-11	L-12		N 54°19'27.69" W	102.12	L-11	2,134,860.98	553,202.62
L-12	L-13		N 40°03'37.78" E	98.12	L-12	2,135,056.08	553,265.78
L-13	L-1		N 90°00'00" E	45.02	L-13	2,135,056.08	553,310.79

SUPERFICIE = 14,299.39 m²

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A1-1	A1-2		S 53°30'35.41" E	6.37	A1-1	2,135,034.61	553,296.59
A1-2	A1-3		S 36°10'10.02" W	5.20	A1-2	2,135,030.82	553,301.72
A1-3	A1-4		N 53°30'32.68" W	6.37	A1-3	2,135,026.62	553,298.65
A1-4	A1-1		N 36°10'13.04" E	5.20	A1-4	2,135,030.41	553,293.53

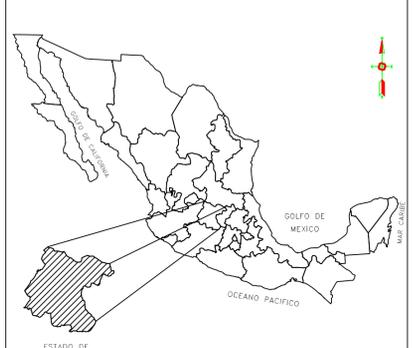
SUPERFICIE = 33.12 m²

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A2-1	A2-2		N 36°10'10.02" E	2.70	A2-1	2,135,035.11	553,291.38
A2-2	A2-3		S 53°30'34.05" E	4.50	A2-2	2,135,034.61	553,296.59
A2-3	A2-4		S 36°10'10.02" W	5.20	A2-3	2,135,030.41	553,293.53
A2-4	A2-1		N 24°31'52.30" W	5.16	A2-4	2,135,035.11	553,291.38

SUPERFICIE = 17.77 m²

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
						Y	X
A3-1	A3-2		S 53°30'35.98" E	20.21	A3-1	2,135,049.30	553,276.73
A3-2	A3-1		S 36°10'10.02" W	2.70	A3-2	2,135,037.29	553,292.98
A3-1	A3-2		N 53°30'35.98" W	20.14	A3-1	2,135,047.08	553,275.19
A3-2	A3-1		N 34°44'52.98" E	2.70	A3-2	2,135,049.30	553,276.73

SUPERFICIE = 54.46 m²



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

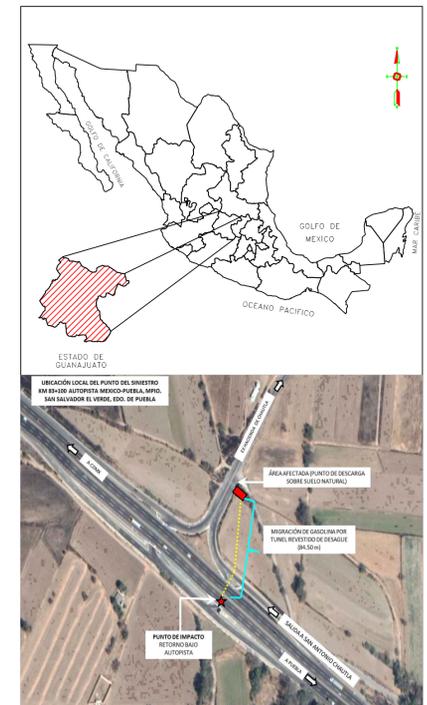
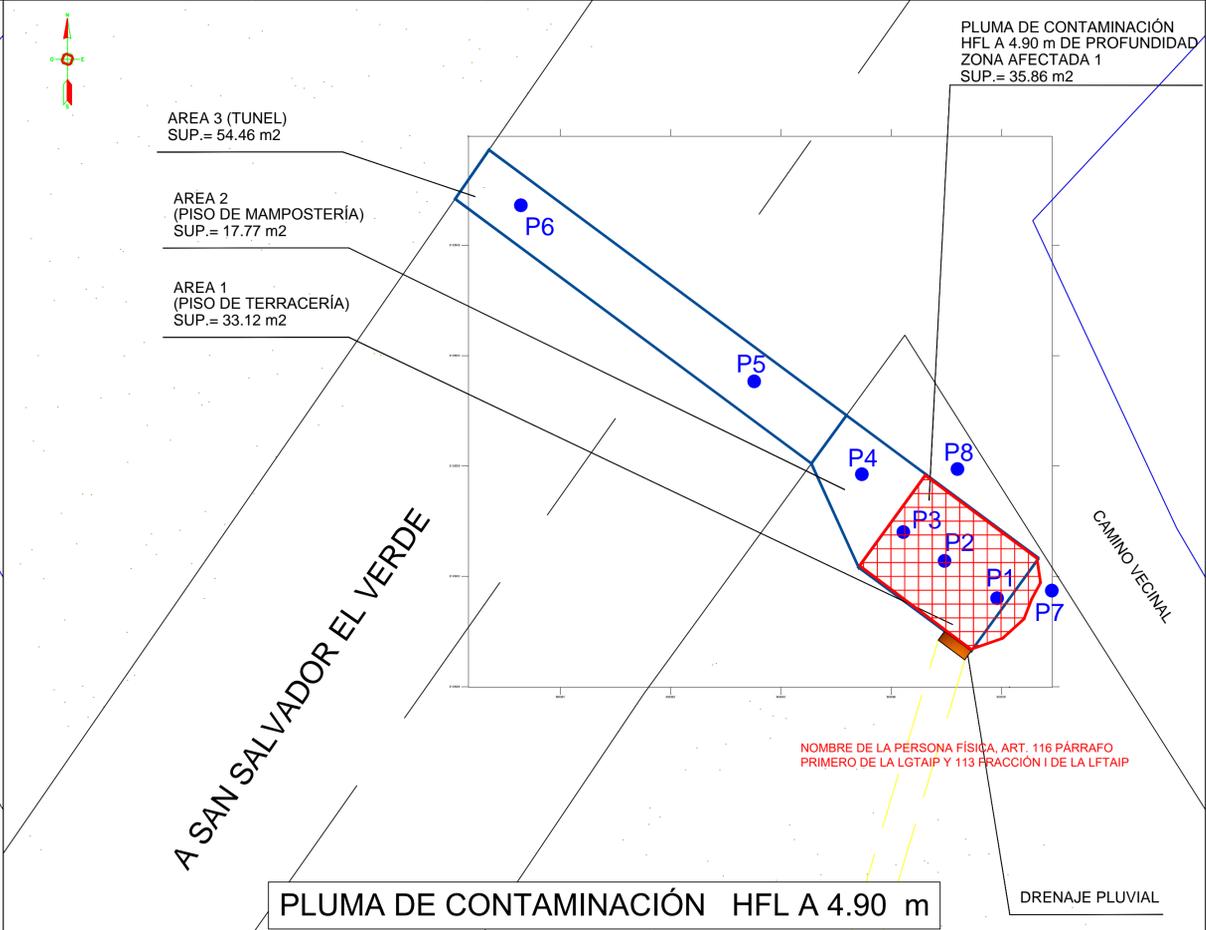
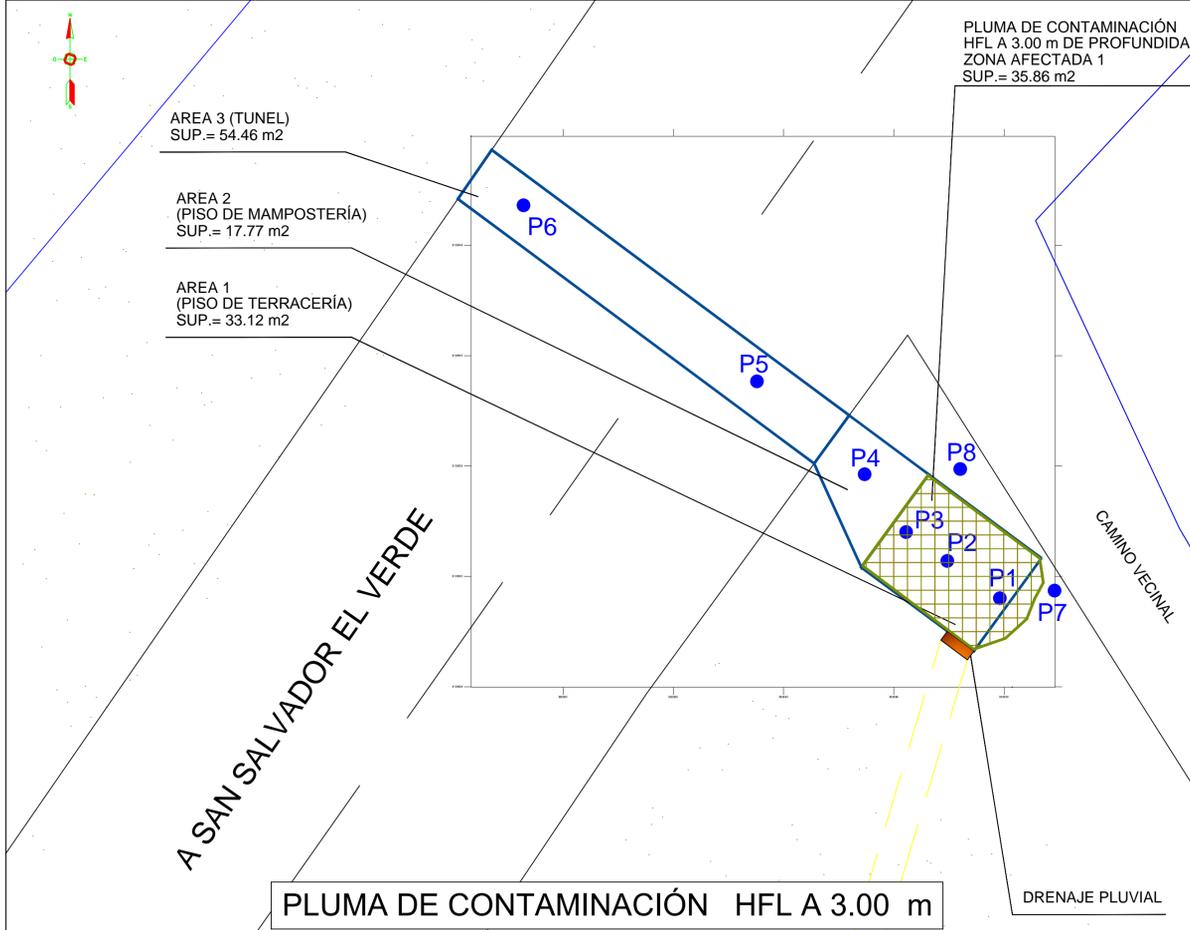
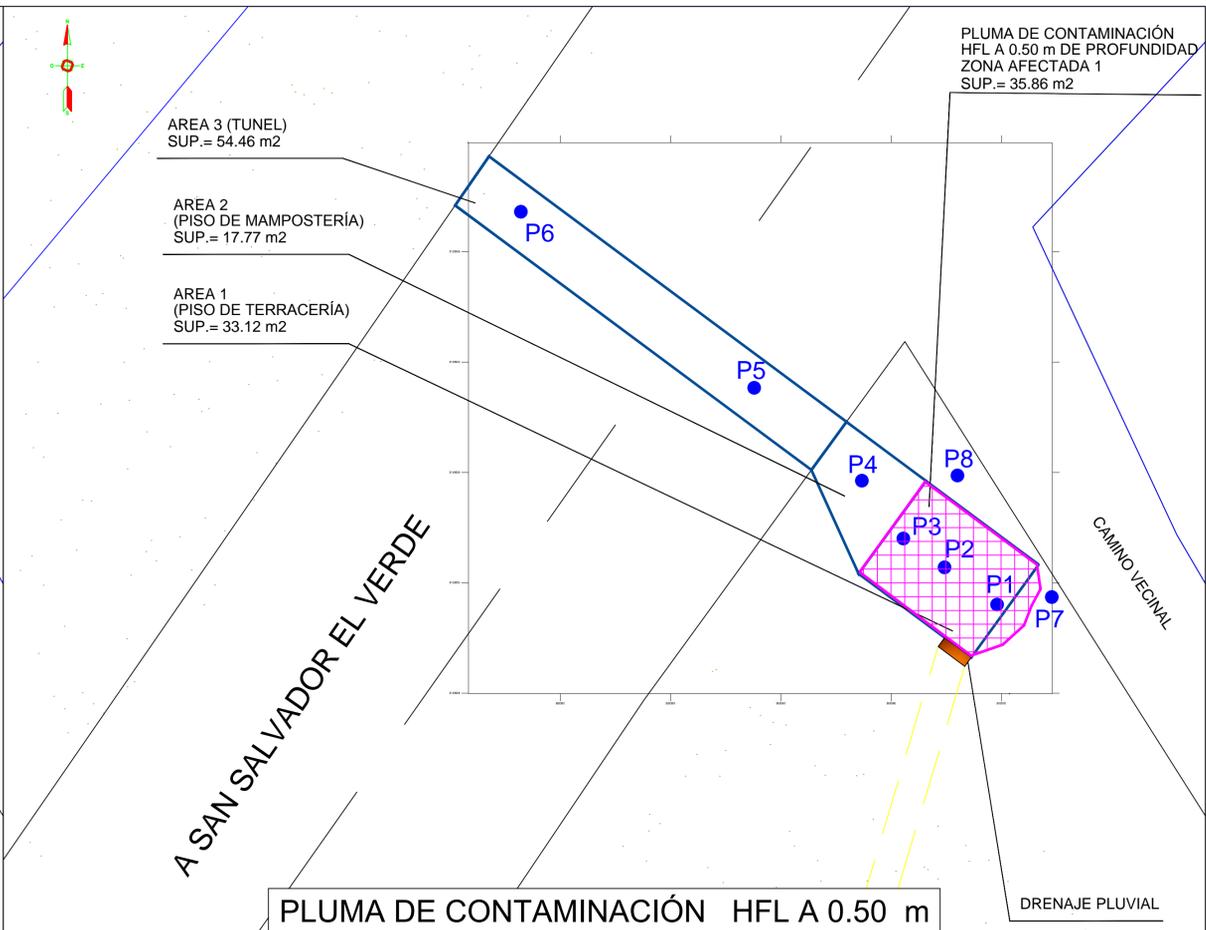
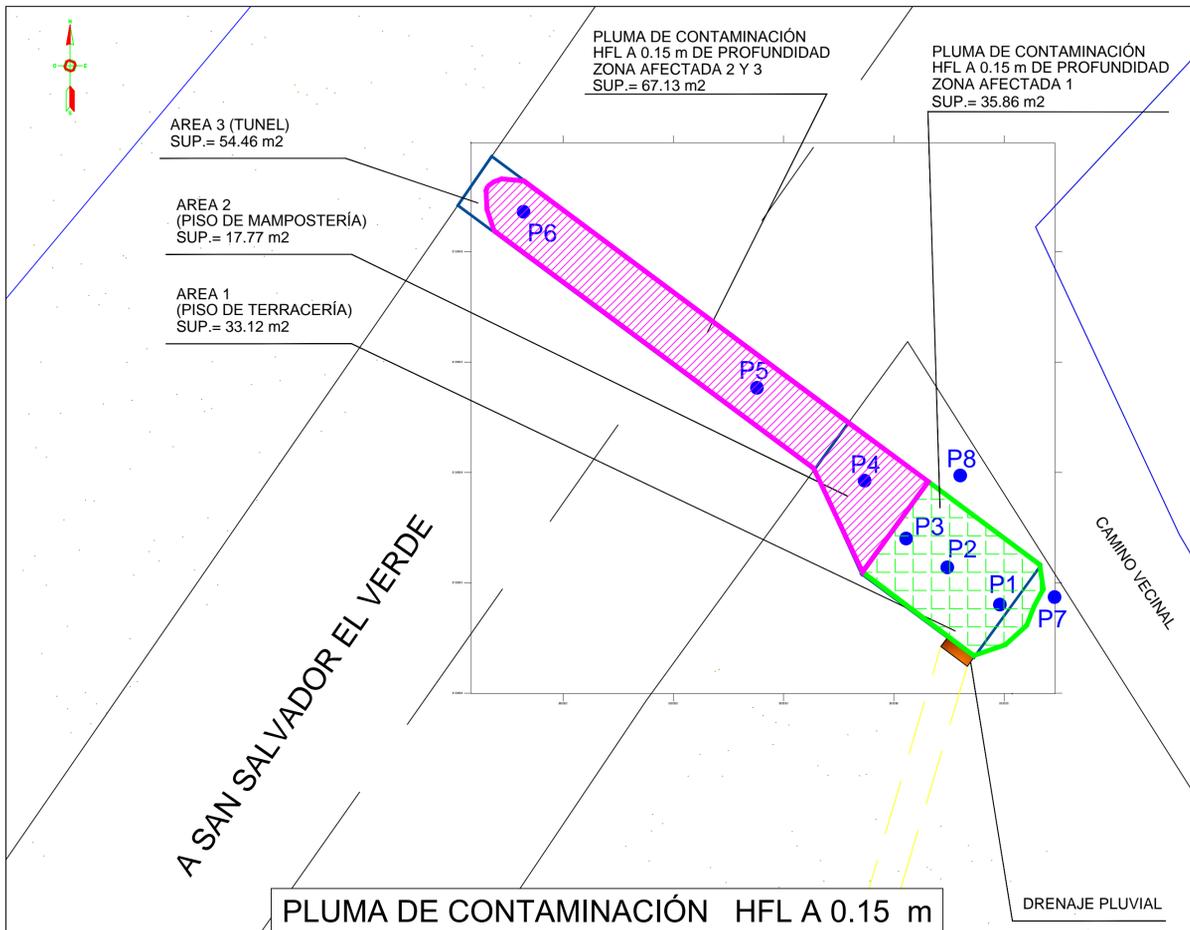
- LINEA DE DDV
- PUNTO DE MUESTREO
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- ▽ POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION
- PUNTO DE IMPACTO

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINISTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MEXICO S.A. DE C.V., EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.



LEVANTADO	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
DISEÑADO	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
REVISADO	
BIOL.	
APROBADO	
INC.	
CONTRATISTA	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
FECHA	MAYO DE 2022
ACCION	METROS



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

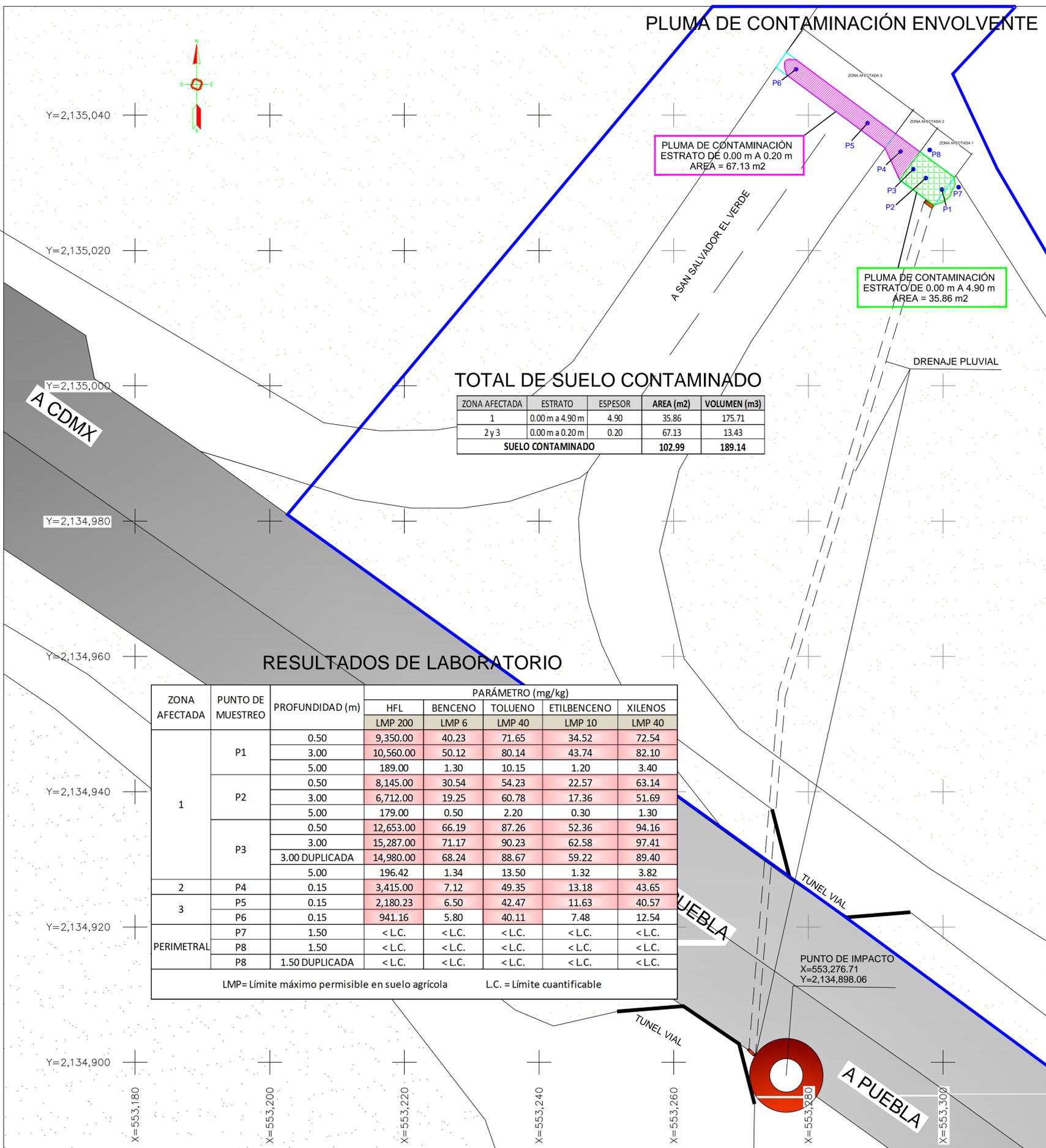
- LINEA DE DDV
- PUNTO DE MUESTREO
- LINEAS EN OPERACION (DUCTOS)
- 2205.00 CURVA DE NIVEL MAESTRA A CADA 1.00m
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA A CADA 0.20m
- VERTICE DE INTERSECCION
- △ P POSTE PEMEX
- ZONA DE EVALUACION
- SONDEO DE LOCALIZACION

PLUMAS DE CONTAMINACIÓN DE HFL EN EL ÁREA AFECTADA

DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINISTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MEXICO S.A. DE C.V., EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.



LEVANTADO	CONSULTORA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	NUMERO DE PLANO	T-3
DISEÑO	CONSULTORA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	FECHA	MAYO DE 2022
REVISÓ	BIOL. [REDACTED]	ACTIVACIÓN	METROS
APROBÓ	INC. [REDACTED]		
COMPARA CONTRASTA	CONSULTORA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.		



PLUMA DE CONTAMINACIÓN ENVOLVENTE

PLUMA DE CONTAMINACIÓN ESTRATO DE 0.00 m A 0.20 m
ÁREA = 67.13 m²

PLUMA DE CONTAMINACIÓN ESTRATO DE 0.00 m A 4.90 m
ÁREA = 35.86 m²

TOTAL DE SUELO CONTAMINADO

ZONA AFECTADA	ESTRATO	ESPESOR	ÁREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
1	0.00 m a 4.90 m	4.90	35.86	175.71
2 y 3	0.00 m a 0.20 m	0.20	67.13	13.43
SUELO CONTAMINADO			102.99	189.14

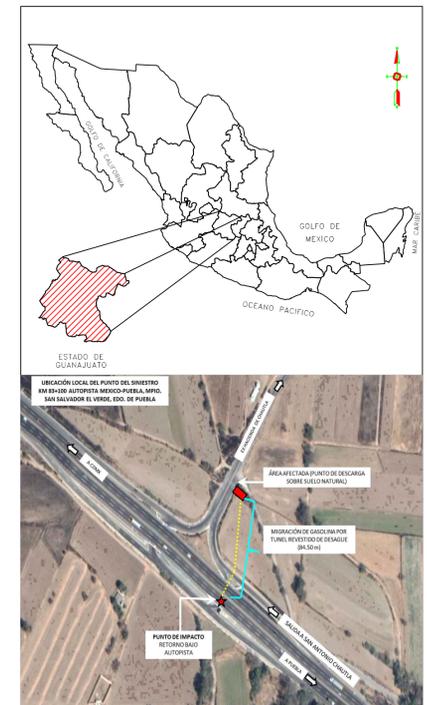
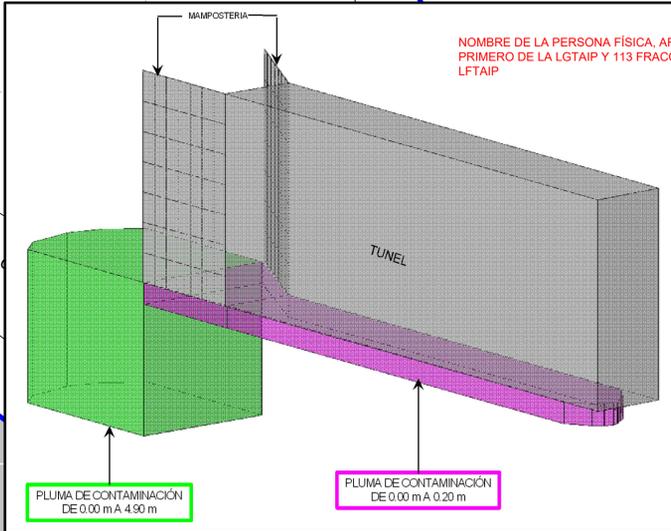
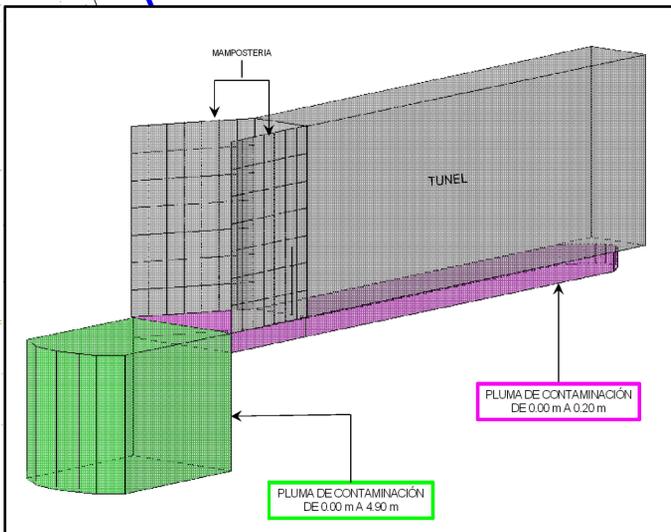
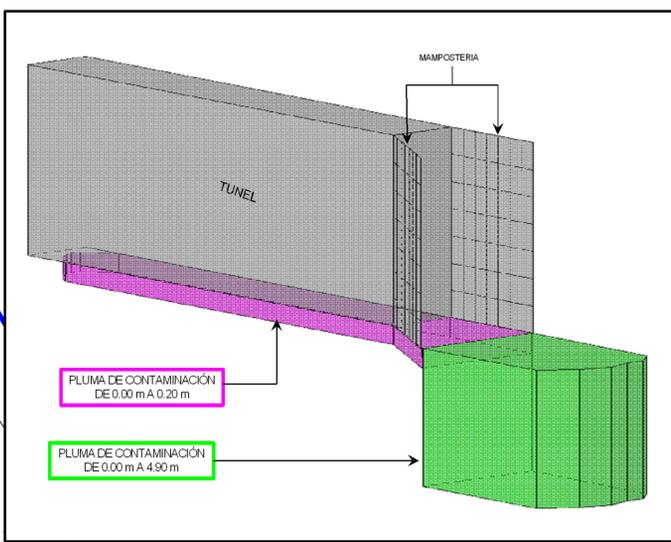
RESULTADOS DE LABORATORIO

ZONA AFECTADA	PUNTO DE MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	PARÁMETRO (mg/kg)				
			HFL	BENCENO	TOLUENO	ETILBENCENO	XILENOS
			LMP 200	LMP 6	LMP 40	LMP 10	LMP 40
1	P1	0.50	9,350.00	40.23	71.65	34.52	72.54
		3.00	10,560.00	50.12	80.14	43.74	82.10
		5.00	189.00	1.30	10.15	1.20	3.40
	P2	0.50	8,145.00	30.54	54.23	22.57	63.14
		3.00	6,712.00	19.25	60.78	17.36	51.69
		5.00	179.00	0.50	2.20	0.30	1.30
P3	0.50	12,653.00	66.19	87.26	52.36	94.16	
	3.00	15,287.00	71.17	90.23	62.58	97.41	
	3.00 DUPLICADA	14,980.00	68.24	88.67	59.22	89.40	
2	P4	5.00	196.42	1.34	13.50	1.32	3.82
		0.15	3,415.00	7.12	49.35	13.18	43.65
3	P5	0.15	2,180.23	6.50	42.47	11.63	40.57
		0.15	941.16	5.80	40.11	7.48	12.54
PERIMETRAL	P7	1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.
		1.50 DUPLICADA	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.	< L.C.

LMP= Límite máximo permisible en suelo agrícola L.C. = Límite cuantificable

PUNTO DE IMPACTO
X=553,276.71
Y=2,134,898.06

PLUMA DE CONTAMINACIÓN EN 3D



LOCALIZACIÓN DEL SITIO

SIMBOLOGIA

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

PLUMA DE CONTAMINACIÓN EN 3D

DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINISTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MEXICO S.A. DE C.V. EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MEXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.



LEVANTADO	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	NUMERO DE PLANO	T-4
DISEÑO	CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	FECHA	ABRIL DE 2022
REVISOR	BIOL.	ACCIÓN	METROS
APROBADO	INC.		
CONTRATISTA		CONSULTORIA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.	

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



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

**Orión 44 Colonia Prado Churubusco, C.P. 04230
Ciudad de México**

**INFORME DE RESULTADOS DE
MUESTRAS DE SUELO**

**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO
ABRIL-2022**



O.S.: 2203228-CAEPSA



Toluca, Estado de México
2022-Abril-04

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

Orión 44 Colonia Prado Churubusco,
C.P. 04230 Ciudad de México

At'n.: Biól. [REDACTED]

Asunto: INFORME DE RESULTADOS DE MUESTRAS DE SUELO

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

En relación al muestreo practicado el día 30 de Marzo del presente año en el sitio identificado como: **Km. 83+100 Autopista México – Puebla, bajo el puente del retorno Chautla en el Municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla.**, nos permitimos informarle lo siguiente:

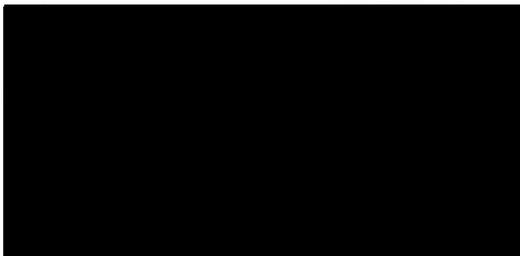
Las muestras fueron analizadas por LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES S.A. DE C.V., el cual cuenta con acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditación (E.M.A.) y aprobación ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Los métodos de muestreo y análisis, están referenciados en la Normatividad Nacional, los cuales son indicados en los resultados del análisis.

De acuerdo con los análisis realizados se determina que 10 de las 16 muestras **EXCEDEN** para el parámetro: **Hidrocarburos Fracción Ligera**, mientras que para **BTEX** 7 de las 16 muestras **EXCEDEN** de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles bajo la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

El presente informe está integrado por resultados del estudio, cromatogramas, cadena de custodia, acreditación ante la E.M.A., aprobación ante PROFEPA, además cuenta con holograma de seguridad, sello de relieve y código QR.

Agradecemos su interés en nuestros servicios y esperamos poder atenderle en futuras ocasiones.



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

Queda estrictamente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización por escrito de LABSA SA de CV



Hidrocarburos en Suelos

Con relación a los Hidrocarburos en suelo analizados para la Fracción Liger y BTEX'S, bajo los métodos NMX-AA-105-SCFI-2014 y NMX-AA-141-SCFI-2014, Bajo los criterios de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 respectivamente, presentamos a continuación los valores obtenidos:

Identificación de la Muestra	Resultado Hidrocarburos en Suelos (mg/kg)	Incertidumbre (±)	*Límites Máximos Permisibles		
			Fracción (pm)	Industrial Y Comercial	Cumplimiento
P1-0.50 m	9350.00	921.723	Ligera (C5-C10) 60-170 °C	500	NO CUMPLE
P1-3.0 m	10560.00	1041.005			NO CUMPLE
P1-5.0 m	189.00	18.632			CUMPLE
P2-0.50 m	8145.00	802.934			NO CUMPLE
P2-3.00 m	6712.00	661.669			NO CUMPLE
P2-5.0 m	179.00	17.646			CUMPLE
P3-0.50 m	12653.00	1247.333			NO CUMPLE
P3-3.0 m	15287.00	1506.992			NO CUMPLE
P3-3.0 m DUP	14980.00	1476.728			NO CUMPLE
P3-5.0 m	196.42	19.363			CUMPLE
P4-0.15 m	3415.00	336.651			NO CUMPLE
P5-0.15 m	2180.23	214.927			NO CUMPLE
P6-0.15 m	941.16	92.780			NO CUMPLE
P7-1.5 m	< L.C.	-			CUMPLE
P8-1.5 m	< L.C.	-			CUMPLE
P8-1.5 m DUP	< L.C.	-			CUMPLE

*Límites Máximos Permisibles con base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012



BTEX'S

A continuación se presenta la tabla comparativa de estos parámetros:

Identificación de la Muestra	Parámetro	Resultado (mg/kg)	Incertidumbre (±)	*Límites Máximos Permisibles	
				Industrial Y Comercial	Cumplimiento
P1-0.50 m	Benceno	40.23	3.993	15	NO CUMPLE
	Tolueno	71.65	6.165	100	CUMPLE
	Etilbenceno	34.52	3.044	25	NO CUMPLE
	Xilenos	72.54	14.746	100	CUMPLE
P1-3.0 m	Benceno	50.12	4.974	15	NO CUMPLE
	Tolueno	80.14	6.896	100	CUMPLE
	Etilbenceno	43.74	3.857	25	NO CUMPLE
	Xilenos	82.10	16.689	100	CUMPLE
P1-5.0 m	Benceno	1.30	0.129	15	CUMPLE
	Tolueno	10.15	0.873	100	CUMPLE
	Etilbenceno	1.20	0.106	25	CUMPLE
	Xilenos	3.40	0.691	100	CUMPLE
P2-0.50 m	Benceno	30.54	3.031	15	NO CUMPLE
	Tolueno	54.23	4.666	100	CUMPLE
	Etilbenceno	22.57	1.990	25	CUMPLE
	Xilenos	63.14	0.691	100	CUMPLE
P2-3.00 m	Benceno	19.25	1.911	15	NO CUMPLE
	Tolueno	60.78	5.230	100	CUMPLE
	Etilbenceno	17.36	1.531	25	CUMPLE
	Xilenos	51.69	10.508	100	CUMPLE
P2-5.0 m	Benceno	0.50	0.050	15	CUMPLE
	Tolueno	2.20	0.189	100	CUMPLE
	Etilbenceno	0.30	0.026	25	CUMPLE
	Xilenos	1.30	0.264	100	CUMPLE
P3-0.50 m	Benceno	66.19	6.569	15	NO CUMPLE
	Tolueno	87.26	7.509	100	CUMPLE
	Etilbenceno	52.36	4.617	25	NO CUMPLE
	Xilenos	94.16	19.141	100	CUMPLE
P3-3.0 m	Benceno	71.17	7.064	15	NO CUMPLE
	Tolueno	90.23	7.764	100	CUMPLE
	Etilbenceno	62.58	5.518	25	NO CUMPLE
	Xilenos	97.41	19.802	100	CUMPLE

Queda estrictamente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización por escrito de LABSA SA de CV



Identificación de la Muestra	Parámetro	Resultado (mg/kg)	Incertidumbre (±)	*Límites Máximos Permisibles	
				Industrial Y Comercial	Cumplimiento
P3-3.0 m DUP	Benceno	68.24	6.773	15	NO CUMPLE
	Tolueno	88.67	7.630	100	CUMPLE
	Etilbenceno	59.22	5.222	25	NO CUMPLE
	Xilenos	89.40	18.173	100	CUMPLE
P3-5.0 m	Benceno	1.34	0.133	15	CUMPLE
	Tolueno	13.50	1.162	100	CUMPLE
	Etilbenceno	1.32	0.116	25	CUMPLE
	Xilenos	3.82	0.777	100	CUMPLE
P4-0.15 m	Benceno	7.12	0.707	15	CUMPLE
	Tolueno	49.35	4.247	100	CUMPLE
	Etilbenceno	13.18	1.162	25	CUMPLE
	Xilenos	43.65	8.873	100	CUMPLE
P5-0.15 m	Benceno	6.50	0.645	15	CUMPLE
	Tolueno	42.47	3.655	100	CUMPLE
	Etilbenceno	11.63	1.026	25	CUMPLE
	Xilenos	40.57	8.247	100	CUMPLE
P6-0.15 m	Benceno	5.80	0.576	15	CUMPLE
	Tolueno	40.11	3.451	100	CUMPLE
	Etilbenceno	7.48	0.660	25	CUMPLE
	Xilenos	12.54	2.549	100	CUMPLE
P7-1.5 m	Benceno	< L.C.	-	15	CUMPLE
	Tolueno	< L.C.	-	100	CUMPLE
	Etilbenceno	< L.C.	-	25	CUMPLE
	Xilenos	< L.C.	-	100	CUMPLE
P8-1.5 m	Benceno	< L.C.	-	15	CUMPLE
	Tolueno	< L.C.	-	100	CUMPLE
	Etilbenceno	< L.C.	-	25	CUMPLE
	Xilenos	< L.C.	-	100	CUMPLE
P8-1.5 m DUP	Benceno	< L.C.	-	15	CUMPLE
	Tolueno	< L.C.	-	100	CUMPLE
	Etilbenceno	< L.C.	-	25	CUMPLE
	Xilenos	< L.C.	-	100	CUMPLE

*Límites Máximos Permisibles con base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012



ANEXO

INFORME DE LABORATORIO

LABSA



INFORME FINAL DE RESULTADOS DE PRUEBA

O.T. DE LABORATORIO: 122030148

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

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

DIRECCIÓN: Orión 44 Colonia Prado Churubusco, C.P. 04230 Ciudad de México

ATENCIÓN: [REDACTED]

DATOS DEL MUESTREO

FECHA DE MUESTREO: 2022-03-30

O.T. DE MUESTREO: 220030142

DATOS DE LA(S) MUESTRA(S)

INFORMACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S): Las muestras fueron entregadas a nuestro laboratorio el día 2022-03-31 por José Alfonso Carteño Ramírez.

LAPSO DE ANÁLISIS: 2022-03-31 al 2022-04-04

FECHA DE INFORME: 2022-04-04

SITIO DE MUESTREO: Km. 83+100 Autopista México - Puebla, bajo el puente del retorno Chautla en el Municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla.

PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P1-0.50 m	I (±)	P1-3.0 m	I (±)		
	2203310635		2203310636			
HFL (mg/Kg)	9350.00	921.72	10560.00	1041.00	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	40.23	3.99	50.12	4.97	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	71.65	6.17	80.14	6.90	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	34.52	3.04	43.74	3.86	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	72.54	14.75	82.10	16.69	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	7.56	0.151	7.71	0.154	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	15.63	0.075	12.09	0.058	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado

LABSA



PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P1-5.0 m	I (±)	P2-0.50 m	I (±)		
	2203310637		2203310638			
HFL (mg/Kg)	189.00	18.63	8145.00	802.93	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	1.30	0.13	30.54	3.03	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	10.15	0.87	54.23	4.67	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	1.20	0.11	22.57	1.99	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	3.40	0.69	63.14	12.84	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	7.84	0.157	7.54	0.151	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	11.24	0.054	10.16	0.049	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado

PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P2-3.00 m	I (±)	P2-5.0 m	I (±)		
	2203310639		2203310640			
HFL (mg/Kg)	6712.00	661.67	179.00	17.65	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	19.25	1.91	0.50	0.05	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	60.78	5.23	2.20	0.19	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	17.36	1.53	0.30	0.03	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	51.69	10.51	1.30	0.26	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	7.56	0.151	6.50	0.130	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	12.27	0.059	12.86	0.061	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado

PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P3-0.50 m	I (±)	P3-3.0 m	I (±)		
	2203310641		2203310642			
HFL (mg/Kg)	12653.00	1247.33	15287.00	1506.99	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	66.19	6.57	71.17	7.06	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	87.26	7.51	90.23	7.76	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	52.36	4.62	62.58	5.52	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	94.16	19.14	97.41	19.80	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	7.34	0.147	7.46	0.149	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	14.16	0.068	8.64	0.042	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado



PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P3-3.0 m DUP	I (±)	P3-5.0 m	I (±)		
	2203310643		2203310644			
HFL (mg/Kg)	14980.00	1476.73	196.42	19.36	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	68.24	6.77	1.34	0.13	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	88.67	7.63	13.50	1.16	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	59.22	5.22	1.32	0.12	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	89.40	18.17	3.82	0.78	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	7.43	0.149	6.41	0.128	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	9.05	0.043	9.19	0.044	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado

PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P4-0.15 m	I (±)	P5-0.15 m	I (±)		
	2203310645		2203310646			
HFL (mg/Kg)	3415.00	336.65	2180.23	214.93	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	7.12	0.71	6.50	0.65	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	49.35	4.25	42.47	3.65	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	13.18	1.16	11.63	1.03	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	43.65	8.87	40.57	8.25	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	7.24	0.145	7.42	0.148	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	10.81	0.052	11.02	0.053	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado

PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P6-0.15 m	I (±)	P7-1.5 m	I (±)		
	2203310647		2203310648			
HFL (mg/Kg)	941.16	92.78	< L.C.	-	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	5.80	0.58	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	40.11	3.45	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	7.48	0.66	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	12.54	2.55	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	7.54	0.151	8.53	0.171	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	10.95	0.053	14.87	0.071	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado



PARÁMETRO(S)	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA(S) / CÓDIGO DE MUESTRA(S)				MÉTODO DE REFERENCIA	REALIZADO
	P8-1.5 m	I (±)	P8-1.5 m DUP	I (±)		
	2203310649		2203310650			
HFL (mg/Kg)	< L.C.	-	< L.C.	-	NMX-AA-105-SCFI-2014	JGM/JMC
(Benceno) (mg/Kg)	< L.C.	-	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Tolueno) (mg/Kg)	< L.C.	-	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Etilbenceno) (mg/Kg)	< L.C.	-	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
(Xilenos) (mg/Kg)	< L.C.	-	< L.C.	-	NMX-AA-141-SCFI-2014	JGM/JMC
pH (UpH)	8.04	0.161	7.76	0.155	9045D pH 2004	JMC
Humedad (%)	10.11	0.049	9.59	0.046	ANEXO AS-05 DE LA NOM-021-SEMARNAT-2000	JMC

L.C.= Límite de Cuantificación

I (±)= Incertidumbre, en esta columna se reporta el intervalo de confianza al valor verdadero del mensurado

OBSERVACIONES			
PARÁMETRO(S)	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN O MÍNIMO A CUANTIFICAR*	NORMA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (L.M.P.)
HFL	7.5793 mg/kg	NMX-AA-105-SCFI-2014	• Industrial y Comercial: 500 mg/kg.
BTEX'S	Benceno: 0.0317 mg/Kg Tolueno: 0.0113 mg/Kg Etilbenceno: 0.0243 mg/kg o,p-Xilenos: 0.0348 mg/Kg m-Xileno: 0.0235 mg/kg	NMX-AA-141-SCFI-2014	Industrial y Comercial: • Benceno: 15 mg/Kg. • Tolueno: 100 mg/Kg. • Etilbenceno: 25 mg/kg. • Xilenos: 100 mg/kg.

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





ANEXO

CADENA DE CUSTODIA

LABSA



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



Gabino Vázquez 144, San Pedro
Totoltepec, Toluca, Estado de
México, C.P. 50200

LABSA O.T. Lab.: 122030148 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 Colonia Prado Churubusco, C.P. 04230 Ciudad de México

Giro: Ambiental

Atención: [Redacted]

Tel/e-mail: [Redacted]

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	Tipo de análisis Requerido			
						BTEX	HFL	Humedad	pH
P1- 0.50 m	2203310635	2022-03-30	10:36	Suelo	1	X	X	X	X
P1- 3.0 m	0636	2022-03-30	11:02	Suelo	1	X	X	X	X
P1- 5.0 m	0637	2022-03-30	12:05	Suelo	1	X	X	X	X
P2- 0.50 m	0638	2022-03-30	12:59	Suelo	1	X	X	X	X
P2- 3.00 m	0639	2022-03-30	13:15	Suelo	1	X	X	X	X
P2- 5.0 m	0640	2022-03-30	13:50	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 0.50 m	0641	2022-03-30	14:00	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 3.0 m	0642	2022-03-30	14:15	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 3.0 m DUP	0643	2022-03-30	14:15	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 5.0 m	0644	2022-03-30	14:38	Suelo	1	X	X	X	X
P4- 0.15 m	0645	2022-03-30	14:49	Suelo	1	X	X	X	X
P5- 0.15 m	0646	2022-03-30	14:55	Suelo	1	X	X	X	X
P6- 0.15 m	0647	2022-03-30	15:02	Suelo	1	X	X	X	X
P7- .1.5 m	0648	2022-03-30	15:20	Suelo	1	X	X	X	X
P8- .1.5 m	0649	2022-03-30	15:42	Suelo	1	X	X	X	X
P8- .1.5 m DUP	0650	2022-03-30	15:42	Suelo	1	X	X	X	X
Blanco de Campo	0651	2022-03-30	15:52	Suelo	1	X	X	X	X
Blanco de Viaje	0652	2022-03-30	15:52	Suelo	1	X	X	X	X

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

Condiciones de preservación

Temperatura 4°C (+/- 2°C)

220030142-1

No. de Proyecto

220030142

Contacto de LABSA:

[Redacted]

Contacto del cliente:

[Redacted]

Observaciones

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

(h=horas) (d=días) (m=meses) (R=Refrigeración) (NA=No Aplica) Tiempo máximo de espera: 14 d 14d 14d 1 d

Conservador: NA NA NA NA

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

- HCL 1:1
- Na₂S₂O₃
- H₂SO₄ 4 mol/L
- HNO₃ Concentrado
- K₂Cr₂O₇ al 20%
- NaOH
- F: Formaldehído
- 10%
- Ácido
- Suprapuro
- Disolución
- buffer((NH₄)₂SO₄ v NH₄OH)
- «:H₂SO₄ 1:1
- ∩:HNO₃ 1:1

Entrega de Muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Recibo de muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Sito de Muestreo:

Km. 83+100 Autopista México - Puebla, bajo el puente del retorno Chautla en el Municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla.

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 + pH y Humedad Agrícola.

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



ANEXO

CROMATOGRAMAS

LABSA

RESULTADOS DE HFL POR FID



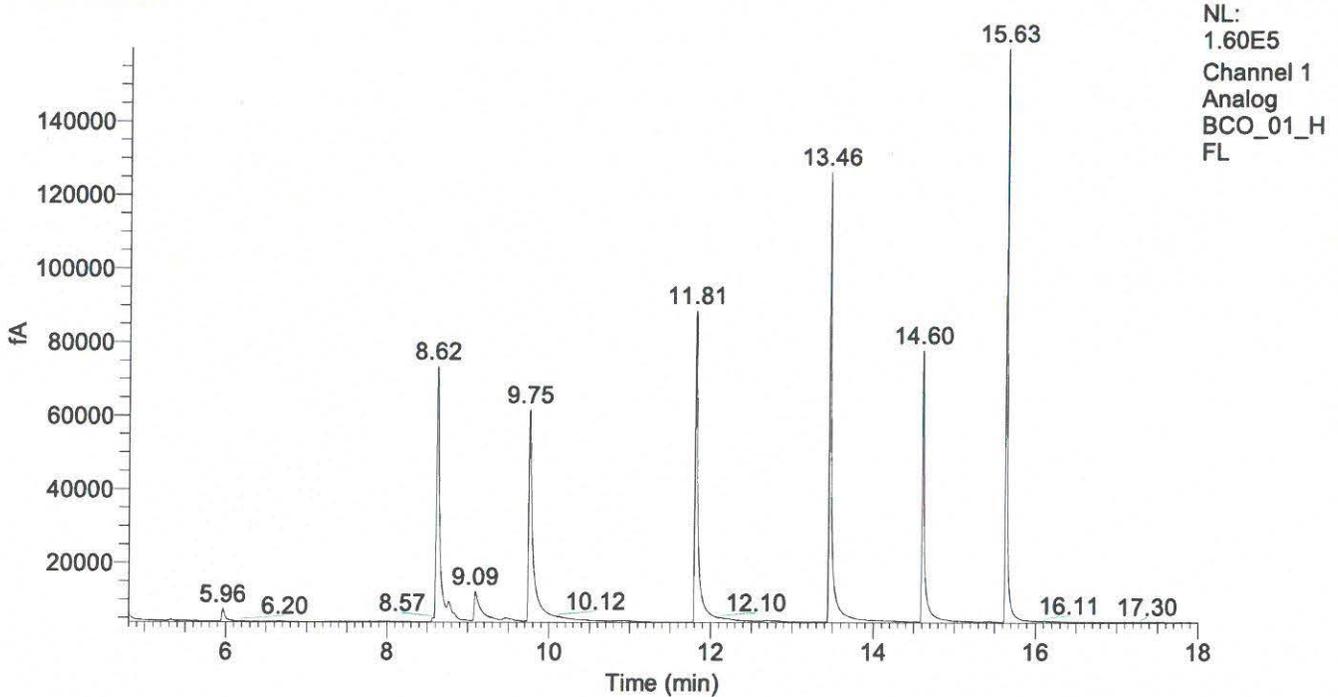
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 01:40:04 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.11	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	13
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	BCO_01_HFL
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.60	Yes	104210.10	mg/L	24.67
HFL	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



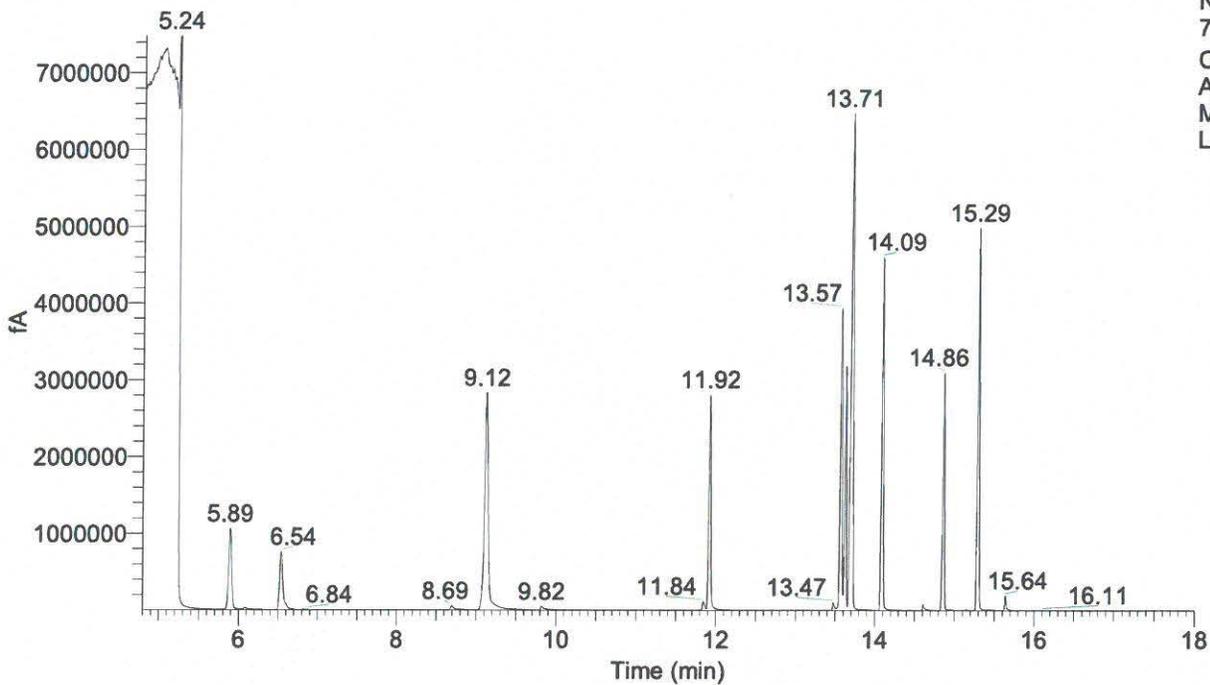
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 02:08:07 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.13	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	14
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	MC_01_HFL
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.61	Yes	103648.87	mg/L	24.54
HFL	13.71	Yes	84878605.14	mg/Kg	95.85

RT: 4.80 - 18.00



NL:
7.48E6
Channel 1
Analog
MC_01_HF
L

RESULTADOS DE HFL POR FID



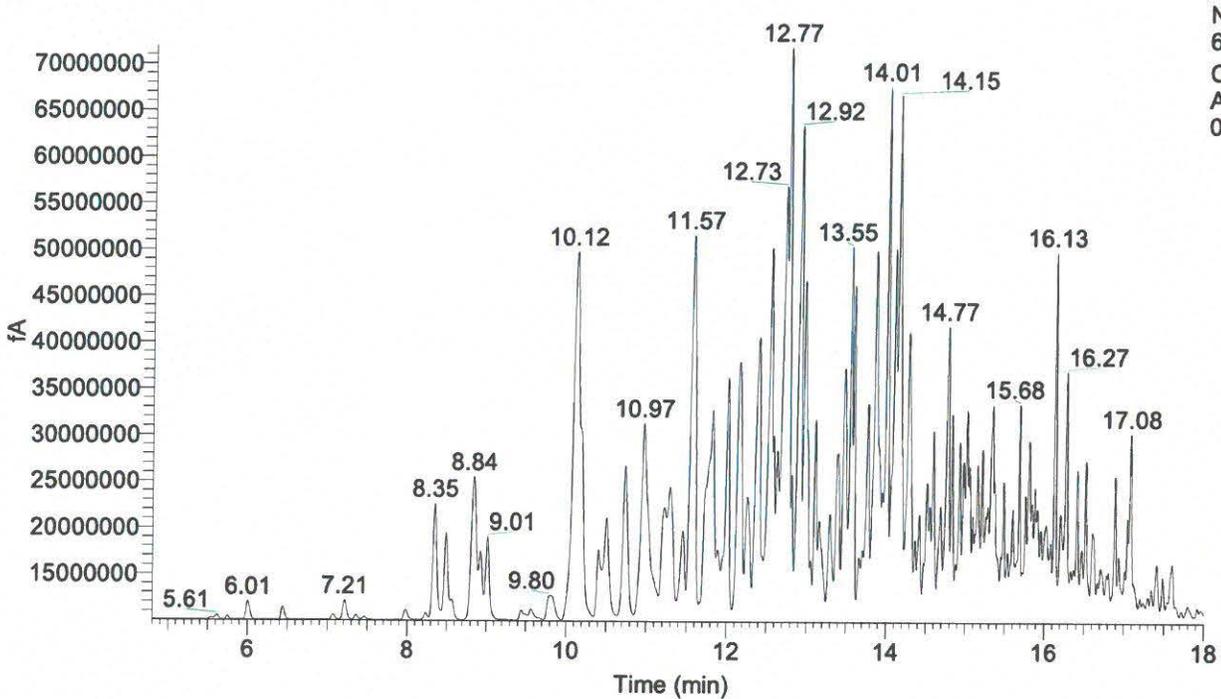
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 02:36:10 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	15
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0635
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.63	Yes	108309.39	mg/L	25.64
HFL	12.77	Yes	5689284057.08	mg/Kg	6424.68

RT: 4.80 - 18.00



NL:
6.19E6
Channel 1
Analog
0635

RESULTADOS DE HFL POR FID



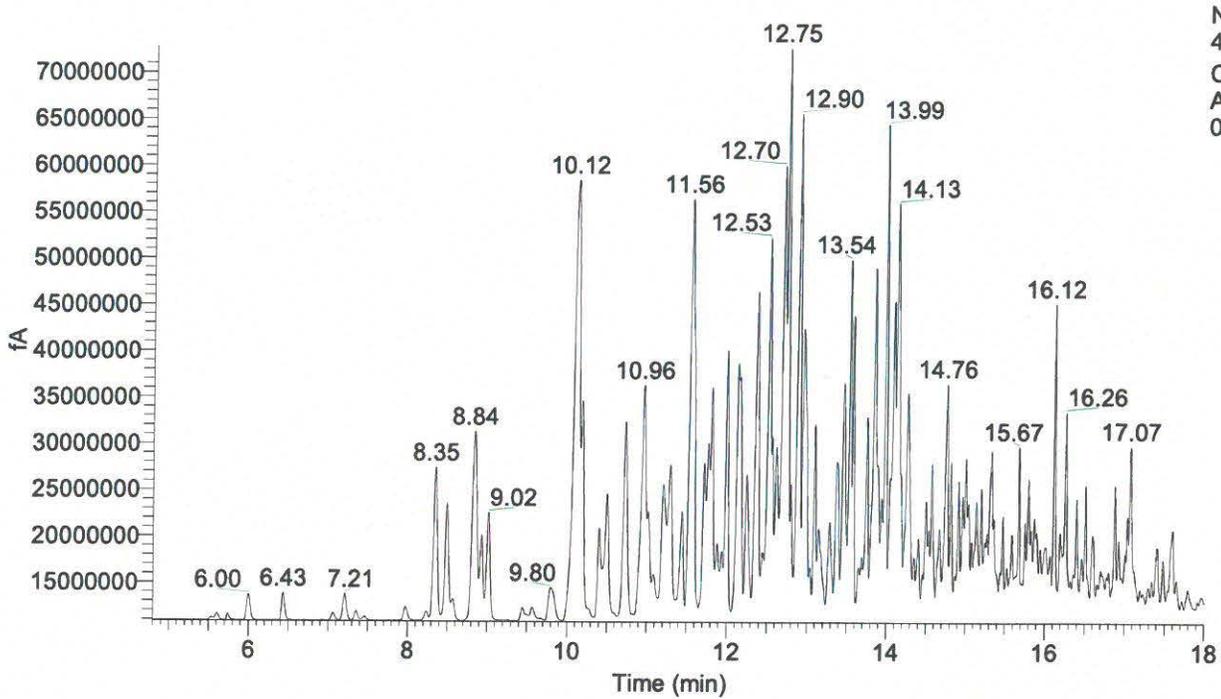
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de análisis:	04/03/22 03:04:13 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	16
		Volumen de Inyección(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0636
Ubicación del análisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.61	Yes	106308.29	mg/L	25.17
HFL	12.75	Yes	6013076747.69	mg/Kg	6850.80

RT: 4.80 - 18.00



NL:
4.75E6
Channel 1
Analog
0636

RESULTADOS DE HFL POR FID



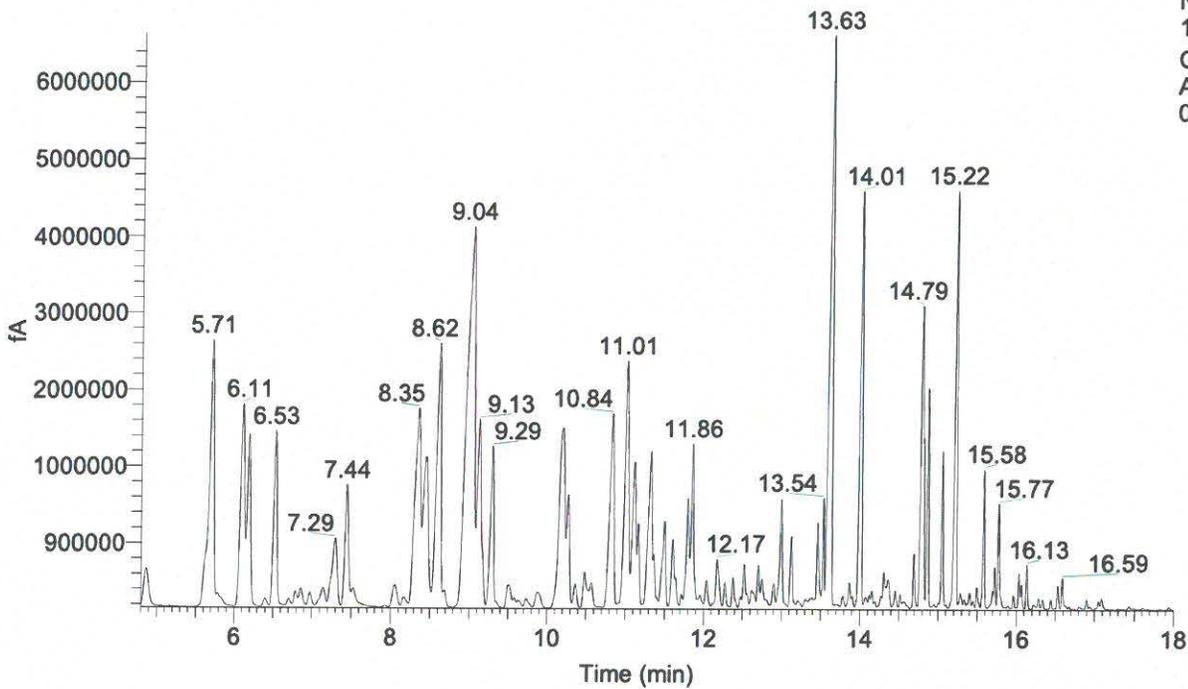
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 03:32:16 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	17
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0637
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	108581.90	mg/L	25.71
HFL	13.63	Yes	131227548.21	mg/Kg	148.19

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



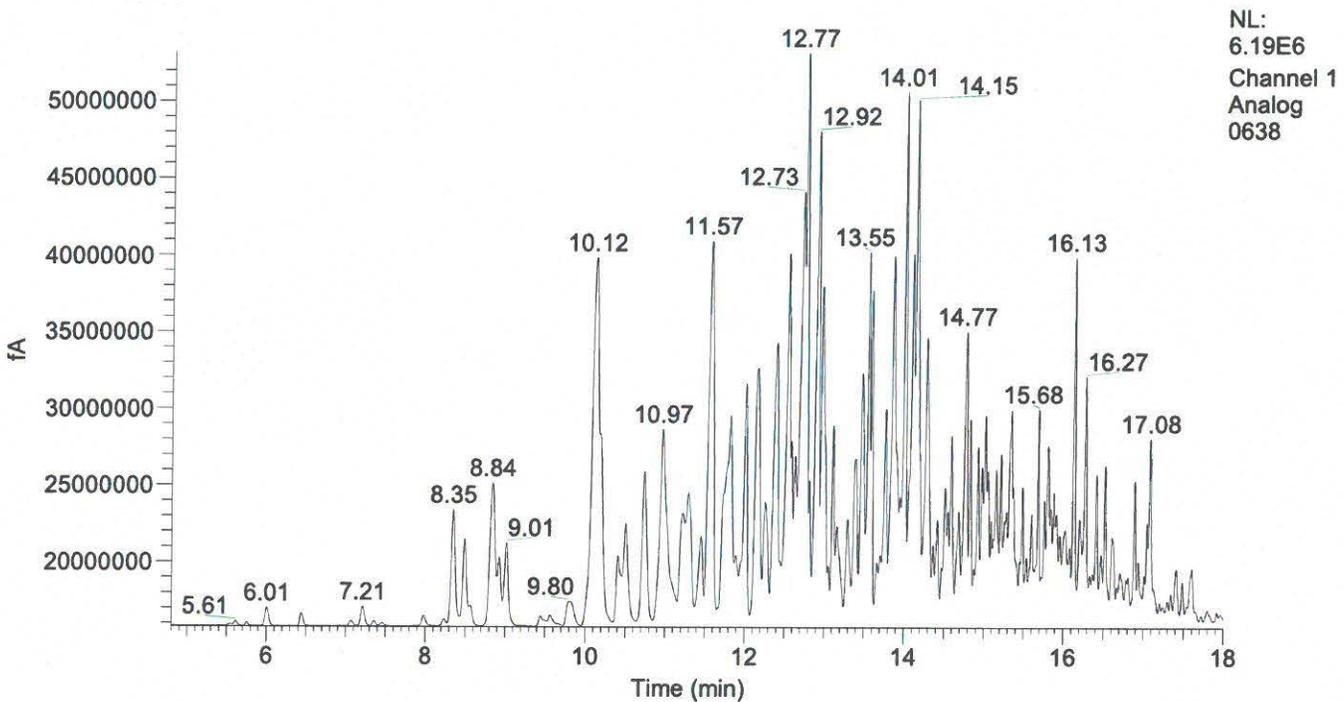
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 04:00:19 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	18
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0638
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.61	Yes	107048.02	mg/L	25.34
HFL	12.77	Yes	5243549618.92	mg/Kg	5921.33

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



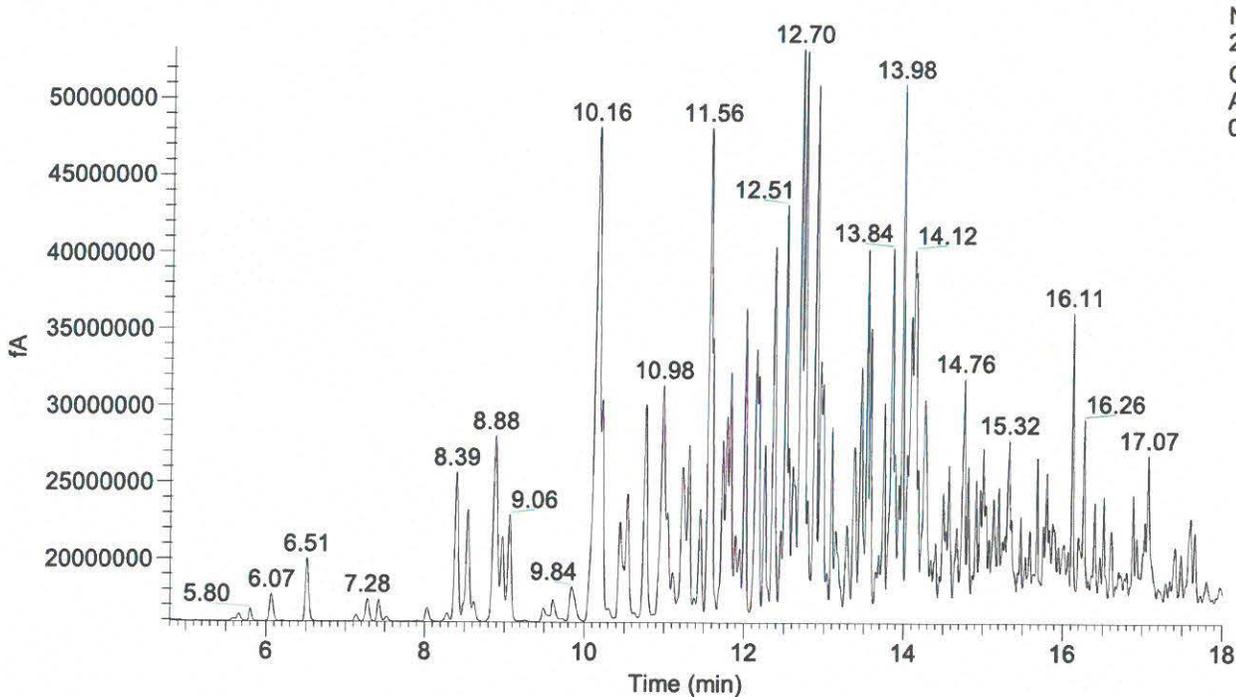
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de análisis:	04/03/22 04:28:22 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	19
		Volumen de Inyección(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0639
Ubicación del análisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	106096.06	mg/L	25.12
HFL	12.70	Yes	4245674762.50	mg/Kg	4794.47

RT: 4.80 - 18.00



NL:
2.34E6
Channel 1
Analog
0639

RESULTADOS DE HFL POR FID



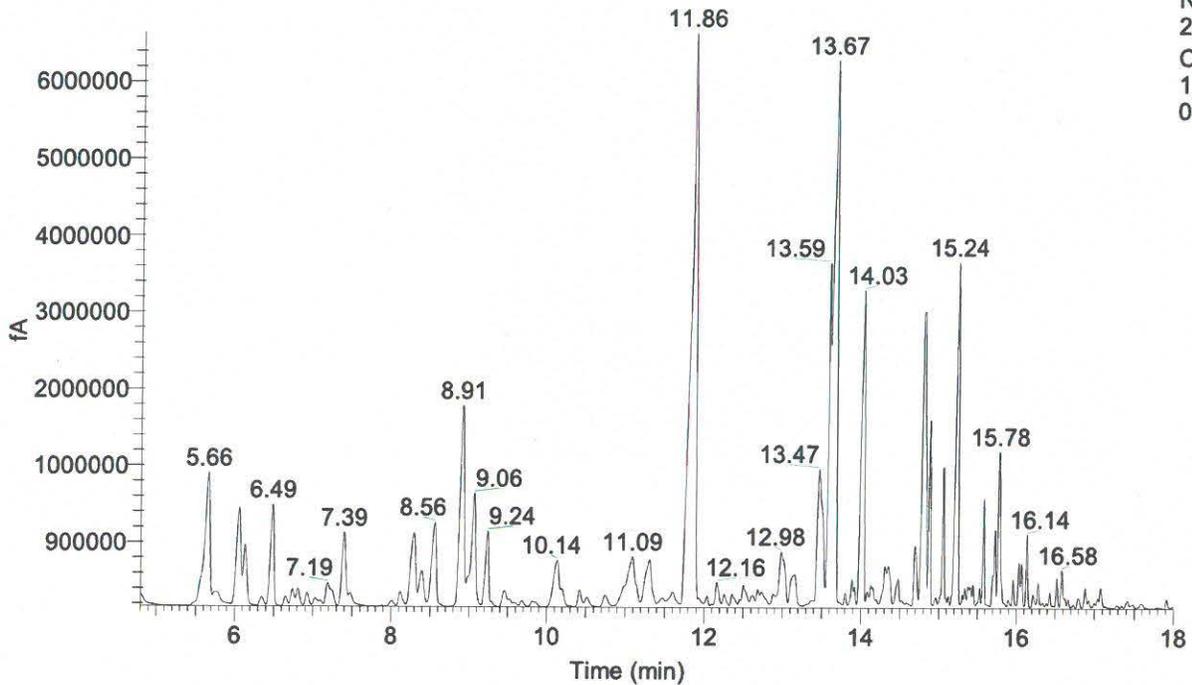
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 04:56:25 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.13	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	20
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0640
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	106179.57	mg/L	25.14
HFL	11.86	Yes	134326923.46	mg/Kg	151.69

RT: 4.80 - 18.00



NL:
2.80E7
Channel
1 Analog
0640

RESULTADOS DE HFL POR FID



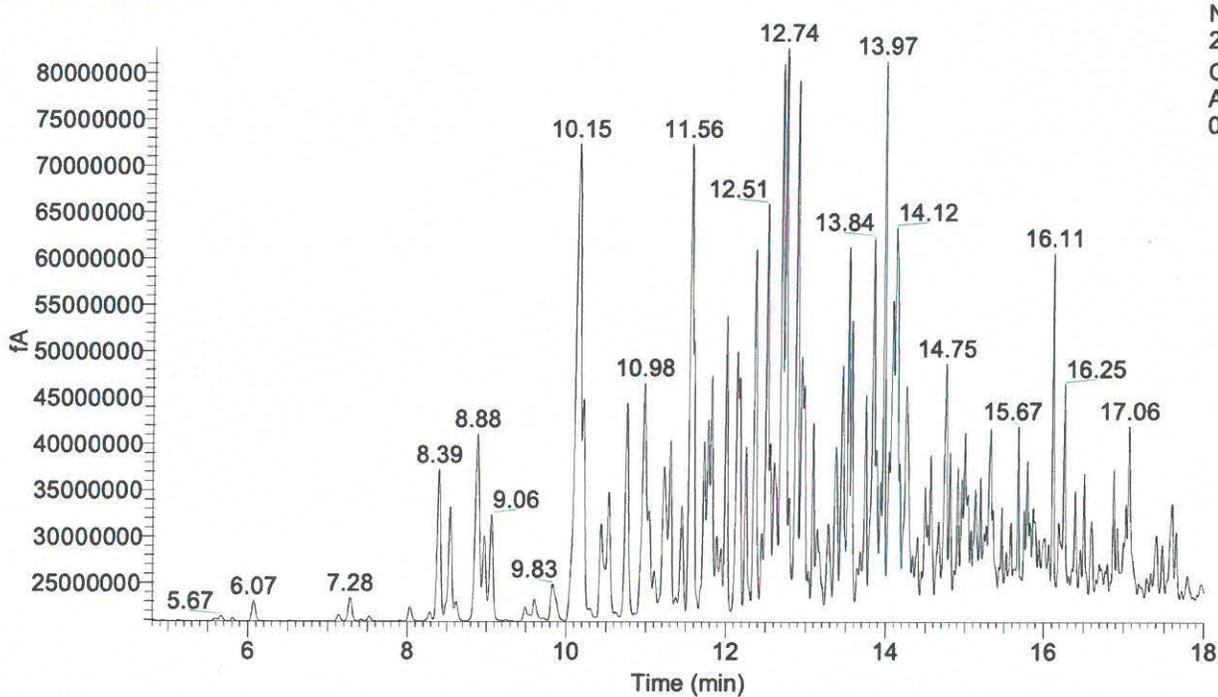
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 05:24:28 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.12	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	21
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0641
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.61	Yes	110549.75	mg/L	26.17
HFL	12.74	Yes	7604963624.10	mg/Kg	8587.98

RT: 4.80 - 18.00



NL:
2.63E6
Channel 1
Analog
0641

RESULTADOS DE HFL POR FID



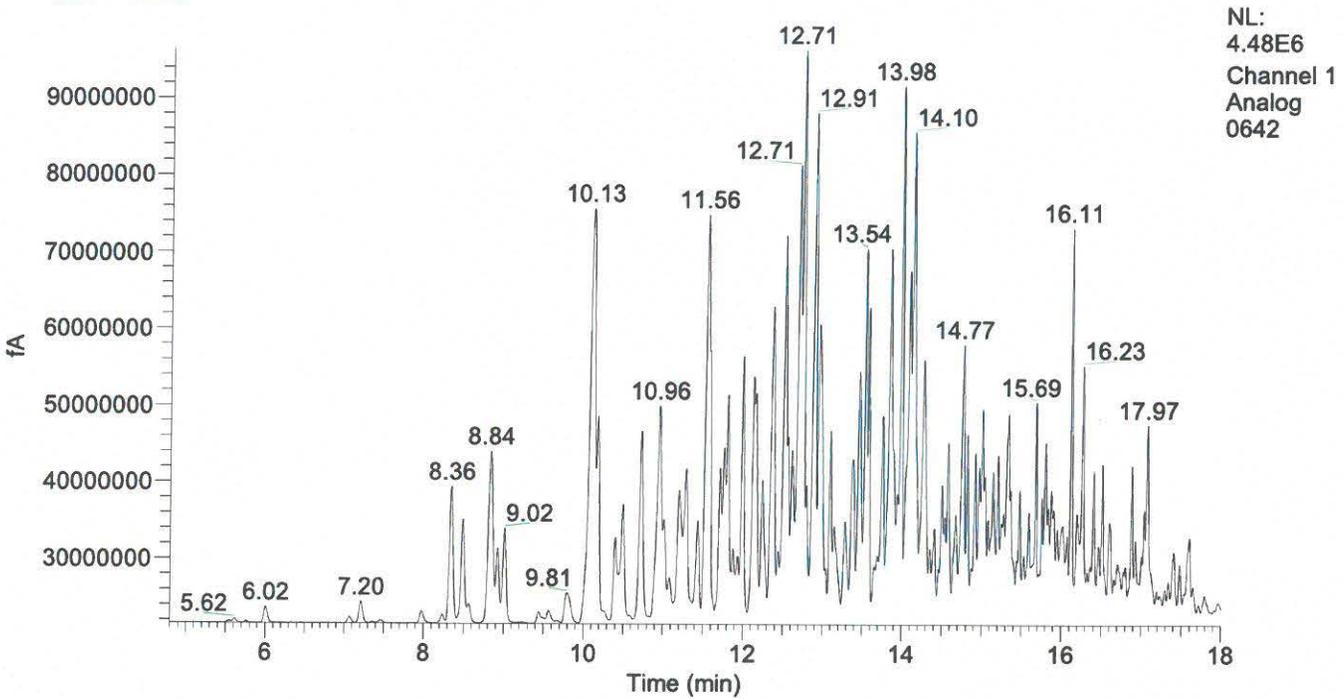
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de análisis:	04/03/22 05:52:31 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.13	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	22
		Volumen de Inyección(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0642
Ubicación del análisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.60	Yes	102126.23	mg/L	24.18
HFL	12.71	Yes	9396588482.79	mg/Kg	10611.19

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



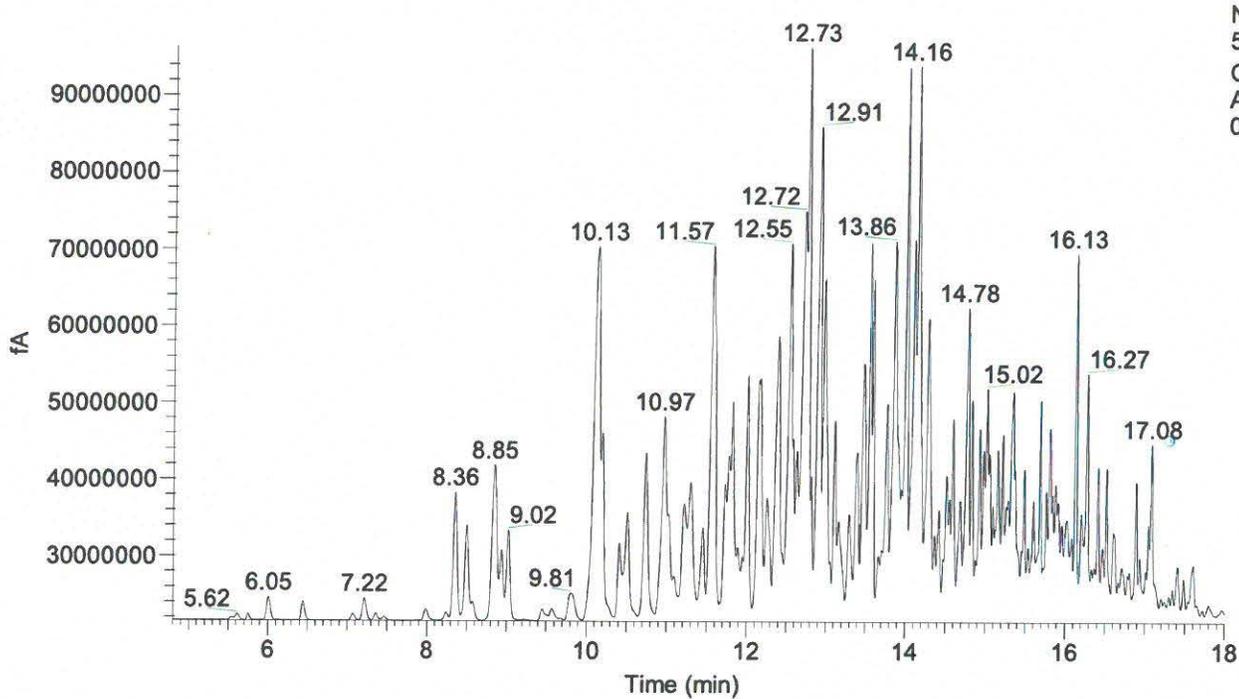
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 06:20:34 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	23
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0643
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.61	Yes	107187.64	mg/L	25.38
HFL	12.73	Yes	9077600781.76	mg/Kg	10250.97

RT: 4.80 - 18.00



NL:
5.93E6
Channel 1
Analog
0643

RESULTADOS DE HFL POR FID



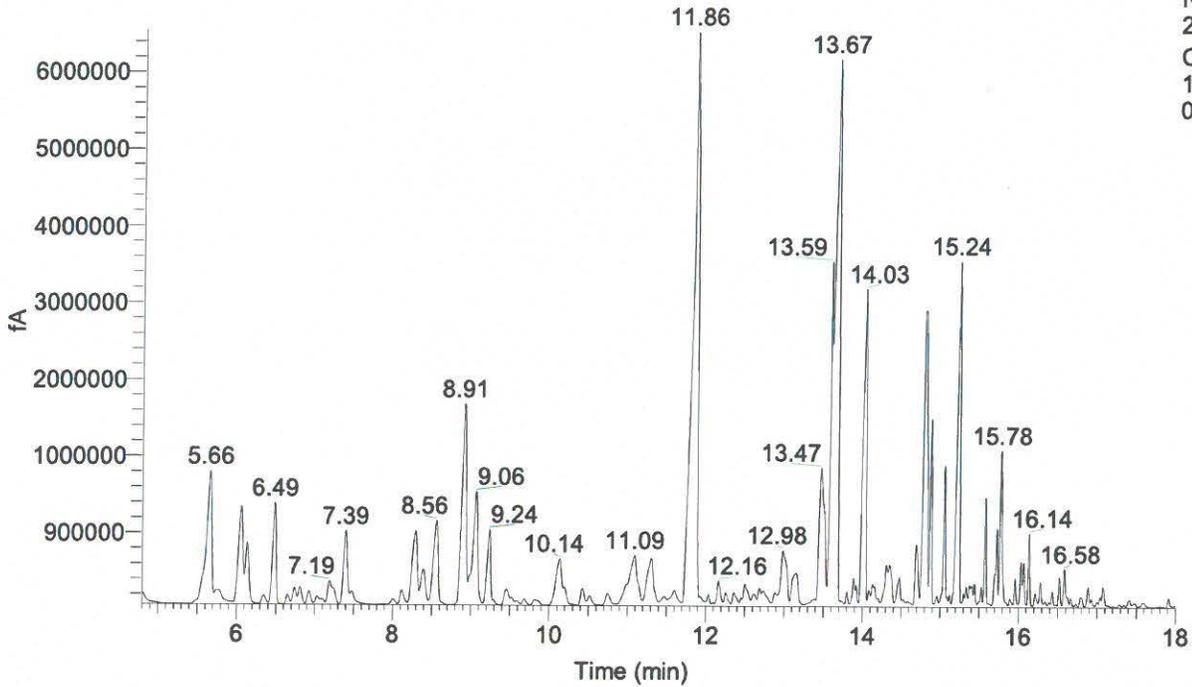
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 06:48:37 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	24
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0644
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	107039.86	mg/L	25.34
HFL	11.86	Yes	138878577.40	mg/Kg	156.83

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



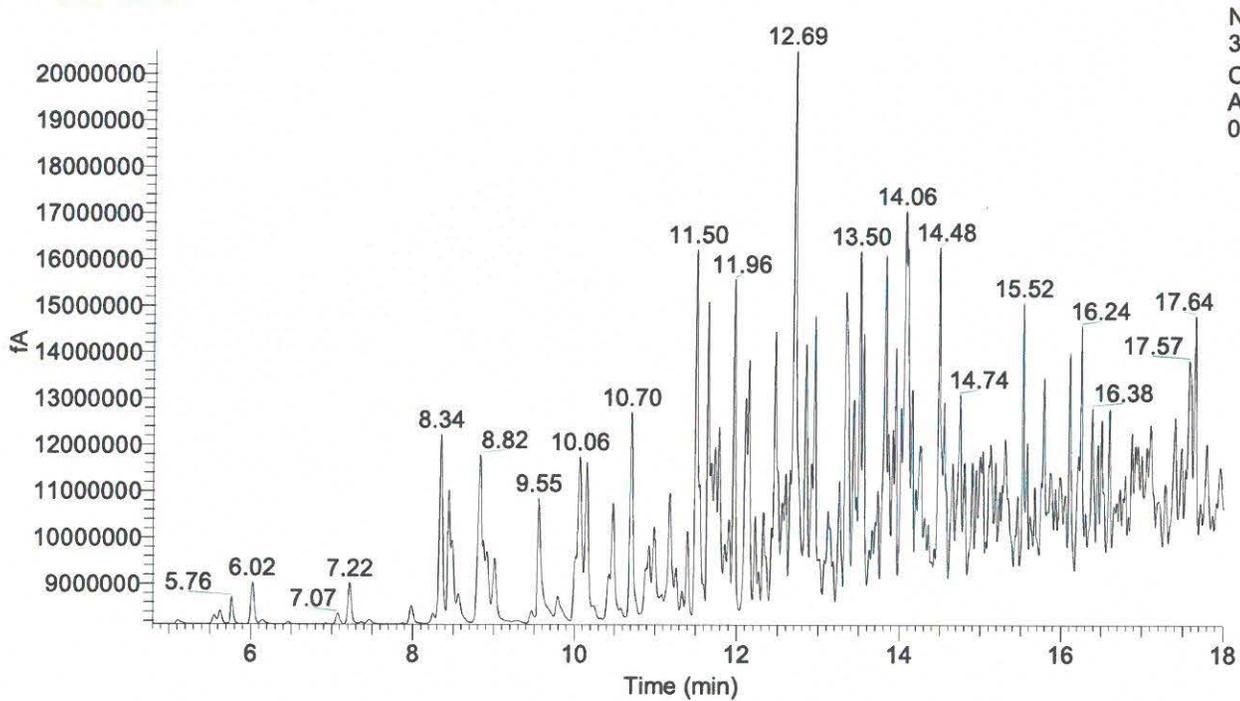
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 07:16:40 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	25
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0645
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	103871.69	mg/L	24.59
HFL	12.69	Yes	2242495404.41	mg/Kg	2532.36

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



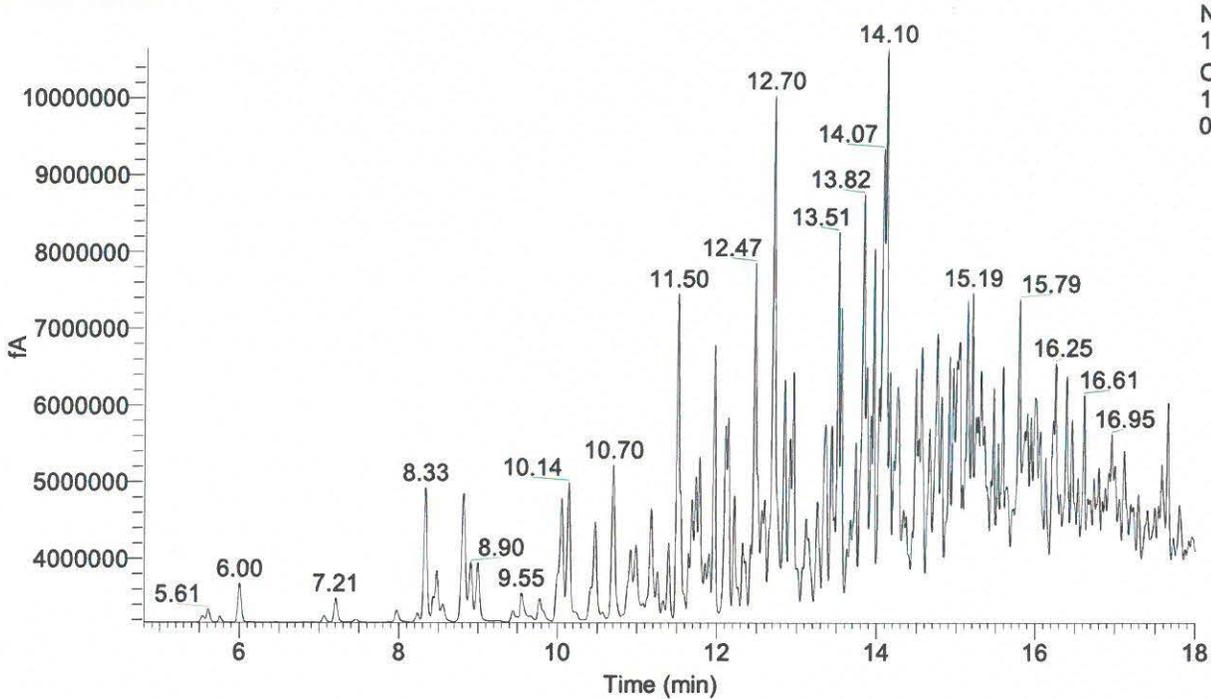
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 07:44:43 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.11	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	26
		Volumen de Inyección(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0646
Ubicación del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	105661.39	mg/L	25.02
HFL	14.10	Yes	1460204235.22	mg/Kg	1648.95

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



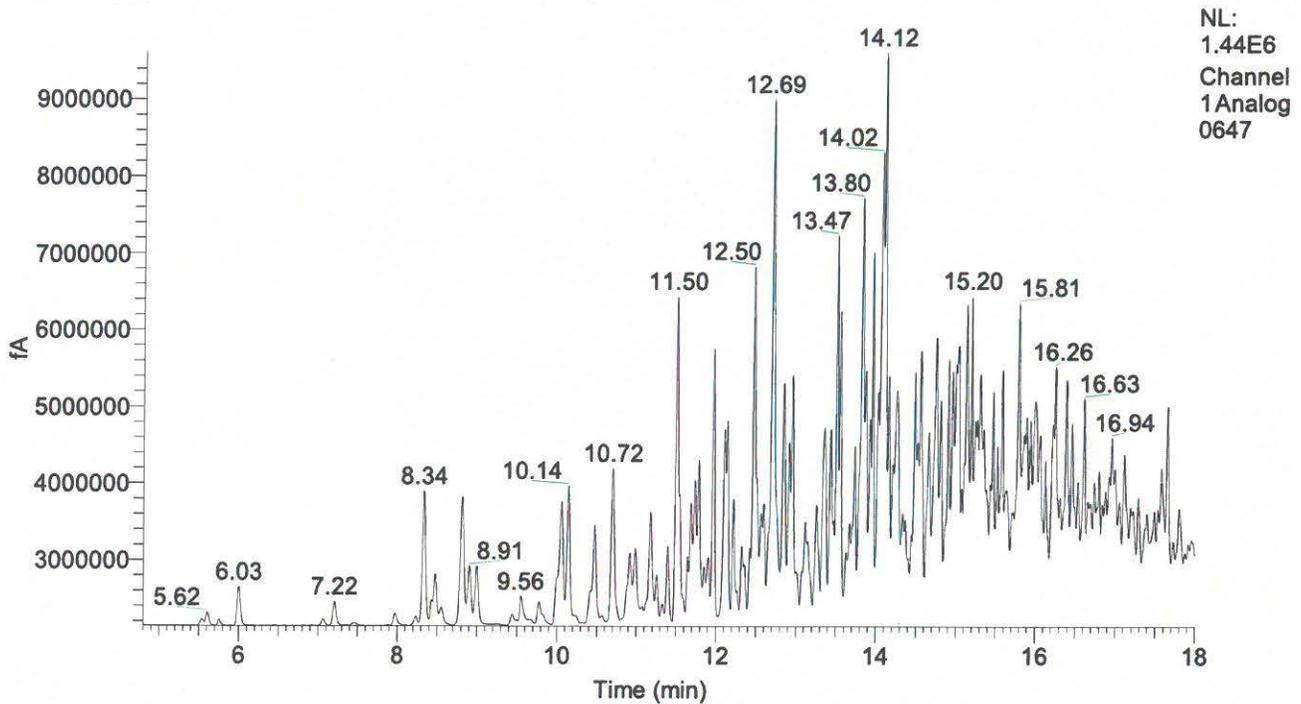
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 08:12:46 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.12	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	27
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0647
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	105559.75	mg/L	24.99
HFL	14.12	Yes	630368649.65	mg/Kg	711.85

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



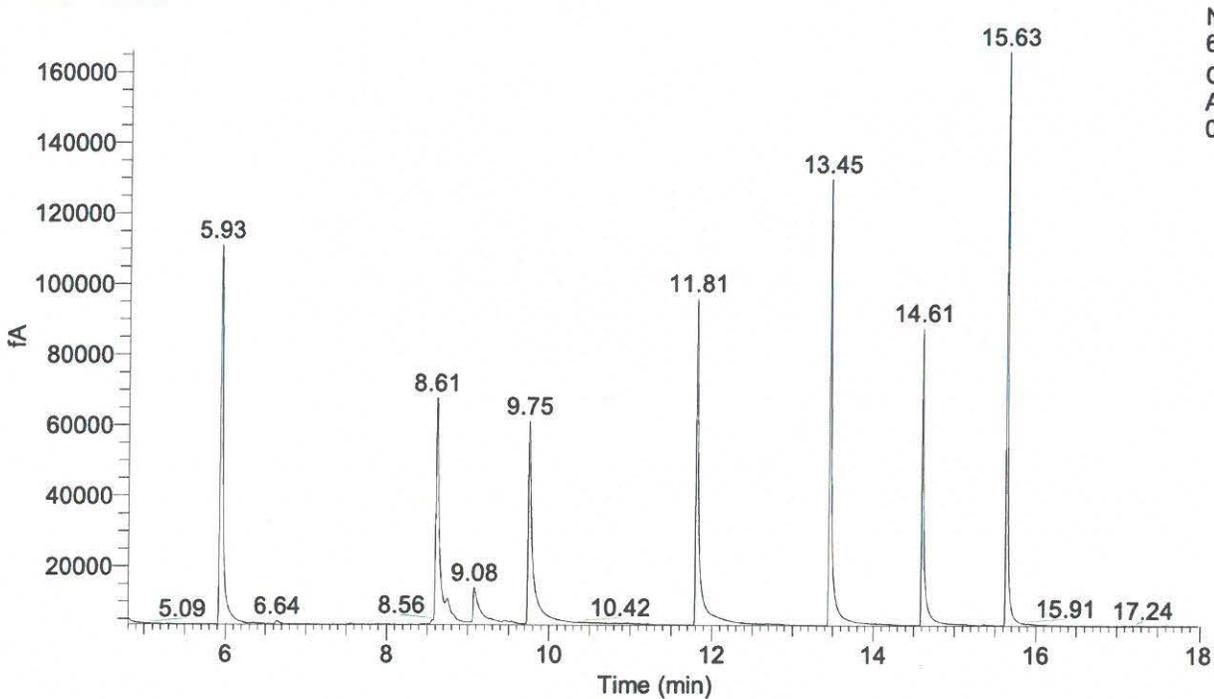
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 08:40:49 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	28
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0648
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.61	Yes	106499.92	mg/L	25.21
HFL	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



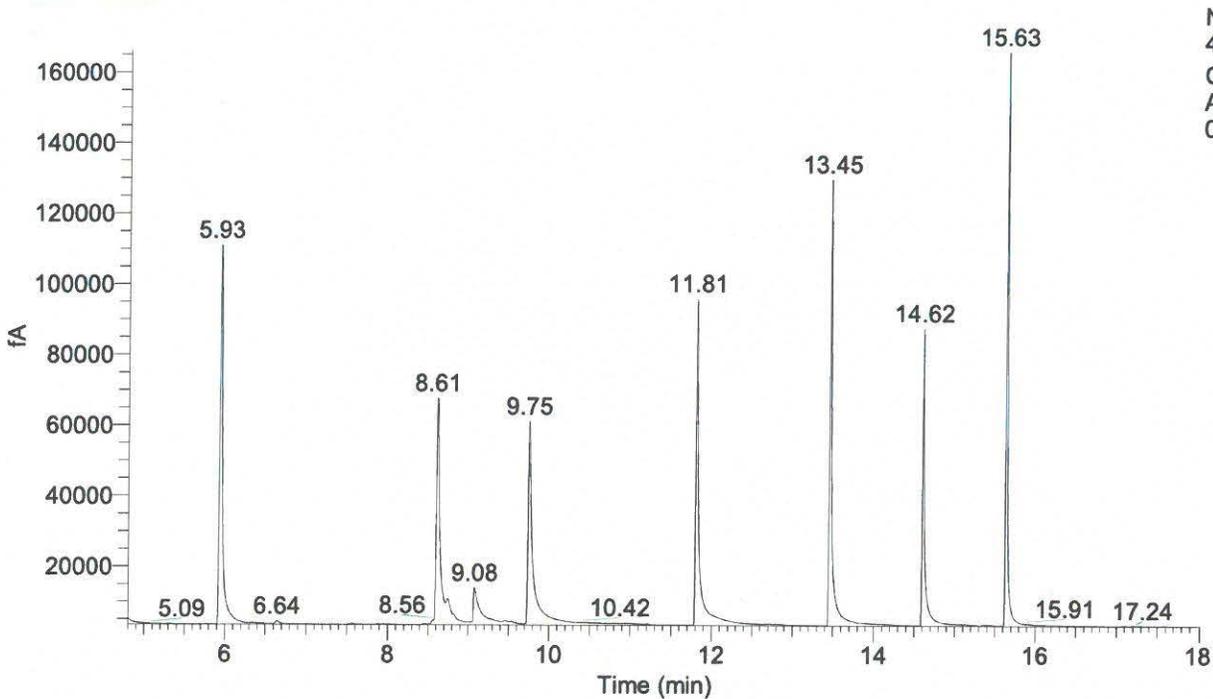
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 09:08:52 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	29
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0649
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	104072.38	mg/L	24.64
HFL	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE HFL POR FID



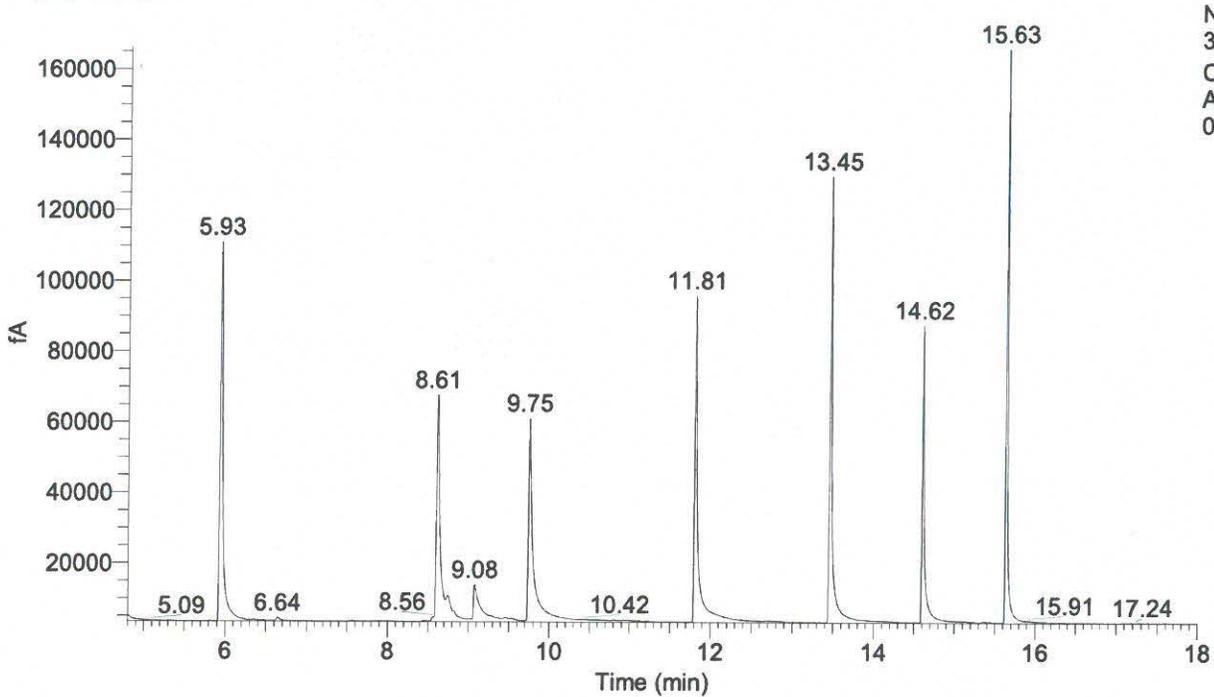
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 09:36:55 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.11	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	30
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0650
Ubicacion del analisis:	C:\XCALIBUR\DATA\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	Trace 1310
No de serie del equipo:	715109078
No. de inventario:	2014010133

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
BFB	14.62	Yes	103329.29	mg/L	24.46
HFL	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A

RT: 4.80 - 18.00



RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



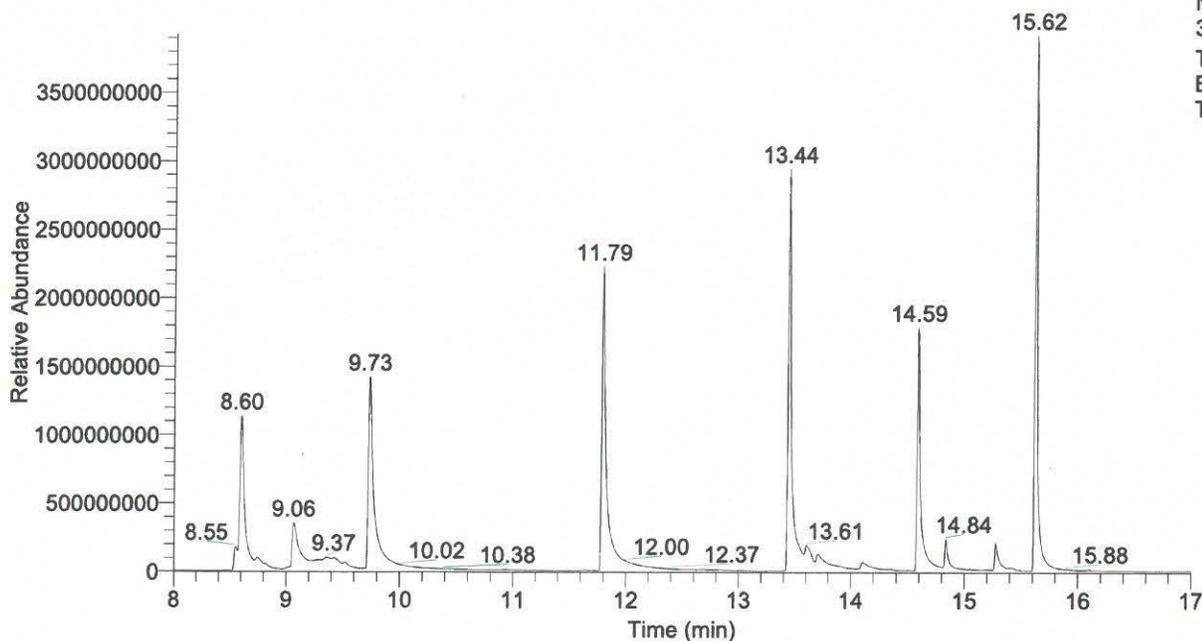
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 12:43:58 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.12	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	11
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	BCO_01_BTEX
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Etilbenceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
o-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Tolueno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Benceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
m,p-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1205189180.79	mg/L	N/A
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	1900599983.71	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	2944792445.23	mg/L	N/A
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2078290788.18	mg/L	N/A
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1211581896.07	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1738075067.92	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.00



NL:
3.92E9
TIC MS
BCO_01_B
TEX

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



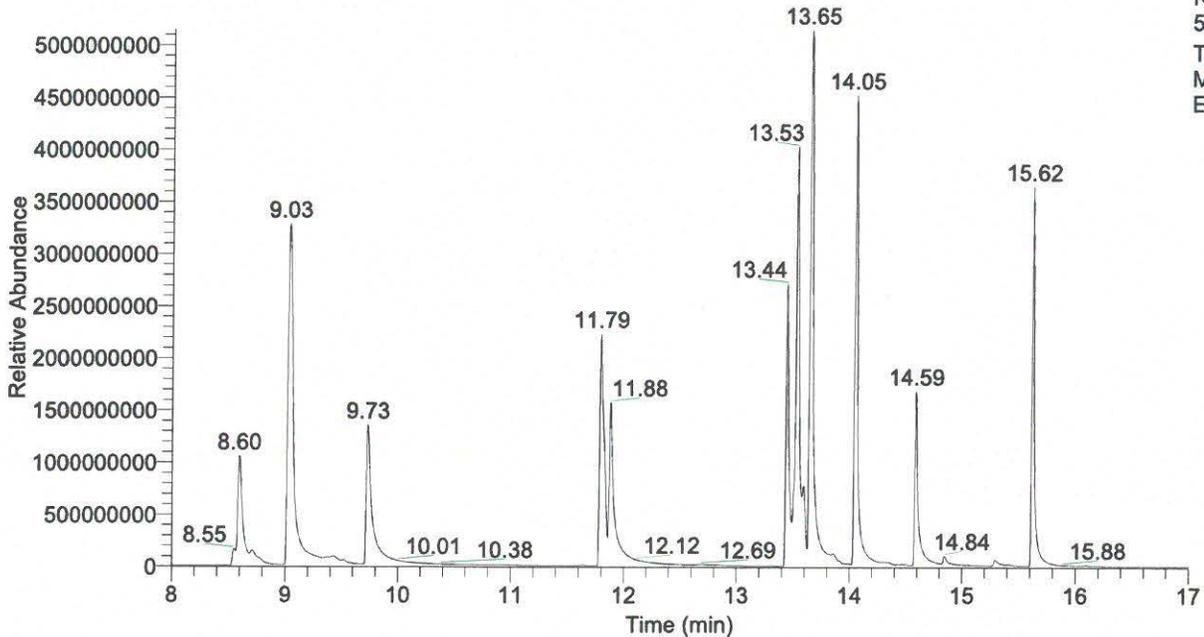
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 01:12:01 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	12
		Volumen de Inyeccion(µl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	MC_01_BTEX
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1222735513.19	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	14535222153.57	mg/Kg	0.91
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2070309753.43	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3098025764.14	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	5673858711.13	mg/Kg	0.30
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2161487694.07	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	11021373102.59	mg/Kg	0.59
m,p-Xileno	13.65	Yes	13662913776.95	mg/Kg	0.89
o-Xileno	14.05	Yes	9727087035.56	mg/Kg	0.62
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1193501463.59	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1910254735.12	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.00



NL:
5.15E9
TIC MS
MC_01_BT
EX

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



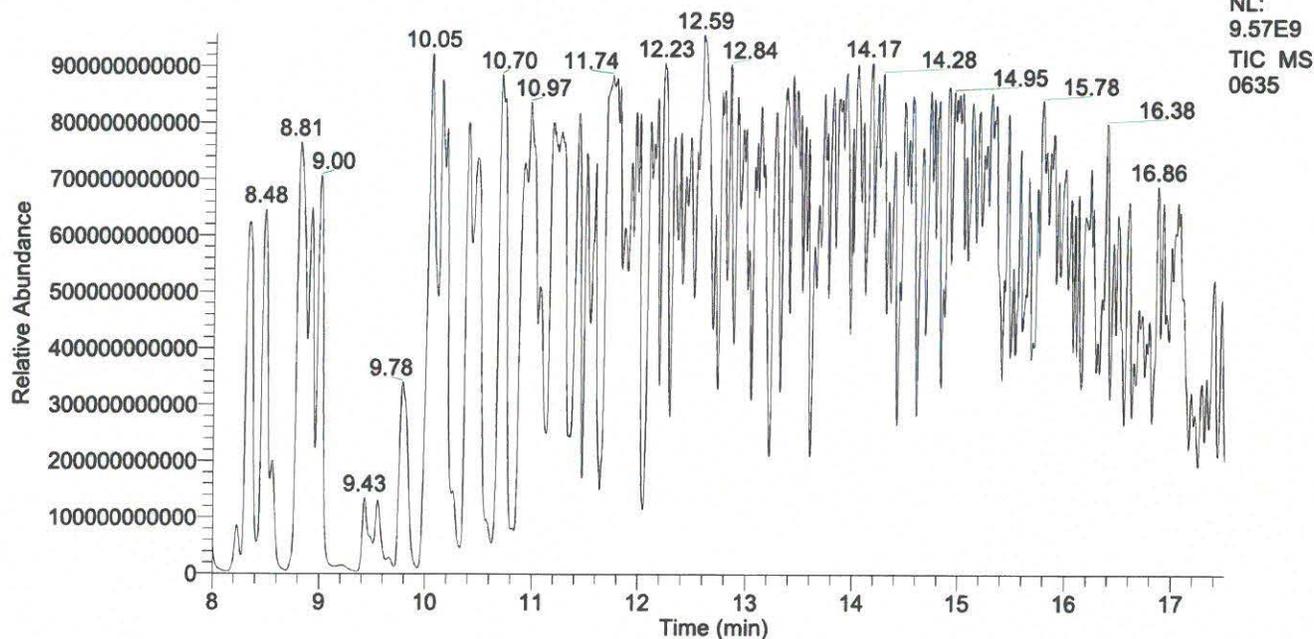
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de análisis:	04/03/22 02:36:10 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	15
		Volumen de Inyección(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0635
Ubicación del análisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Método Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Método Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retención (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentración Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1322735513.21	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	441487406950.19	mg/Kg	27.64
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2120305893.25	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3159815764.15	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	931080214496.43	mg/Kg	49.23
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2256487694.48	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	443096559310.91	mg/Kg	23.72
m,p-Xileno	13.65	Yes	319159525194.15	mg/Kg	20.79
o-Xileno	14.05	Yes	455917982666.73	mg/Kg	29.06
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1285901463.25	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	2025654735.06	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



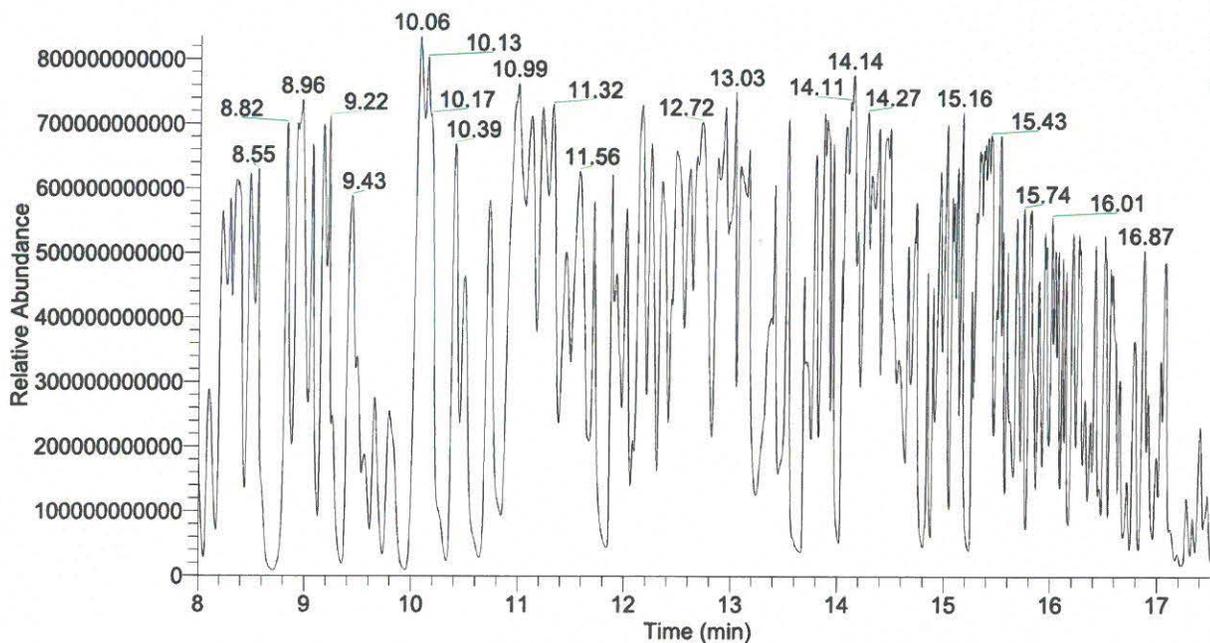
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de análisis:	04/03/22 03:04:13 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	16
		Volumen de Inyección(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0636
Ubicación del análisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Método Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Método Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1265835513.06	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	519434532345.29	mg/Kg	32.52
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2152819753.45	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3089241764.85	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	983279714638.83	mg/Kg	51.99
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2189544153.16	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	530146726527.97	mg/Kg	28.38
m,p-Xileno	13.65	Yes	400983491970.71	mg/Kg	26.12
o-Xileno	14.05	Yes	425795390556.61	mg/Kg	27.14
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1855892463.69	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1896512515.01	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
8.35E9
TIC MS
0636

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



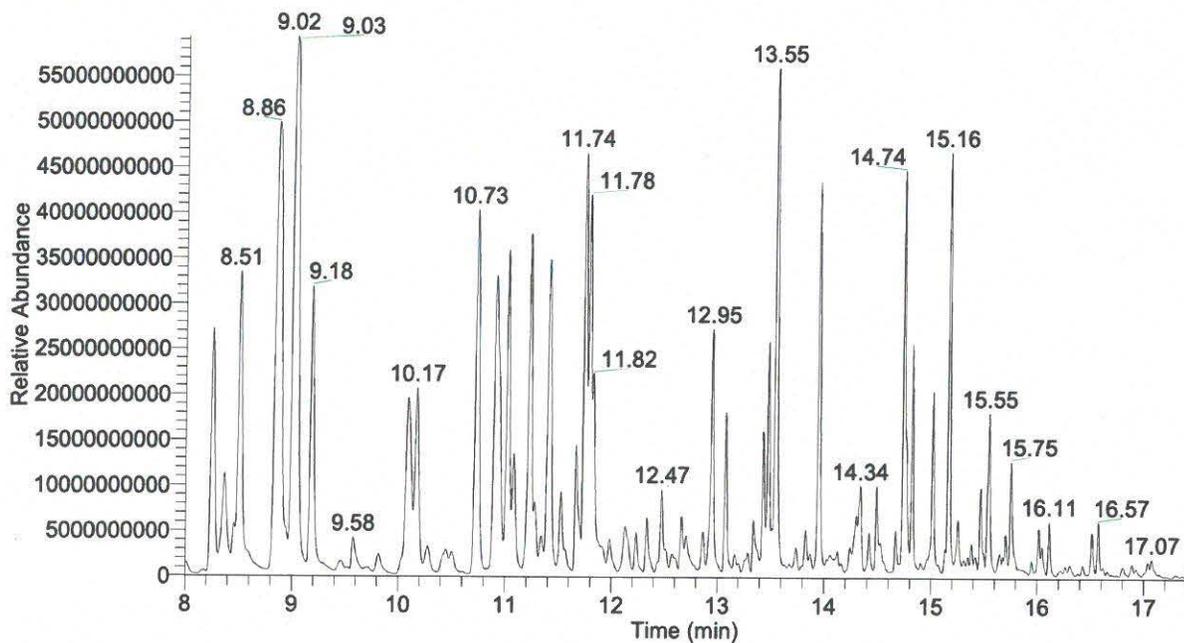
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 03:32:16 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	17
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0637
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1265159639.06	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	16292227029.12	mg/Kg	1.02
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2152684185.58	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3056465181.21	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	150546384468.65	mg/Kg	7.96
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2215851833.25	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	17559475790.57	mg/Kg	0.94
m,p-Xileno	13.65	Yes	15658620283.70	mg/Kg	1.02
o-Xileno	14.05	Yes	25886602594.64	mg/Kg	1.65
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1258259215.03	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1925548186.15	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
5.94E9
TIC MS
0637

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



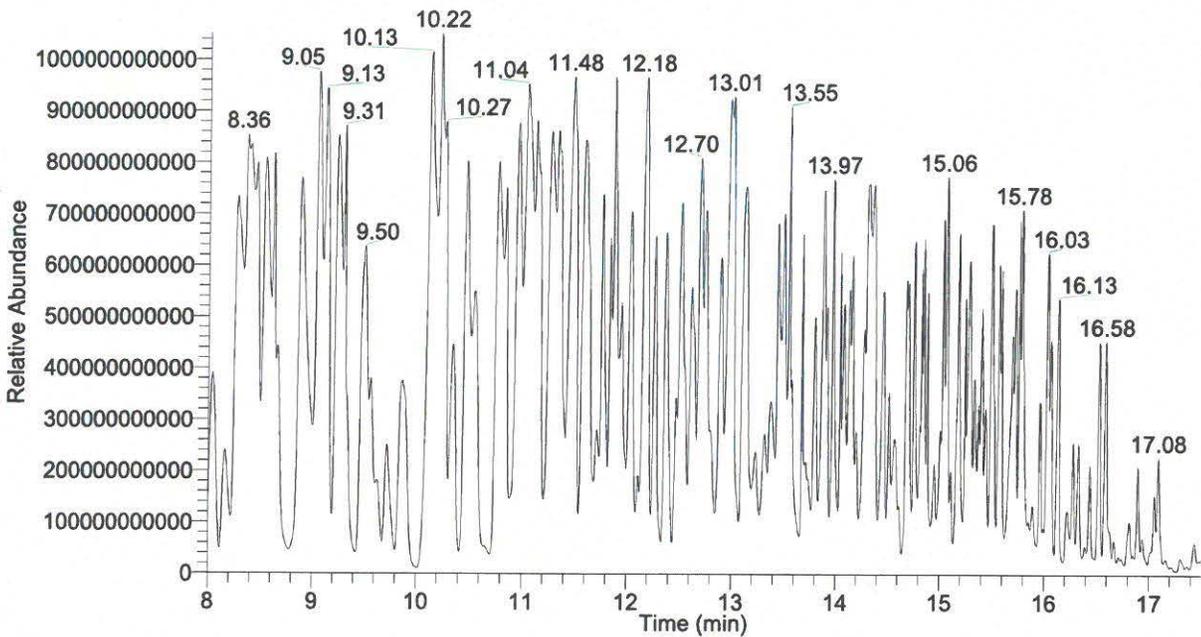
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 04:00:19 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	18
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0638
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1222654641.26	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	354595529460.69	mg/Kg	22.20
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2128816818.15	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3159877352.06	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	745545034642.48	mg/Kg	39.42
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2136981816.15	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	306543614599.16	mg/Kg	16.41
m,p-Xileno	13.65	Yes	517655564672.76	mg/Kg	33.72
o-Xileno	14.05	Yes	191090193698.58	mg/Kg	12.18
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1265985183.06	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1895483511.89	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
1.05E10
TIC MS
0638

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



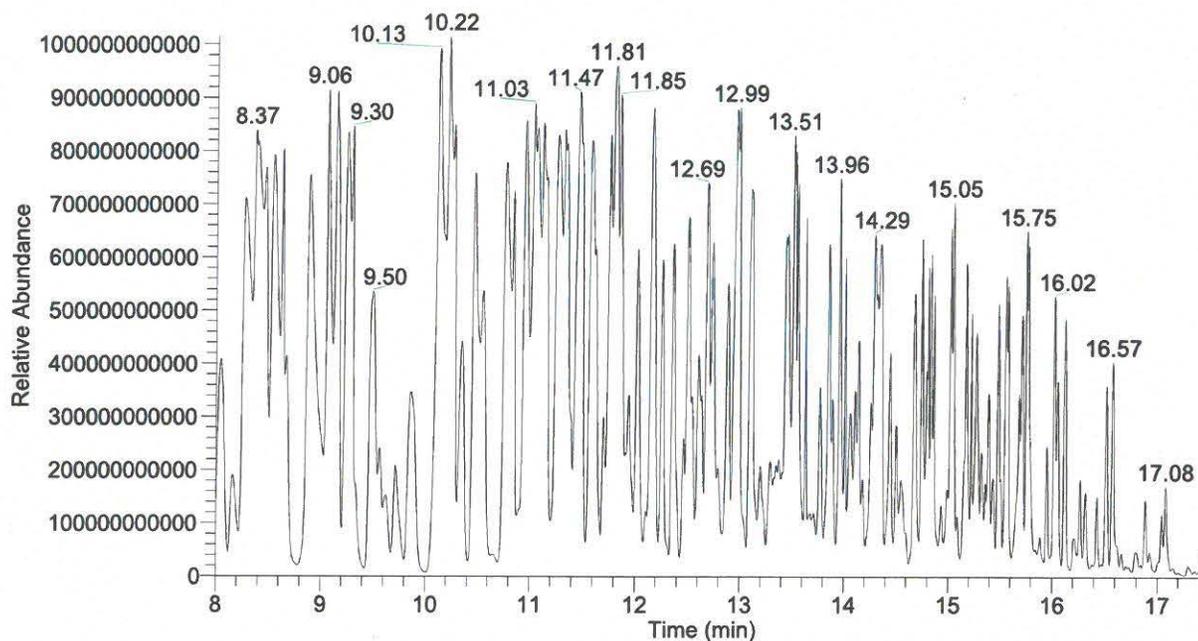
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 04:28:22 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	19
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0639
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1259845313.19	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	219625609463.25	mg/Kg	13.75
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2158435168.43	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3156513518.14	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	821196484124.22	mg/Kg	43.42
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2263548616.07	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	231635638088.33	mg/Kg	12.40
m,p-Xileno	13.65	Yes	386092451115.69	mg/Kg	25.15
o-Xileno	14.05	Yes	184657765175.07	mg/Kg	11.77
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1268465435.59	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1998413545.12	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
1.01E10
TIC MS
0639

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



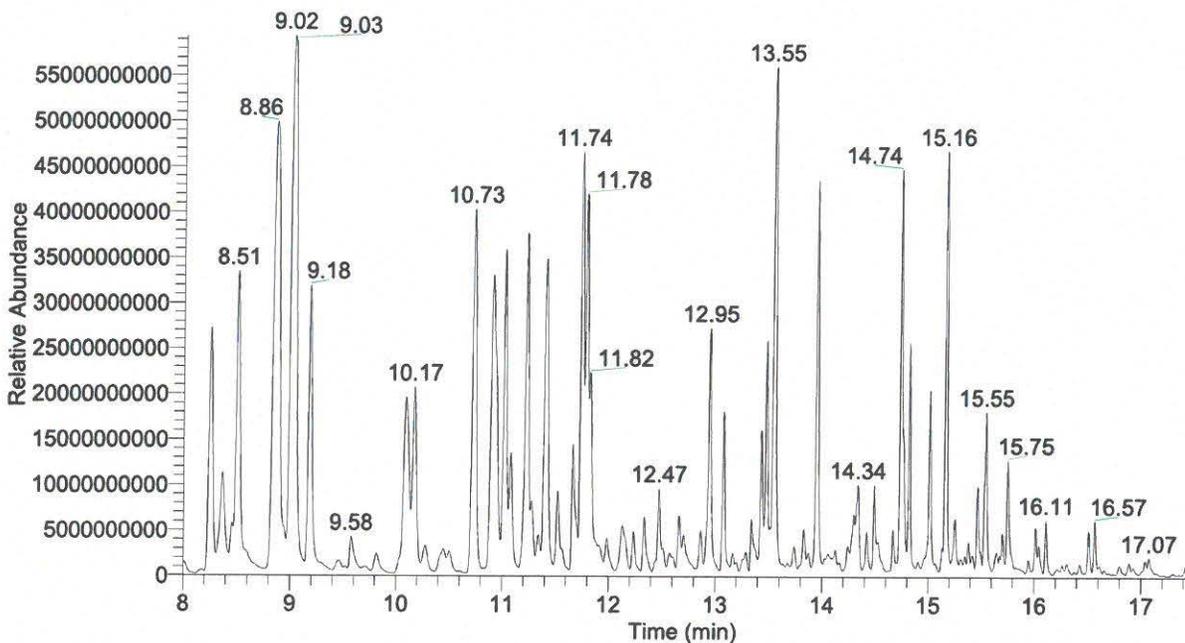
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de análisis:	04/03/22 04:56:25 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.13	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	20
		Volumen de Inyección(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0640
Ubicación del análisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Método Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Método Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retención (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentración Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1268468589.06	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	6708564070.36	mg/Kg	0.42
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2125984632.58	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3126594882.59	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	35177924009.01	mg/Kg	1.86
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2551816826.18	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	4670073348.56	mg/Kg	0.25
m,p-Xileno	13.65	Yes	9210953108.06	mg/Kg	0.60
o-Xileno	14.05	Yes	7844425028.68	mg/Kg	0.50
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1189555131.59	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1955163558.03	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
5.94E9
TIC MS
0640

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



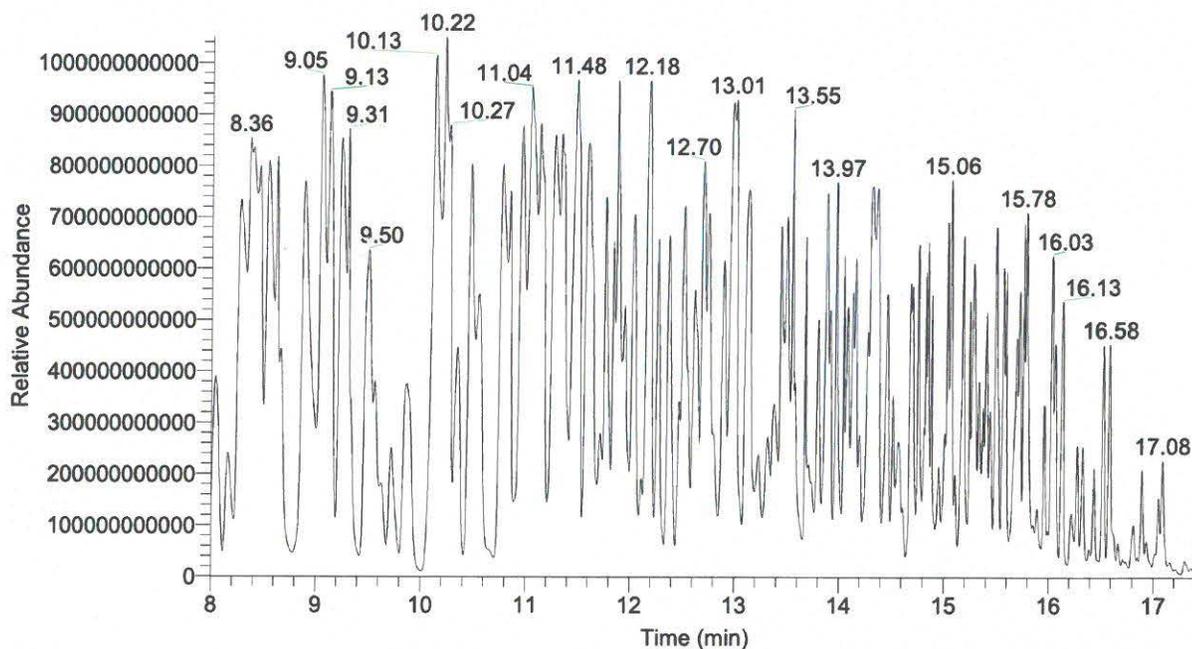
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 05:24:28 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.12	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	21
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0641
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1284165813.19	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	717656627868.02	mg/Kg	44.93
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2656881835.69	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3156813813.02	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	1120208838200.77	mg/Kg	59.23
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2266413813.18	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	663897627230.59	mg/Kg	35.54
m,p-Xileno	13.65	Yes	600554142645.26	mg/Kg	39.12
o-Xileno	14.05	Yes	388926592921.83	mg/Kg	24.79
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1268413853.58	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1896518351.15	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
1.05E10
TIC MS
0641

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



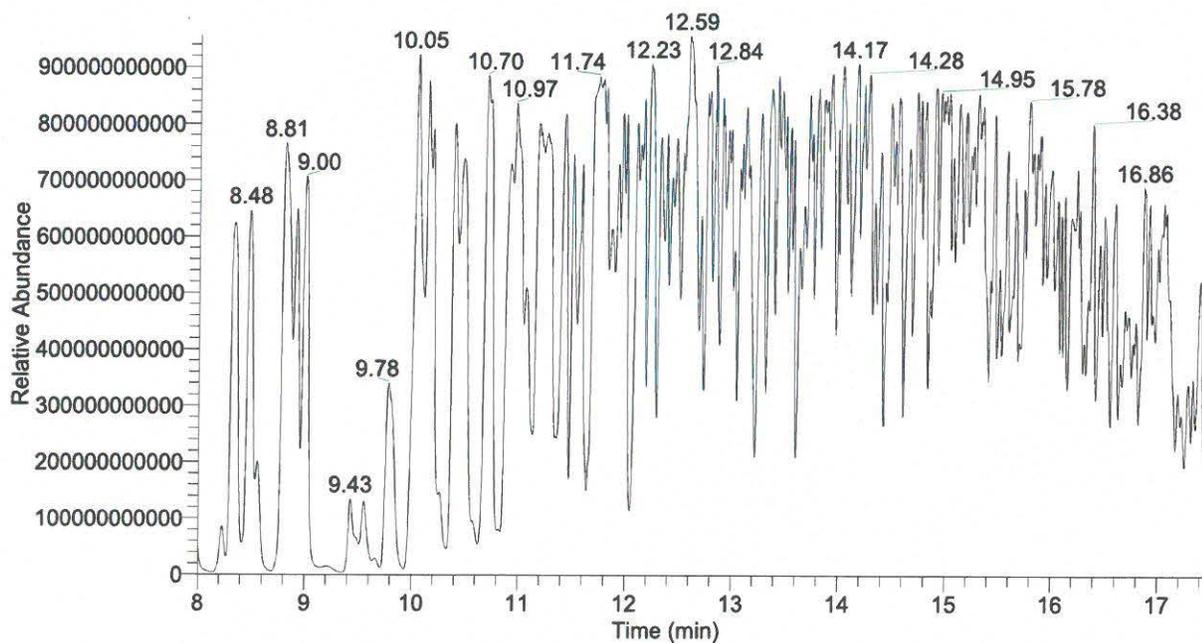
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 05:52:31 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.13	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	22
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0642
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1268413135.06	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	789054916908.09	mg/Kg	49.40
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2155651351.24	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3545168135.12	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	1184512570260.24	mg/Kg	62.63
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2198516813.48	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	811471945044.93	mg/Kg	43.44
m,p-Xileno	13.65	Yes	529322771942.96	mg/Kg	34.48
o-Xileno	14.05	Yes	519771602400.17	mg/Kg	33.13
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1223214861.89	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1986434135.03	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
9.57E9
TIC MS
0642

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



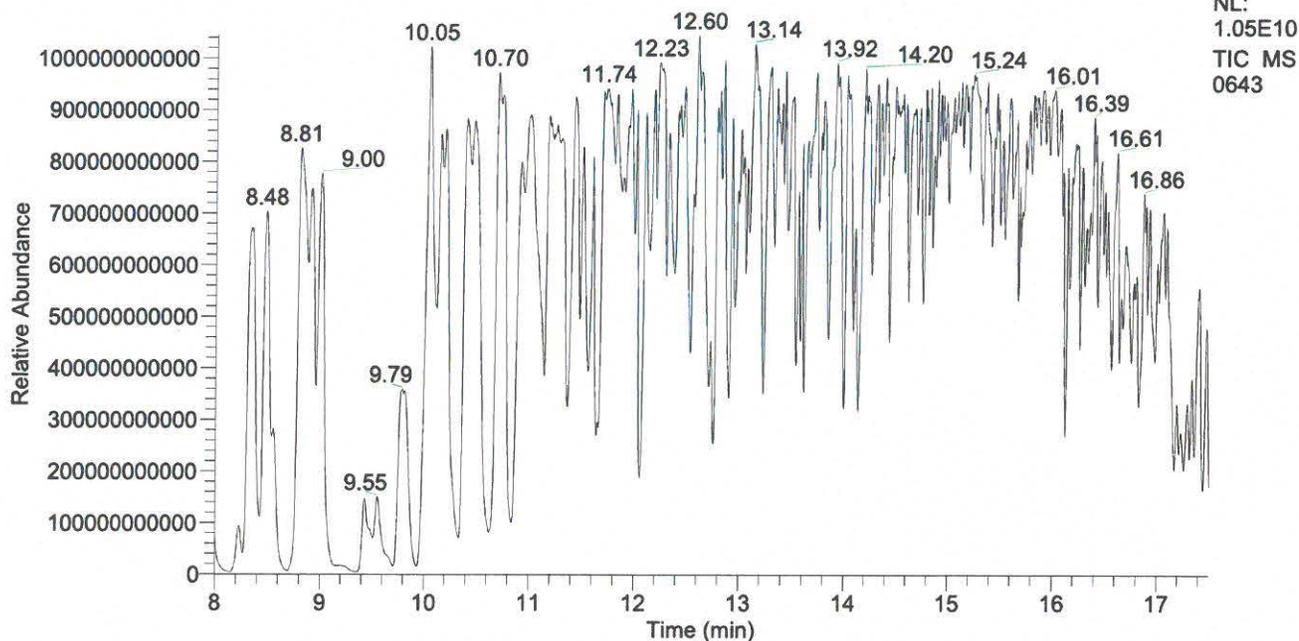
Analista: JGM/JMC Identificación de la muestra: OT_0148
 Fecha de analisis: 04/03/22 06:20:34 PM Tipo de muestra: Unknown
 Tiempo de corrida(min): 21.09 Estandar de Calibracion:
 Comentarios:
 Posicion del automuestreador: 23
 Volumen de Inyeccion(μl): 0.00
 Peso de muestra: 0.00
 Factor de Dilucion: 1.00

Nombre del archivo: 0643
 Ubicacion del analisis: C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
 Metodo Instrumental: C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
 Metodo Original de Procesamiento:
 Modelo del equipo: ISQ MASS SPECTROMETER
 No de serie del equipo: ISQ140834
 No. de inventario: 2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1222735513.19	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	745928433595.30	mg/Kg	46.70
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2070309753.43	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3098025764.14	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	114763488637.89	mg/Kg	60.68
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2161487694.07	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	756925488333.81	mg/Kg	40.52
m,p-Xileno	13.65	Yes	453946472342.04	mg/Kg	29.57
o-Xileno	14.05	Yes	495924550312.99	mg/Kg	31.61
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1193501463.59	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1910254735.12	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



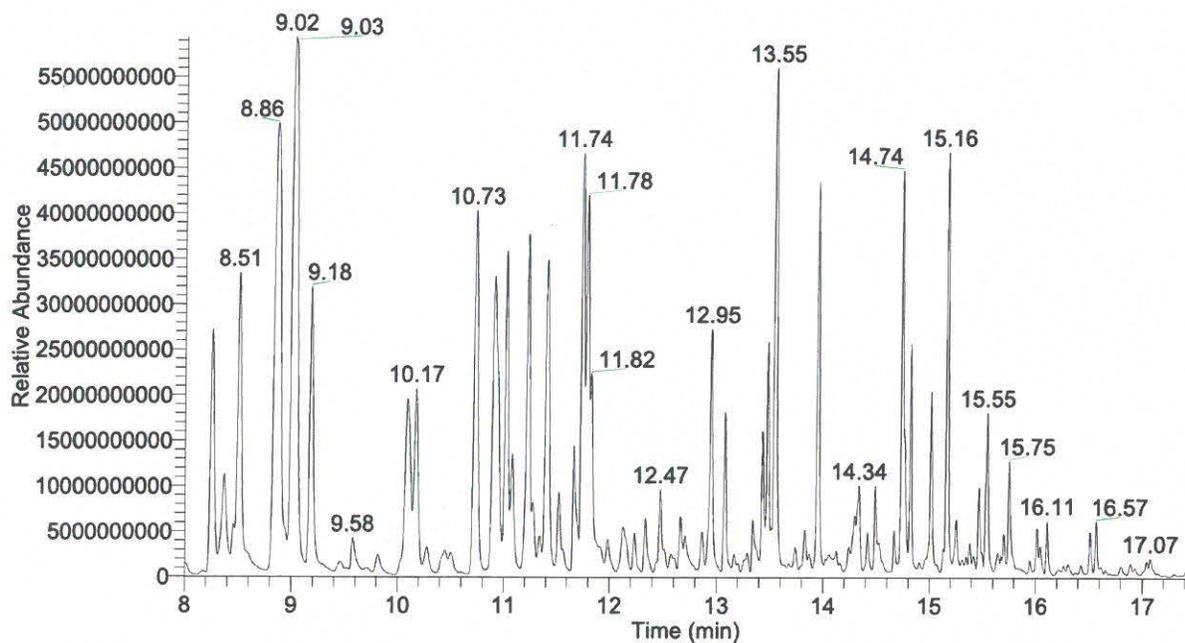
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 06:48:37 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.09	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	24
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0644
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1297648659.06	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	17090865609.14	mg/Kg	1.07
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2064975645.59	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3125468923.14	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	203880656363.27	mg/Kg	10.78
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2168138468.78	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	19614308063.93	mg/Kg	1.05
m,p-Xileno	13.65	Yes	27632859324.17	mg/Kg	1.80
o-Xileno	14.05	Yes	19611062571.69	mg/Kg	1.25
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1189212513.26	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1931818684.58	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
5.94E9
TIC MS
0644

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



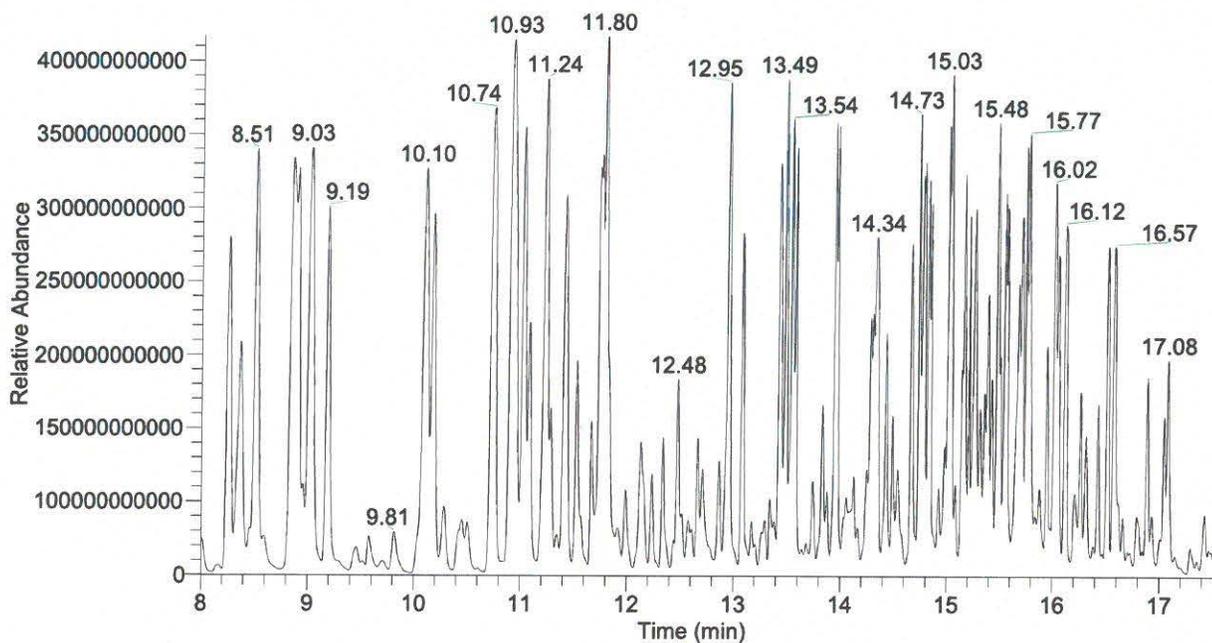
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 07:16:40 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	25
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0645
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1266563513.63	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	84336234033.90	mg/Kg	5.28
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2157489831.13	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3096952282.25	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	692021634134.16	mg/Kg	36.59
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2156541431.59	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	182506466461.53	mg/Kg	9.77
m,p-Xileno	13.65	Yes	279859458599.77	mg/Kg	18.23
o-Xileno	14.05	Yes	221840339811.00	mg/Kg	14.14
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1239458613.79	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1968124134.34	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
7.35E9
TIC MS
0645

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



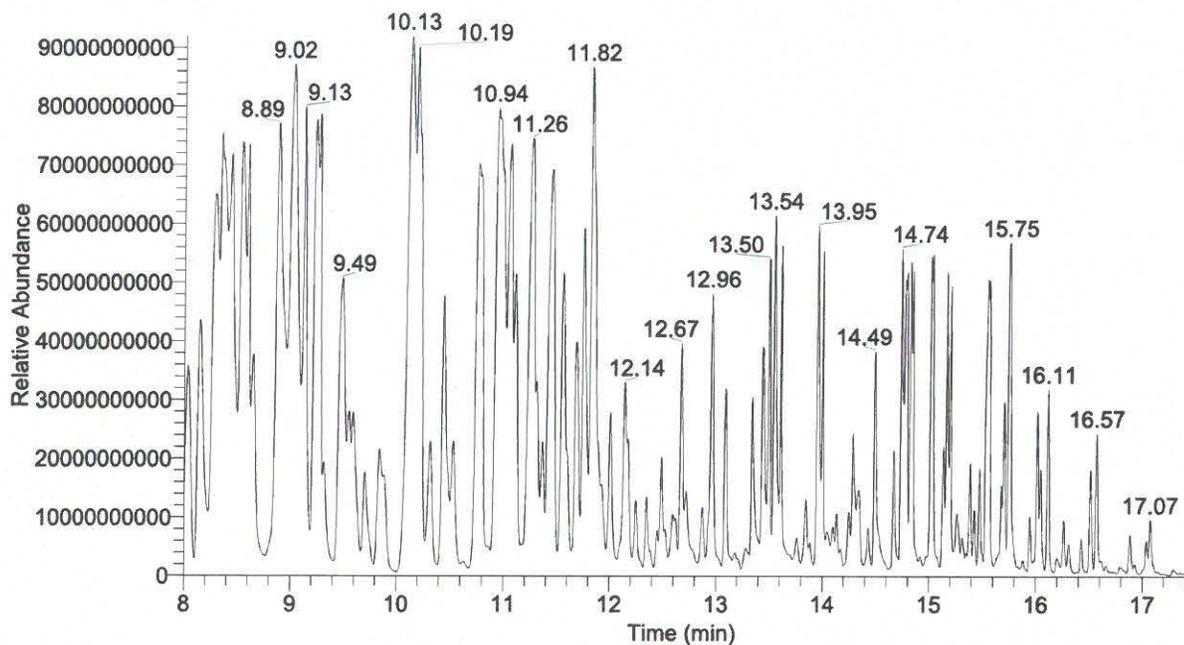
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 07:44:43 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.11	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	26
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0646
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1268413835.06	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	78586036258.86	mg/Kg	4.92
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2063951812.28	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3089651423.19	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	607481139338.32	mg/Kg	32.12
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2169811531.98	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	164386581869.14	mg/Kg	8.80
m,p-Xileno	13.65	Yes	227357025883.85	mg/Kg	14.81
o-Xileno	14.05	Yes	249138938910.80	mg/Kg	15.88
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1196915132.32	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1935138135.27	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
9.20E9
TIC MS
0646

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



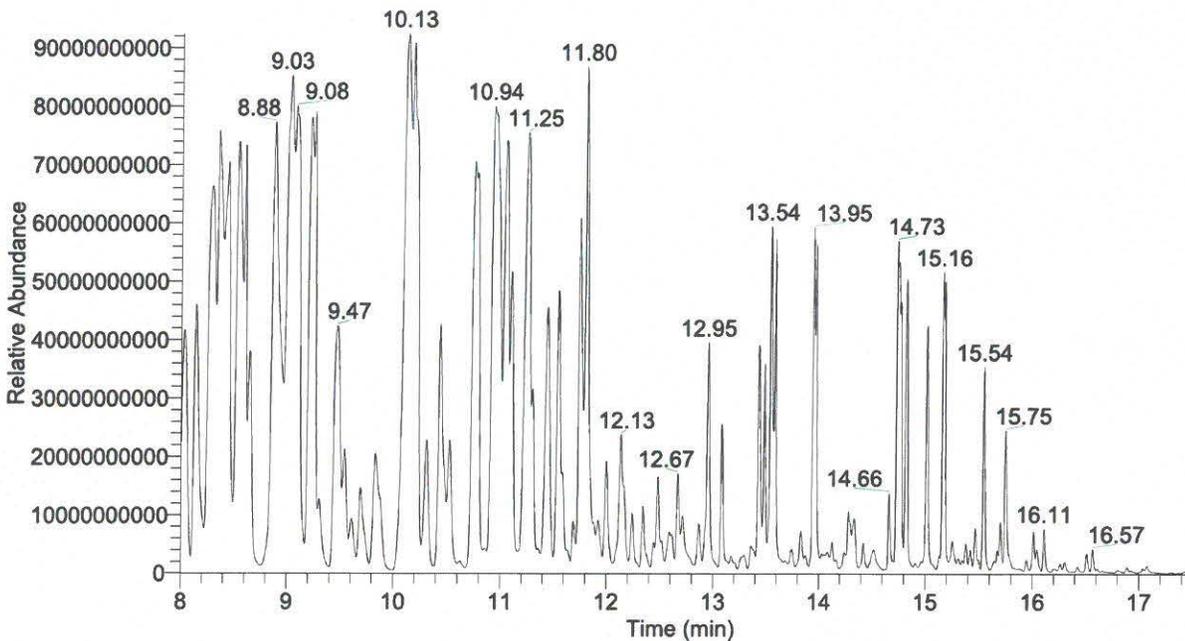
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 08:12:46 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.12	Estandar de Calibración:	
		Comentarios:	
		Posición del automuestreador:	27
		Volumen de Inyección(µl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilución:	1.00

Nombre del archivo:	0647
Ubicación del análisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Método Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Método Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retención (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentración Obtenida
Pentafluorobenceno	8.60	Yes	1226513513.08	mg/L	N/A
Benceno	9.03	Yes	70120467312.28	mg/Kg	4.39
1,4-Difluorobenceno	9.73	Yes	2089634303.97	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.79	Yes	3165162355.73	mg/L	N/A
Tolueno	11.88	Yes	573816244318.95	mg/Kg	30.34
Clorobenceno-d5	13.44	Yes	2165168113.04	mg/L	N/A
Etilbenceno	13.53	Yes	105730460611.29	mg/Kg	5.66
m,p-Xileno	13.65	Yes	81209903236.03	mg/Kg	5.29
o-Xileno	14.05	Yes	65893170240.89	mg/Kg	4.20
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1199435155.19	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1909941351.94	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.50



NL:
9.24E9
TIC MS
0647

RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



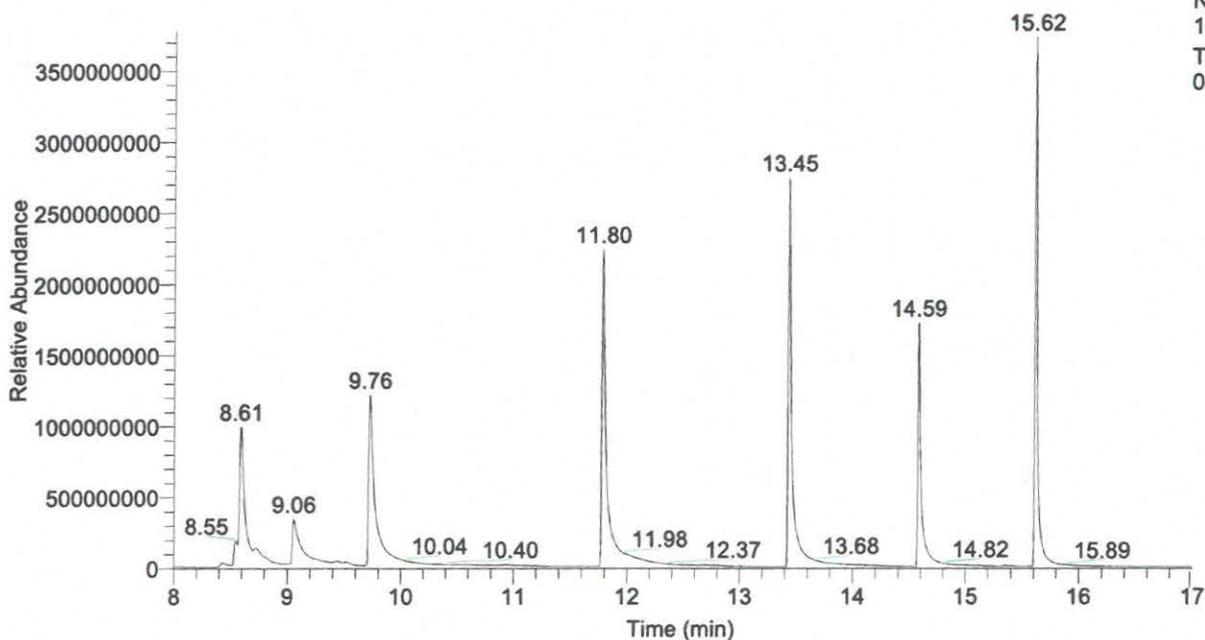
Analista: JGM/JMC Identificación de la muestra: OT_0148
 Fecha de analisis: 04/03/22 08:40:49 PM Tipo de muestra: Unknown
 Tiempo de corrida(min): 21.10 Estandar de Calibracion:
 Comentarios:
 Posicion del automuestreador: 28
 Volumen de Inyeccion(μl): 0.00
 Peso de muestra: 0.00
 Factor de Dilucion: 1.00

Nombre del archivo: 0648
 Ubicacion del analisis: C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
 Metodo Instrumental: C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
 Metodo Original de Procesamiento:
 Modelo del equipo: ISQ MASS SPECTROMETER
 No de serie del equipo: ISQ140834
 No. de inventario: 2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Etilbenceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
o-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Tolueno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Benceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
m,p-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Pentafluorobenceno	8.61	Yes	1255788697.70	mg/L	N/A
1,4-Difluorobenceno	9.76	Yes	2072194490.08	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.80	Yes	2826289777.48	mg/L	N/A
Clorobenceno-d5	13.45	Yes	2300053255.69	mg/L	N/A
4-Bromofluorobenceno	14.59	Yes	1151729492.84	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1791816714.08	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.00



RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



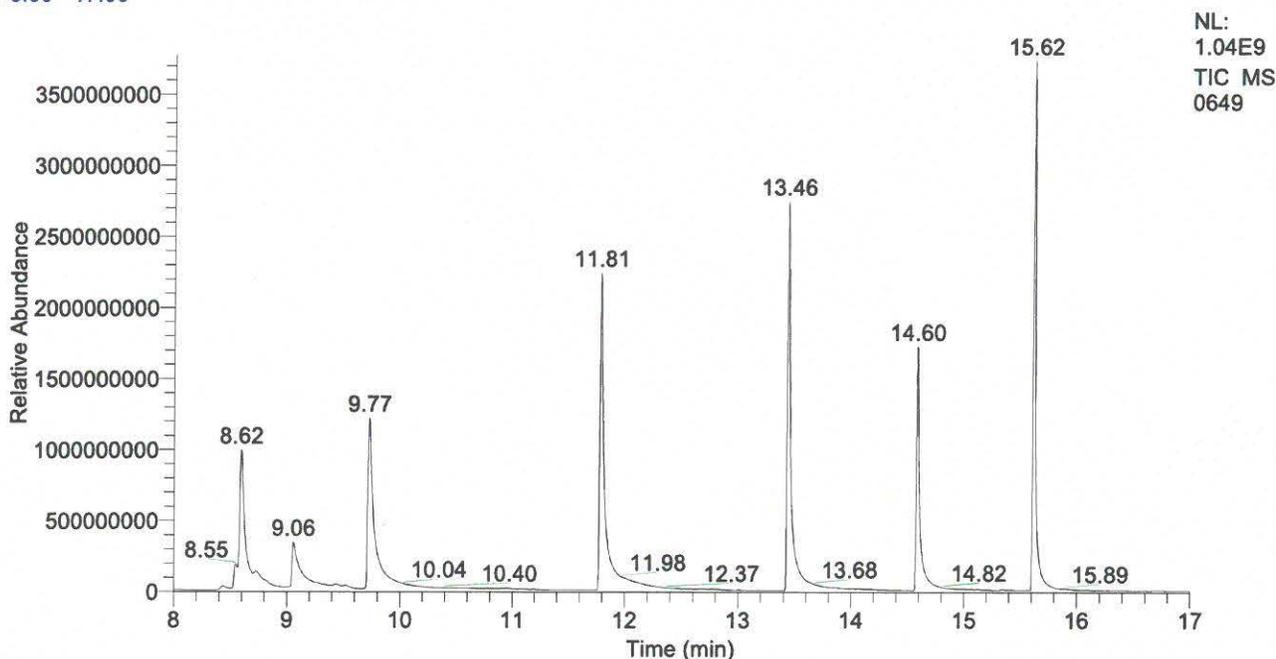
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 09:08:52 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.10	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	29
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0649
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Etilbenceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
o-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Tolueno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Benceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
m,p-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Pentafluorobenceno	8.62	Yes	1238662595.48	mg/L	N/A
1,4-Difluorobenceno	9.77	Yes	1925965115.61	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.81	Yes	2915209500.85	mg/L	N/A
Clorobenceno-d5	13.46	Yes	2106341181.46	mg/L	N/A
4-Bromofluorobenceno	14.60	Yes	1295732896.58	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1755485815.94	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.00



RESULTADOS DE BTEX POR CG-MS



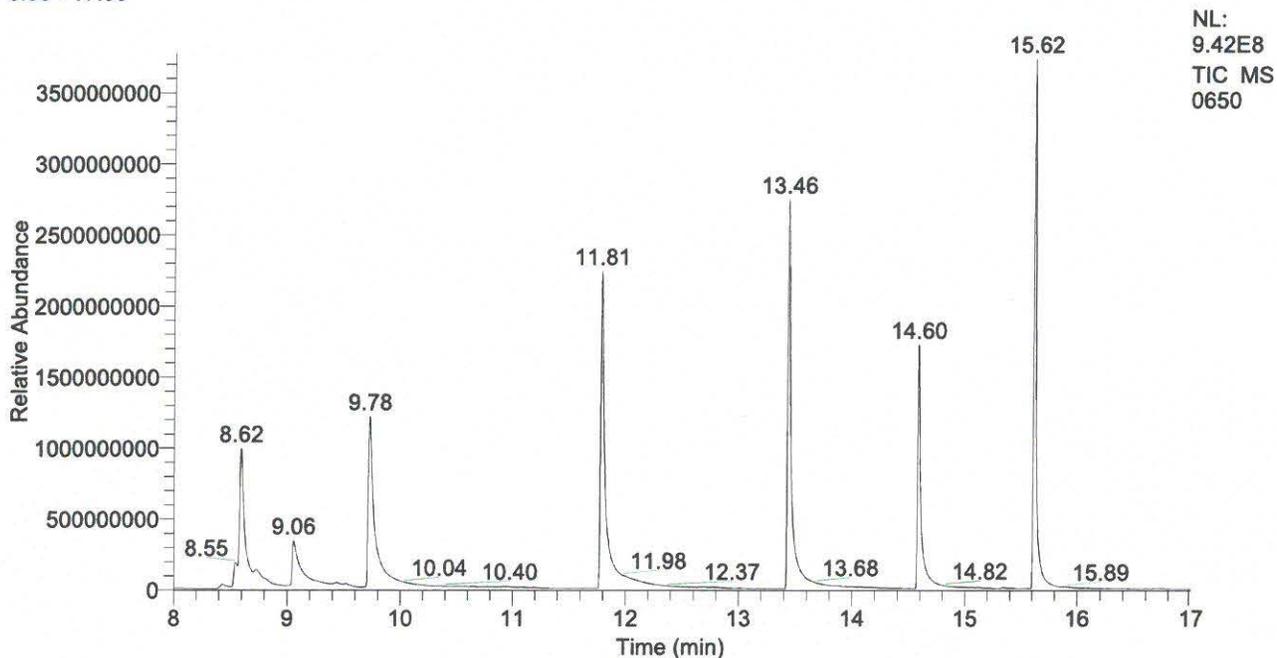
Analista:	JGM/JMC	Identificación de la muestra:	OT_0148
Fecha de analisis:	04/03/22 09:36:55 PM	Tipo de muestra:	Unknown
Tiempo de corrida(min):	21.11	Estandar de Calibracion:	
		Comentarios:	
		Posicion del automuestreador:	30
		Volumen de Inyeccion(μl):	0.00
		Peso de muestra:	0.00
		Factor de Dilucion:	1.00

Nombre del archivo:	0650
Ubicacion del analisis:	C:\Xcalibur\Data\2022\ABRIL\OT_0148
Metodo Instrumental:	C:\Xcalibur\methods\Hydrogen Method\VOLATILES_2022_FLAME_ON
Metodo Original de Procesamiento:	
Modelo del equipo:	ISQ MASS SPECTROMETER
No de serie del equipo:	ISQ140834
No. de inventario:	2014010154

RESULTADOS

Nombre del Compuesto	Tiempo de Retencion (TR):	Compuesto Encontrado	Area	Unidades	Concentracion Obtenida
Etilbenceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
o-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Tolueno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Benceno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
m,p-Xileno	N/A	No	N/A	mg/Kg	N/A
Pentafluorobenceno	8.62	Yes	1296219419.72	mg/L	N/A
1,4-Difluorobenceno	9.78	Yes	1843150502.47	mg/L	N/A
Tolueno-d8	11.81	Yes	2929658171.90	mg/L	N/A
Clorobenceno-d5	13.46	Yes	2080349334.06	mg/L	N/A
4-Bromofluorobenceno	14.60	Yes	1250552787.78	mg/L	N/A
1,4-Diclorobenceno-d4	15.62	Yes	1997610173.52	mg/L	N/A

RT: 8.00 - 17.00





ANEXO

PLAN DE MUESTREO

LABSA

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MUESTREO



Identificación: FR-MTA-018.1
Revisión: 7
Fecha de última revisión: 2020-01-20
Inicio de Vigencia: 2013-01-01

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

Fecha: 2022-03-29
Lugar: Puebla, México
O.T.: 220030142

Información General

Razón Social: CONSULTORÍA AMBIENTAL ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. DE C.V.
 Dirección: Orión 44 Colonia Prado Churubusco, C.P. 04230 Ciudad de México
 Giro: Ambiental
 Contacto: [Redacted] Correo electrónico: [Redacted] Teléfono: [Redacted]
 Descripción breve del problema: Derrame de Hidrocarburo

Origen de la contaminación: Derrame de gasolina por volcadura de pipa.

Objetivo del muestreo: Se realizará muestreo y análisis, para determinar la presencia o ausencia de hidrocarburos en zona de impacto, con base en los lineamientos de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para los parámetros de HFL y BTEX más pH y Humedad.

Sitio de Muestreo: Km. 83+100 Autopista México - Puebla, bajo el puente del retorno Chautla en el Municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla.

Necesidad del estudio: Requerimiento de la Autoridad Control Interno Otro: [Redacted]

Personal involucrado en el proyecto y sus responsabilidades y actividades.

Ingeniero de proyecto (Signatario): José Omar Alcantara Reyes

Responsabilidades y actividades:

Actividades	Tiempo estimado de ejecución
<input checked="" type="checkbox"/> Recabar información con el cliente de las causas que originaron la contaminación en el sitio.	15 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar el reconocimiento físico en el sitio de muestreo para plantear la estrategia de muestreo.	20 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Seleccionar el número de puntos de muestreo de acuerdo al área contaminada establecida en la norma.	5 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar la ubicación de los puntos de muestreo con la ayuda del localizador en el sitio.	20 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Establecer los parámetros que deben analizarse en el laboratorio en función del producto contaminante establecido en la tabla 1 de la	5 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Establecer los niveles de profundidad (cuando no estén determinadas por el responsable de caracterizar el sitio) de los puntos de muestreo.	15 minutos

Actividades	Tiempo estimado de ejecución
<input checked="" type="checkbox"/> Vigilar el cumplimiento de los niveles de perforación en el suelo para la toma de muestras en los puntos establecidos en el plan de muestreo	1 día
<input checked="" type="checkbox"/> Establecer los criterios de aseguramiento de calidad y establecidos en el plan de muestreo y vigilar su cumplimiento.	10 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar el llenado de los formatos de campo, etiquetas, cadena de custodia.	20 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Vigilar el cumplimiento de empaquetado y preservación de las muestras con hielo.	10 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Establecer la estrategia de envío de muestras al laboratorio.	10 minutos

Técnico de Campo: José Alfonso Carteño Ramírez

Técnico de Campo: [Redacted]

Actividades	Tiempo estimado de ejecución
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar la descontaminación del equipo de perforación (hand auger) y muestreo, antes de cada toma de muestra.	3 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar la perforación del suelo en los puntos establecidos en el plan de muestreo.	10 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> Realizar la preservación de las muestras tomadas en sitio y vigilar la misma hasta la entrega de muestras en el laboratorio.	10 minutos
<input checked="" type="checkbox"/> En ausencia del ingeniero de proyecto, debe de cumplir sus actividades antes mencionadas.	1 día

Características del sitio para la planeación del muestreo.

Superficie del polígono (ha): 0.008389 ha Área de suelo a muestrear (ha): 0.008389 ha.

Profundidad de interés (m): 0.15 m, 0.50m, 3.0m y 5.0m.

Condiciones en que se tomará la muestra: Suelo color café oscuro, con fuerte olor a hidrocarburo

Uso de Suelo Predominante: Agrícola.



Croquis de ubicación del sitio (localización geográfica y vías de acceso):

Se Anexa Croquis

Procedimiento y/o criterio a emplear para el muestreo y análisis: _____

LBS-MTA-018 Método para la toma de muestra de suelo contaminado con hidrocarburos derivados del petróleo de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

Criterios para el muestreo:

Forma de realizar el muestreo:

Simple

Método de muestreo:

Estadístico

Dirigido

Tipo de Muestreo:

Aleatorio
 Sistemático
 Otros

Aleatorio Simple
 Estratificado

Técnica de Muestreo:

Manual

Mecánica

Tiempo estimado: _____ 1 día

Tipo de hidrocarburo derramado: _____ Gasolina

Parámetros a analizar para la(s) muestra(s) tomada(s):

Fracción Ligera	BTEX	Fracción Media	Fracción Pesada	HAP
X	X	-	-	-

Numero de puntos a muestrear y la profundidad: 8 puntos a profundidad de : 0.15 m, 0.50m, 3.0m y 5.0m.

Justificación de la profundidad: A petición del cliente

No. de muestras a tomar	Tipo de recipiente contenedor de la muestra	Volumen de muestra
14	Liner de PVC de 2 " de 250 mL con tapa de teflón	X 250 gramos
	Frasco de vidrio ámbar de 250 mL con contratapa de teflón	- 250 gramos
No. de muestras de aseguramiento de Calidad	Tipo de recipiente contenedor de la muestra	Volumen de muestra
2	Liner de PVC de 2 " de 250 mL con tapa de teflón	X 250 gramos
	Frasco de vidrio ámbar de 250 mL con contratapa de teflón	- -

Es pasivo ambiental Si No

Si es pasivo ambiental, recopilar antecedentes históricos, elementos geológicos e hidrogeológicos: No aplica

FORMATO PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MUESTREO



Identificación: FR-MTA-018.1
 Revisión: 7
 Fecha de última revisión: 2020-01-20
 Inicio de Vigencia: 2013-01-01

Croquis del sitio con sus puntos de muestreo:

Se Anexa Croquis

Se anexa plano georeferenciado en coordenadas UTM (tamaño mínimo 60cm x 90 cm), donde se indica la superficie del polígono del sitio, la ubicación de los puntos de muestreo, las vías de acceso al sitio, así como edificaciones y estructuras en el sitio.

Justificación de la ubicación de los puntos de muestreo: A petición del cliente.

Equipo, materiales y reactivos a utilizar:

<input checked="" type="checkbox"/>	Muestreador hand auger	<input checked="" type="checkbox"/>	Martillo	<input checked="" type="checkbox"/>	Bitácora de muestreador	<input checked="" type="checkbox"/>	Bolígrafos (negra, azul, roja)
<input type="checkbox"/>	Perforadora mecánica (opcional)	<input checked="" type="checkbox"/>	Barreta	<input checked="" type="checkbox"/>	Etiquetas y sellos	<input checked="" type="checkbox"/>	Plumón de tinta indeleble
<input checked="" type="checkbox"/>	Geoposicionador	<input checked="" type="checkbox"/>	Llave perica	<input checked="" type="checkbox"/>	Cadena de custodia	<input checked="" type="checkbox"/>	Recipiente para muestras
<input checked="" type="checkbox"/>	Cámara fotográfica	<input checked="" type="checkbox"/>	Cucharón/cuchara de acero inoxidable	<input checked="" type="checkbox"/>	Hojas de campo	<input checked="" type="checkbox"/>	Cubeta
<input checked="" type="checkbox"/>	Espátula de acero inoxidable	<input checked="" type="checkbox"/>	Charola de acero inoxidable	<input checked="" type="checkbox"/>	Plan de muestreo	<input checked="" type="checkbox"/>	Bolsas para basura
<input checked="" type="checkbox"/>	Cepillo cerdas duras de plástico	<input checked="" type="checkbox"/>	Martinete (opcional)	<input checked="" type="checkbox"/>	Cinta adhesiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Agua purificada (garrafón)
<input checked="" type="checkbox"/>	Pala	<input checked="" type="checkbox"/>	Guantes de látex	<input checked="" type="checkbox"/>	Hieleras	<input checked="" type="checkbox"/>	Agua potable
<input checked="" type="checkbox"/>	Flexómetro	<input checked="" type="checkbox"/>	Papel absorbente	<input type="checkbox"/>	Guantes de carnaza/blutoff	<input checked="" type="checkbox"/>	Jabón libre de fosfatos
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanco de Campo y Viaje (Suelo)	Otro:					

Medidas de aseguramiento de Calidad:	Si	No	No Aplica
*Lavado de material entre tomas (ver procedimiento)	X	-	-
Uso de material nuevo	X	-	-
Etiquetas	X	-	-
Sellos	X	-	-
Duplicados de campo	X	-	-
Conservación adecuada de las muestras	X	-	-
Cadena de custodia	X	-	-
Bitácora	X	-	-
Procedimiento	X	-	-



Especificación de la identificación de las muestras: Las muestras deberán estar etiquetadas y selladas con base a la identificación proporcionada por el cliente.

Requisitos de traslado:

Conservador	Hielo
Empacado y flejado en hileras	Sí
Preservación de muestra(s) a <4 °C	Sí

***PROCEDIMIENTO DE LAVADO DE MATERIAL**

- 1.- El primer tiempo consiste en remover todos los residuos de suelo impregnados en ellos, con el uso de los materiales de limpieza (cepillo de cuerdas duras de plástico espátulas , etc.).
- 2.- En el segundo, se introduce el material y/o equipo al primer recipiente (cubeta) previamente preparado con agua potable y jabón libre de fosfatos para su lavado con el uso de cepillos.
- 3.- En el tercero se enjuaga el material y/o equipo con agua purificada.
- 4.- En el cuarto, nuevamente se enjuaga el material y/o equipo con agua purificada.
- 5.- En el quinto, finalmente se seca con el papel absorbente.

Medidas y equipo de seguridad:	
X	Acordonar el área
X	Casco de seguridad
X	Botas de seguridad
X	Traje tyvek (opcional)
X	Overol
X	Lentes de seguridad
X	Tapones auditivos (opcional)
X	Mascarilla con filtro para vapores orgánicos
X	Chaleco anti-reflejante (opcional)

Logística a realizar en campo.

Fecha y hora estimada de llegada de personal de LABSA al sitio de muestreo: 2022-03-30, a las 10:00 h.

Persona o dependencia que recibirá en sitio de muestreo Personal de CAEPSA

Fecha y hora estimada de inicio de muestreo 2022-03-30, a las 10:30 h.

Fecha y hora estimada para concluir el muestreo: 2022-03-30, a las 16:00 h.

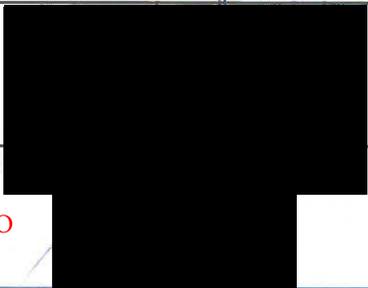
Observaciones adicionales: En caso de no concluir el muestreo se continuará al día siguiente.

Descripción de las actividades de muestreo:	Si	No	No aplica
Se preparará y colocará blanco de campo y de viaje.	X		
Se preparará y armará el equipo hand auger.	X		
Se lavará el equipo de muestreo, antes de cada toma de muestra.	X		
Se realizará la toma de muestra en recipientes adecuados de acuerdo al tipo de analito.	X		
Se colocará sello y etiqueta a la muestra.	X		
Se tomará registro de la coordenada UTM del punto de muestreo.	X		
Se registrará la toma muestra en hoja de campo.	X		
Se registrará la muestra en cadena de custodia.	X		
Se resguardará la muestra tomada en hilera con hielo a 4°C.	X		

Registro de incidencias y desviaciones del plan de muestreo Derivado de las condiciones del sitio, puede demorar el tiempo de ejecución.



Técnico de Campo (Nombre y Firma)



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



ANEXO

FORMATO DE CAMPO

LABSA



ANEXO

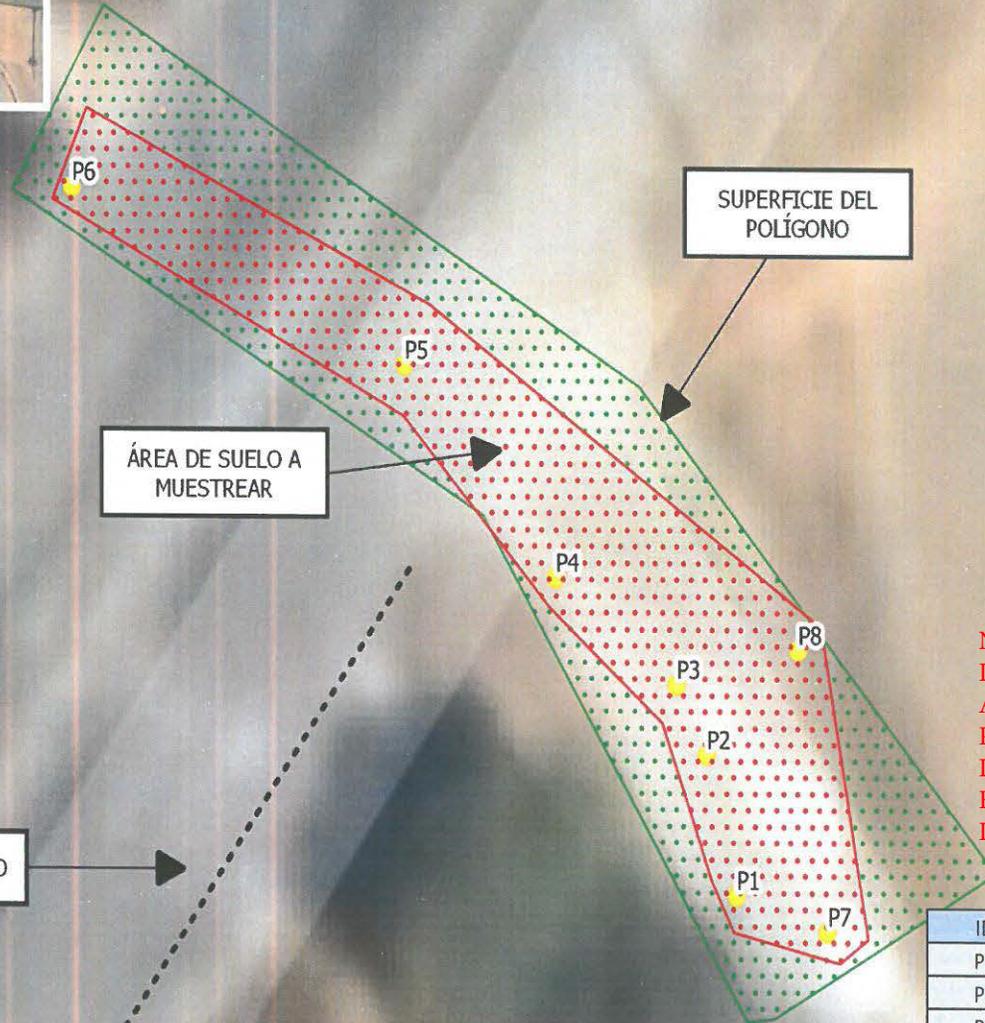
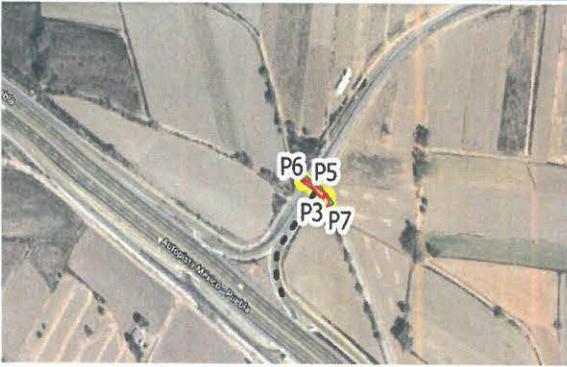
PLANOS CON

COORDENADAS DE

MUESTREO

LABSA

Queda estrictamente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización por escrito de LABSA SA de CV

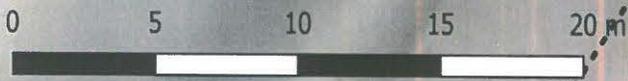


SUPERFICIE DEL POLÍGONO

ÁREA DE SUELO A MUESTREAR

RUTA DE ACCESO

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



Leyendas

- Punto de Muestreo
- ▭ Polígono Área de muestreo
- Vías de acceso Principal
- Delegación o Municipio
- ⋯ Ruta de Acceso

NOTAS:

A) La imagen representada en el plano, es solo con fines de referencia. Por lo tanto, pueden existir variaciones en la zona donde se obtuvo dicha imagen.

Fuente: Google Earth

B) Se anexa tabla con coordenadas de los sitios de muestreo.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Datum: WGS84

Proyección UTM: 18Q

Municipio: Puebla, México

Entidad Federativa: ESTADO DE PUEBLA



ID	X	Y
P1	553301	2135003
P2	553300	2135007
P3	553299	2135009
P4	553295	2135012
P5	553290	2135018
P6	553279	2135023
P7	553304	2135002
P8	553303	2135010

Razón Social:	ECOSALUBRA AMBIENTAL ESTUDIOS S.A. DE C.V.
Superficie de Área de Estudio:	0.008389 ha
Total de Puntos de Muestreo:	8
Calle de Acceso Principal:	Km 83+100 de la Autopista México-Puebla
Referencias de Acceso Principal:	Bajo el Puente
Uso del suelo predominante:	Agrícola
Descripción de indicaciones y estructuras en el sitio de muestreo:	Bajo el puente del retorno Chautla
Fecha:	2022-03-30
Elaboró:	[Redacted]



ANEXO

ACREDITACIÓN
y
APROBACIÓN

LABSA

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

GABINO VÁZQUEZ No. 144, SAN PEDRO TOTOLTEPEC, C.P. 50200,
TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

Ha sido acreditado como Laboratorio de Ensayo bajo la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración, para la rama de Residuos.

Acreditación Número: R-0549-029/14
 Fecha de acreditación: 2014/03/20
 Fecha de actualización: 2020/11/30
 Fecha de emisión: 2020/12/01
 Número de Referencia: 20LP4237
 Trámite: Actualización por baja de personal

El alcance para realizar las pruebas es de conformidad con:

Físicoquímicos

Prueba: Determinación de compuestos orgánico, fracción pesada por extracción y gravimetría.
Norma y/o método de referencia: NMX-AA-134-SCFI-2006.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Prueba: Humedad en suelo por gravimetría
Norma y/o método de referencia: ANEXO AS-05 de la NOM-021-SEMARNAT-2000.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Prueba: pH en residuos.
Norma y/o método de referencia: EPA 9045D 2004 Bajo criterios de la NOM 052-SEMARNAT-2005
Signatarios autorizados

Página 1 de 6

No. de Referencia: 20LP4237

José Guzmán Martínez
Prueba: Digestión ácida por microondas.
Norma y/o método de referencia: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Apéndice Normativo B.2.1 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Mónica Marcela Delgado Oliva
Prueba: Digestión alcalina para cromo hexavalente
Norma y/o método de referencia: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Apéndice Normativo B.2.2 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Mónica Marcela Delgado Oliva
Prueba: Proceso de extracción de solubles con agua en equilibrio con CO ₂ .
Norma y/o método de referencia: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Apéndice Normativo B.2.3 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Mónica Marcela Delgado Oliva
Espectrofotometría UV/VIS
Prueba: Determinación colorimétrica de Cromo VI
Norma y/o método de referencia: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Apéndice Normativo B.5 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico,

Página 2 de 6

No. de Referencia: 20LP4237

bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Mónica Marcela Delgado Oliva
Espectrofotometría de Absorción Atómica
Prueba: Métodos analíticos por aspiración directa para cada elemento (Ba, Be, Cd, Ni, Ag, Pb, Ti, V)
Norma y/o método de referencia: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Apéndice Normativo B.3.1.1 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Mónica Marcela Delgado Oliva
Prueba: Métodos analíticos por generación de hidruros para arsénico y selenio (As, Se)
Norma y/o método de referencia: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Apéndice Normativo B.3.1.3 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Mónica Marcela Delgado Oliva
Prueba: Método analítico por vapor frío para mercurio. (Hg)
Norma y/o método de referencia: NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Apéndice Normativo B.3.1.4 Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez

Página 3 de 6

No. de Referencia: 20LP4237

Mónica Marcela Delgado Oliva
Cromatografía de gases / EM-FID-DCE-NP
Prueba: Determinación de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX) por cromatografía de gases con detectores de espectrometría de masas.
Norma y/o método de referencia: NMX-AA-141-SCFI-2014
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Prueba: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) por Cromatografía de Gases/Espectrometría de masas (CG/EM) o Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución con detectores de Fluorescencia.
Norma y/o método de referencia: NMX-AA-146-SCFI-2008.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Prueba: Determinación de compuestos orgánicos volátiles, fracción ligera, por Cromatografía de gases con detectores de ionización de flama.
Norma y/o método de referencia: NMX-AA-105-SCFI-2014.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Prueba: Determinación de compuestos orgánicos volátiles, fracción media, por cromatografía de gases con detector de ionización de flama.
Norma y/o método de referencia: NMX-AA-145-SCFI-2008.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez

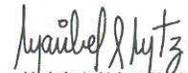
Página 4 de 6

Muestreo de residuos, suelos y lodos

Prueba: Muestreo de suelos contaminados con hidrocarburos.
Norma y/o método de referencia: Procedimiento interno LBS-MTA-018 bajo criterios de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
Signatarios autorizados
José Guzmán Martínez
Juan Richard García Damián
Juan Carlos Alcántara Benítez
José Omar Alcántara Reyes
Prueba: Muestreo de residuos.
Norma y/o método de referencia: NMX-AA-138-SCFI-2006 Residuos – Muestreo, toma de muestra, manejo y conservación y transporte de muestra.
Signatarios autorizados
Juan Richard García Damián
Juan Carlos Alcántara Benítez
José Omar Alcántara Reyes
José Guzmán Martínez
Prueba: Muestreo de suelos contaminados con metales y metaloides.
Norma y/o método de referencia: NMX-AA-132-SCFI-2016 Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra.
Signatarios autorizados
Juan Richard García Damián
Juan Carlos Alcántara Benítez
José Omar Alcántara Reyes

José Guzmán Martínez
Prueba: Muestreo de lodos y biosólidos
Norma y/o método de referencia: NOM-004-SEMARNAT-2002 Protección ambiental. - Lodos y biosólidos - Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Anexo II - Métodos de muestreo de lodos y biosólidos.
Signatarios autorizados
Juan Richard García Damián
Juan Carlos Alcántara Benítez
José Omar Alcántara Reyes
José Guzmán Martínez

Por la entidad mexicana de acreditación, a.c.


María Isabel López Martínez
 Directora Ejecutiva

c.c.p. Expediente



Oficio No. PFFPA/1/2S.1/0023-20
Expedientes No. PFFPA/3.1/2S.1/00273-18
PFFPA/3.1/2S.1/00277-18
Ciudad de México, a 22 de enero del 2020

José Guzmán Martínez
Gerente General / Representante Autorizado
Laboratorios y Suministros Ambientales e Industriales, S.A. de C.V.
Gabino Vázquez 144, Colonia San Pedro Tototlepec,
Toluca, C.P. 50200, Estado de México, México.

PRESENTE

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 38 fracción VI y 70 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 79 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 45 fracción XXXVI, 50 fracción VI y 56 fracción XI del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la Convocatoria para la acreditación y aprobación de organismos de certificación de producto, laboratorios de ensayo y/o prueba y unidades de verificación, para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de febrero de 2007 y, el Acuerdo mediante el cual se establecen los Lineamientos para la aprobación de organismos de certificación de producto, laboratorios de ensayo y/o pruebas, y unidades de verificación para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas, expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de noviembre del 2012; la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente emite la siguiente:

APROBACIÓN No. PFFPA-APR-LP-R5-029-MRS/2020

A favor de "Laboratorios y Suministros Ambientales e Industriales, S.A. de C.V." por haber cumplido con los requisitos de aprobación ante esta autoridad, bajo el alcance siguiente:

MATERIA: RESIDUOS

Para apoyar la evaluación de la conformidad de la NOM-004-SEMARNAT-2002		
Prueba	Método o Norma	Personas Facultadas
Muestreo de Lodos y Biosólidos	NOM-004-SEMARNAT-2002 Anexo II	1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Página 1 de 4



Para apoyar la evaluación de la conformidad de la NOM-052-SEMARNAT-2005		
Prueba	Método o Norma	Personas Facultadas
Muestreo de residuos	NMX-AA-138-SCFI-2006	1, 2, 3, 4, 5 y 6.

MATERIA: SUELOS

Para apoyar la evaluación de la conformidad de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012		
Prueba	Método o Norma	Personas Facultadas
Muestreo de Suelos Contaminados con Hidrocarburos	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, Numeral 7	1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Para apoyar la evaluación de la conformidad de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004		
Prueba	Método o Norma	Personas Facultadas
Muestreo de Suelos Contaminados con Metales y Metaloides	NMX-AA-132-SCFI-2016	1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Personas facultadas por el laboratorio para firmar informes:

Nombre de personas facultadas
1. José Guzmán Martínez
2. Roberto Morales Jiménez
3. José Omar Alcántara Reyes
4. Juan Carlos Alcántara Benítez
5. Juan Richard García Damián
6. Gabriel Hernández Pérez

Página 2 de 4



La presente aprobación entra en vigor a partir de la fecha de emisión de este documento y tendrá vigencia de 4 años, de conformidad con lo previsto en el artículo 10 del Acuerdo mediante el cual se establecen los Lineamientos para la aprobación de organismos de certificación de producto, laboratorios de ensayo y/o pruebas, y unidades de verificación para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas, expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en concordancia con el artículo décimo de la Convocatoria para la acreditación y aprobación de organismos de certificación de producto, laboratorios de ensayo y/o prueba y unidades de verificación, para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Cuando la presente aprobación llegue al periodo de vencimiento por vigencia y el laboratorio esté interesado en continuar aprobado por esta dependencia en las normas y métodos del alcance de la presente, deberá solicitarlo mediante un nuevo trámite con 30 días naturales de anticipación previo al vencimiento; en caso de no hacerlo, se da por entendido que el laboratorio ya no está interesado y por lo tanto será dado de baja en la página web de esta Procuraduría, la cual contempla el Padrón Nacional de Laboratorios Aprobados.

La presente aprobación cancela y sustituye a la aprobación No. PFFPA-APR-LP-R5-04-MS/2018 con fecha de emisión 8 de noviembre de 2018.

Cabe hacer notar que, en términos del artículo 9 del Acuerdo antes citado, el laboratorio requerirá realizar una nueva solicitud de aprobación ante este órgano desconcentrado cuando realice la modificación de la acreditación No. R-0549-029/14, con fecha de acreditación 20 de marzo de 2014, fecha de actualización 1 de marzo de 2019, fecha de emisión 1 de marzo de 2019 y número de referencia 18LP487, por trámite: Actualización técnica, o bien por cualquiera de los supuestos previstos dentro del artículo de referencia.

Para el caso de bajas de métodos y/o signatarios, el laboratorio únicamente deberá dar aviso a este órgano desconcentrado.

Asimismo, la vigencia de la aprobación se encuentra sujeta a las visitas de verificación o supervisión que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realice, a fin de constatar que este laboratorio, en su estructura y funcionamiento, cumple con las disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y su Reglamento, así como, la permanencia de los métodos y de las condiciones bajo las cuales fue otorgada.

Cabe señalar que su validez se encuentra sujeta a las evaluaciones que la PROFEPA pudiera llevar a cabo con fundamento en el artículo 71 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.

En ese contexto, de conformidad con los numerales 118 y 119 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, esta aprobación podrá ser suspendida o revocada por la PROFEPA; asimismo, su vigencia quedará sujeta a la suspensión parcial o total, o bien, a la cancelación de la acreditación, que en su caso pudiera realizar la entidad de acreditación de conformidad con lo previsto en los artículos 75 y 76 del Reglamento de la Ley en comento.

Página 3 de 4



Hacemos de su conocimiento que en caso de que el laboratorio que usted representa incurriera en incumplimientos motivos de sanción, la PROFEPA aplicará lo establecido en el Título Sexto, capítulo II de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Le reitero mi distinguida consideración

LA PROCURADORA

BLANCA ALICIA MENDOZA VERA

Página 4 de 4



Oficio No. PFFA/1/25.1/765-21
Expediente No. PFFA/3.1/25.1/00004-20

Ciudad de México, a 30 de junio de 2021.

JOSÉ GUZMÁN MARTÍNEZ
REPRESENTANTE AUTORIZADO
LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.
Cabino Vázquez, No. 144
Colonia San Pedro Totoltepec
C.P. 50200, Toluca, Estado de México, México.
PRESENTE

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 38 fracción VI y 70 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, Quinto transitorio de la Ley de Infraestructura de la Calidad, 79 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 45 fracción XXXVI, 50 fracción VI y 56 fracción XI del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la Convocatoria para la acreditación y aprobación de organismos de certificación de producto, laboratorios de ensayo y/o prueba y unidades de verificación, para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Convocatoria), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de febrero de 2007 y, el Acuerdo mediante el cual se establecen los Lineamientos para la aprobación de organismos de certificación de producto, laboratorios de ensayo y/o pruebas, y unidades de verificación para evaluar la conformidad de las normas oficiales mexicanas, expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Acuerdo), publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de noviembre del 2012, la Procuradora Federal de Protección al Ambiente emite la siguiente:

APROBACIÓN No. PFFA-APR-LP-RS-004-A/2021

A favor de "LABORATORIOS Y SUMINISTROS AMBIENTALES E INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.", por haber cumplido con los requisitos de aprobación como **Laboratorio de Ensayo y Pruebas** ante esta autoridad, bajo el alcance siguiente:

MATERIA: ANALÍTICA

Para apoyar la evaluación de la conformidad de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004		
Prueba	Método o Norma	Personas Facultadas
Digestión ácida por microondas	Apéndice Normativo B. 2.1	1
Digestión alcalina para cromo hexavalente	Apéndice Normativo B. 2.2	1
Proceso de extracción de solubles con agua en equilibrio con CO ₂	Apéndice Normativo B. 2.3	1
Métodos analíticos por aspiración directa para cada elemento de (Ba, Be, Cd, Ni, Ag, Pb, Tl, V)	Apéndice Normativo B. 3.1.1	1
Métodos analíticos por generación de hidruros para Arsénico y Selenio (As, Se)	Apéndice Normativo B. 3.1.3	1
Métodos analíticos por vapor frío para mercurio (Hg)	Apéndice Normativo B. 3.1.4	1
Determinación colorimétrica de Cromo VI	Apéndice Normativo B. 5	1

Para apoyar la evaluación de la conformidad de la NOM-138-SEMARNAT-2011		
Prueba	Método o Norma	Personas Facultadas
Hidrocarburos Fracción Ligera por cromatografía de gases con detectores de ionización de flama y espectrometría de masas	NMX-AA-105-SCFI-2014	1
Determinación de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX) por cromatografía de gases con detectores de espectrometría de masas	NMX-AA-141-SCFI-2014	1
Determinación de Hidrocarburos Fracción Pesada por extracción gravimetría (por solonización)	NMX-AA-134-SCFI-2006	1



Hidrocarburos Fracción Medía por cromatografía de gases con detector de ionización de flama	NMX-AA-145-SCFI-2008	1
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) por cromatografía de gases/ Espectrometría de masas (CG/EM) de: Benzo(a)antraceno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, Benzo(a)pireno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Dibenz(a,h)antraceno.	NMX-AA-146-SCFI-2008	1

Para apoyar la evaluación de la conformidad de la NOM-021-SEMARNAT-2000		
Prueba	Método o Norma	Personas Facultadas
Humedad en suelo por gravimetría.	Anexo AS-05	1

Persona facultada por el laboratorio para firmar informes:

Nombre de personas facultadas
1. José Guzmán Martínez

La presente aprobación corre efectos a partir de la fecha de emisión de este documento y tendrá vigencia de 4 años, de conformidad con lo previsto en el artículo 10 del Acuerdo, en concordancia con el artículo décimo de la Convocatoria.

Cuando la presente aprobación llegue al periodo de vencimiento por vigencia y el laboratorio esté interesado en continuar aprobado por esta dependencia en las normas y métodos del alcance de la presente, deberá solicitarlo mediante un nuevo trámite con 30 días naturales de anticipación previo al vencimiento; en caso de no hacerlo, se da por entendido que el laboratorio ya no está interesado y por lo tanto será dado de baja en la página web de esta Procuraduría, la cual contempla el Padrón Nacional de Laboratorios Aprobados.

Cabe hacer notar que, en términos del artículo 9 del Acuerdo, el laboratorio requerirá realizar una nueva solicitud de aprobación ante este órgano desconcentrado cuando realice la modificación de la acreditación No. **P-0549-029/14** con vigencia a partir del 20 de marzo de 2014, con fecha de actualización 14 de abril de 2021 y número referencia 21LP0589, por actualización de la norma de acreditación o bien por cualquiera de los supuestos previstos dentro del artículo de referencia.



Para el caso de bajas de métodos y/o signatarios, el laboratorio únicamente deberá dar aviso a este órgano desconcentrado.

Asimismo, la vigencia de la aprobación se encuentra sujeta a las visitas de verificación o supervisión que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realice, a fin de constatar que este laboratorio, en su estructura y funcionamiento, cumple con las disposiciones de la Ley de Infraestructura de la Calidad, y el Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como, la permanencia de los métodos y de las condiciones bajo las cuales fue otorgada.

Cabe señalar que su validez se encuentra sujeta a las evaluaciones que la PROFEPA pudiera llevar a cabo con fundamento en los artículos 47 y 56 fracción VII de la Ley de Infraestructura de la Calidad.

En ese contexto, de conformidad con los artículos 58, 59, 160 y 161 de la Ley de Infraestructura de la Calidad, esta aprobación podrá ser suspendida o revocada por la PROFEPA; asimismo, su vigencia quedará sujeta a la suspensión parcial o total, o bien, a la cancelación de la acreditación, que en su caso pudiera realizar la entidad de acreditación de conformidad con lo previsto en los artículos 75 y 76 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Hacemos de su conocimiento que en caso de que el laboratorio que usted representa incurriera en incumplimientos motivos de sanción, la PROFEPA aplicará lo establecido en el Título Cuarto, de la Ley de Infraestructura de la Calidad.

Finalmente, le informo que la presente aprobación sustituye la aprobación No. PFFA-APR-LP-RS-004A/2017, otorgada mediante oficio No. PFFA/1/25.1/0375/2016, de fecha 22 de mayo de 2017.

Le reitero mi distinguida consideración.

LA PROCURADORA

BLANCA ALICIA MENDOZA VERA

C.c.p. Mtra. María Lucía Arboles Contreras - C. Secretaría del Ramo - Presente.
C.c.p. Ing. Gonzalo Rafael Castán García - Subprocurador de Inspección Industrial - Presente.
C.c.p. Lic. Silvia Rodríguez Rosas - Subprocuradora Jurídica - Presente.
C.c.p. Dirección General de Asistencia Técnica Industrial - Presente.





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



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

O.T. Lab.: 122030148 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 Colonia Prado Churubusco, C.P. 04230 Ciudad de México

Giro: Ambiental

Atención: Biól. Juan Carlos Vargas

Tel/e-mail: [Redacted]

Identificación de la muestra	Código de la muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	No. de Contenedores	Tipo de análisis Requerido			
						BTEX	HFL	Humedad	pH
P1- 0.50 m	2203310635	2022-03-30	10:36	Suelo	1	X	X	X	X
P1- 3.0 m	0636	2022-03-30	11:02	Suelo	1	X	X	X	X
P1- 5.0 m	0637	2022-03-30	12:05	Suelo	1	X	X	X	X
P2- 0.50 m	0638	2022-03-30	12:59	Suelo	1	X	X	X	X
P2- 3.00 m	0639	2022-03-30	13:15	Suelo	1	X	X	X	X
P2- 5.0 m	0640	2022-03-30	13:50	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 0.50 m	0641	2022-03-30	14:00	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 3.0 m	0642	2022-03-30	14:15	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 3.0 m DUP	0643	2022-03-30	14:15	Suelo	1	X	X	X	X
P3- 5.0 m	0644	2022-03-30	14:38	Suelo	1	X	X	X	X
P4- 0.15 m	0645	2022-03-30	14:49	Suelo	1	X	X	X	X
P5- 0.15 m	0646	2022-03-30	14:55	Suelo	1	X	X	X	X
P6- 0.15 m	0647	2022-03-30	15:02	Suelo	1	X	X	X	X
P7- .15 m	0648	2022-03-30	15:20	Suelo	1	X	X	X	X
P8- .15 m	0649	2022-03-30	15:42	Suelo	1	X	X	X	X
P8- .15 m DUP	0650	2022-03-30	15:42	Suelo	1	X	X	X	X
Blanco de Campo	0651	2022-03-30	15:52	Suelo	1	X	X	X	X
Blanco de Viaje	0652	2022-03-30	15:52	Suelo	1	X	X	X	X

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

Muestreador y responsable del muestreo

[Redacted]

220030142-1
No. de Proyecto

220030142
Contacto de LABSA:

[Redacted]

Observaciones

Temperatura 4°C (+/- 2°C)

Condiciones de preservación

Tipo de muestra

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

NaOH
 F: Formaldehído
 NH₄OH
 H₂SO₄ 1:1
 Ácido
 Suprapuro
 Disolución

buffer(NH₄)₂SO₄ v

Entrega de Muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Recibo de muestras

Nombre y firma: [Redacted]

Fecha: [Redacted]

Hora: [Redacted]

Sito de Muestreo:

Km. 83+100 Autopista México - Puebla, bajo el puente del retorno Chautla en el Municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla.

Requerimientos especiales:

NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 + pH y Humedad
Agrícola.

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



COMERCIAL EN FLETES MEXICO S.A. DE C.V.

PROPUESTA DE REMEDIACIÓN

FORMATO SEMARNAT-07-035

**PARA EL SANEAMIENTO DE SUELO
CONTAMINADO POR DERRAME DE
GASOLINA PREMIUM POR SINIESTRO DE
UN AUTOTANQUE EN EL KM 83+100 DE
LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN EL
MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE,
ESTADO DE PUEBLA**

MAYO DEL 2022



**CONSULTORÍA AMBIENTAL, ESTUDIOS Y PROYECTOS
S.A. DE C.V.**

**PROPUESTA DE REMEDIACIÓN
PARA EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE
GASOLINA PREMIUM POR SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM 83+100
DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL
VERDE, ESTADO DE PUEBLA**

1. PLAN DE SANEAMIENTO PARA SUELO CONTAMINADO CON HFL y BTEX

En el Estudio de Caracterización para evaluar contaminación de suelo por derrame de 11,508 litros de Gasolina Premium en el en el bajo puente del retorno del entronque de la Autopista México-Puebla en el km 83+100 y la carretera a la Ex Hacienda de Chautla, Municipio San Salvador El Verde, Edo. de Puebla; se identificó:

- Que se tiene una superficie de suelo afectada de **102.99 m²** y un volumen total de suelo contaminado con HFL y BTEX de **189.14 m³**.
- Que la profundidad de afectación donde se tiene suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera, en la Zona Afectada 1 alcanzo hasta 4.90 m y en las Zonas Afectadas 2 y 3 es de 0.20 m.

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

Tabla 1.- Resumen de las zonas contaminadas con HFL y BTEX por Zona Afectada.

ZONA AFECTADA	ESTRATO	ESPESOR (m)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
1	0.00 m a 4.90 m	4.90	35.86	175.71
2 y 3	0.00 m a 0.20 m	0.20	67.13	13.43
TOTAL SUELO CONTAMINADO				189.14

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

Premium, 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.

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 cuales a su vez, funcionarán para la extracción de COV's. Cuando el aire que entra pasa por el suelo camino a los pozos, por acción de la fricción genera calor, los contaminantes se evaporan de los huecos existentes entre las partículas del suelo, siendo arrastrados por el aire hasta los pozos de extracción. Los vapores extraídos con éste proceso por lo general son sometidos a un tratamiento

posterior de adsorción con carbón activado, incineración, oxidación catalítica o condensación. También se han usado otros métodos, como tratamiento biológico y oxidación ultravioleta. La adsorción con carbón es el tratamiento que más se usa para los vapores contaminados y se puede adaptar a una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles.

1.1 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 **102.99 m²**, la cual corresponde al total del área semi confinada y es la que será considerada 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 la Zona Afectada 1 de 30 cm mayor a la profundidad a la que se identificaron los estratos con contaminación fuera de norma (hasta 5.20 m), esto considerando que pudiera seguir migrando la contaminación. Para las Zonas 2 y 3, la profundidad corresponderá al del espesor de los sedimentos (0.20 m), ya que se tiene piso de concreto en esos sitios.

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 1.5 m. Los pozos se colocarán a una distancia de 1.50 m entre cada uno en la Zona Afectada 1, con el fin de que se intercalen las áreas de influencia y se cubra toda el área afectada. Para las Zonas Afectadas 2 y 3, se propone que los pozos se ubiquen a 2 m de distancia entre ellos. Lo anterior debido a que es en la Zona Afectada 1 donde se tiene concentrada principalmente la afectación por la gasolina. Se propone la instalación de 43 pozos en total, distribuidos en las 3 zonas 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 1.- 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
0.00-5.20	Área 1	5.20	15
0.00-0.20	Área 2	0.20	8
0.00-0.20	Área 3	0.20	20
TOTAL			43

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.

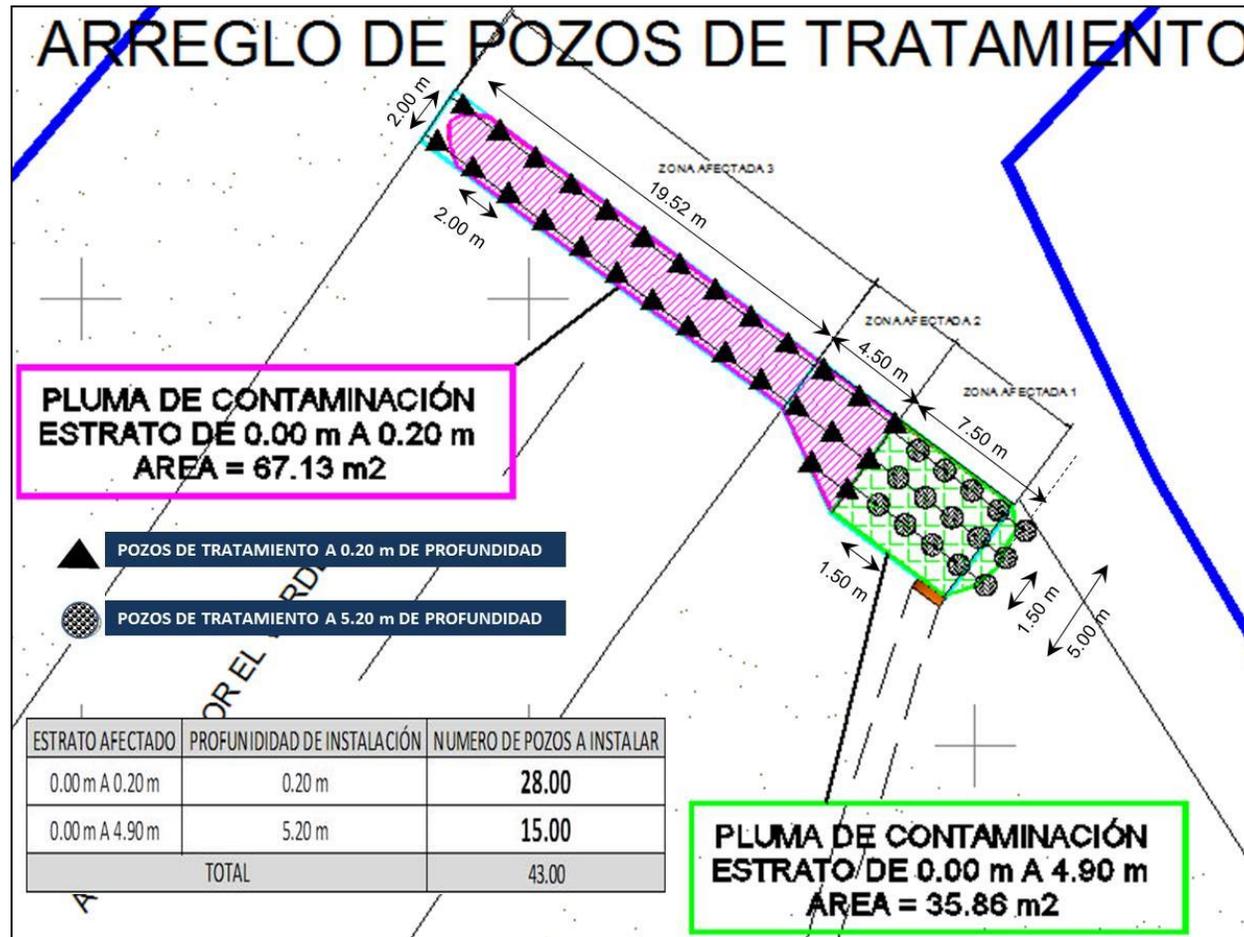


Figura 1.- Distribución de los pozos en las Zonas Afectadas 1, 2, y 3 para la restauración de suelo contaminado con HFL.

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

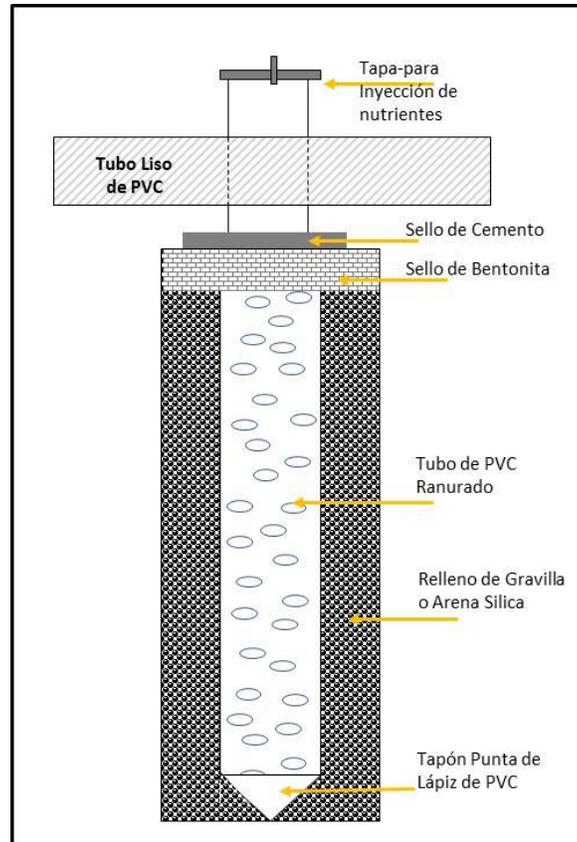


Figura 2.- Esquema de construcción de los pozos de tratamiento

1.2 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 ft³ por minuto de aire. Los equipos se deberán instalar en áreas estratégicas para que el aire y las sustancias se puedan distribuir en los distintos pozos y zonas. Deberán equiparse con sistemas de paro automático para protección en caso de sobrecargas de energía y colocarse en casetas techadas para su protección de la intemperie.

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

1.3 Bacterias para una bioaugmentación

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.

1.4 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.

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

Serie XVL Premium Compresores de Tornillo Rotativo

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

PUERTO DE DESCARGA		PESO	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
TRANSMISION/ 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 es manual y se encuentra montado en una plataforma específicamente para para su transportación maniobras y operación.

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

1.5 Listado de materiales y equipo a emplear

En las siguientes tablas 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.*	2.0 m ³
Cemento.*	100 kg
Bentonita.*	35 kg
Tubería de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	160 m
Tapones herméticos de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	86 Pzas.
Tee de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	12 Pzas.
Cruces de PVC cédula 40 de diámetro de 2".	31 Pzas.
Pegamento para PVC.	2 L
Copples de PVC cédula 40 de diámetro de 2"	37 Pzas.

*Se anexa Hojas de Seguridad.

Tabla 2.- Equipo a Utilizar

Material	Cantidad
Equipo de Inyección de aire-bomba de vacío	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.

1.6 Procedimiento para Instalación y Operación del Sistema de Tratamiento

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 (ver Diagrama de Flujo):

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 Vacío 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 Vacío.
8. Instalación de mangueras de conexión del Equipo de Inyección de Aire-Bomba de Vacío a los sistemas de pozos ya instalados.

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 Vacío 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 ft³ 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 evaluará 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 31).

Tabla 3.- 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 Permissible (mg/kg base seca)
Hidrocarburos Fracción Ligera	200

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 a diferentes profundidades, de acuerdo a los resultados obtenidos en el Estudio de Caracterización (3 muestras por punto para la zona 1 y 1 muestra por punto para las zonas 2 y 2 muestras para la Zona 3). El inicio de toma de muestras para el seguimiento del tratamiento se dará a partir del día 30 y dado que se reportó que el contaminante se encuentra dentro del estrato de 0.00 a 4.90 m en el suelo (en la zona 1), se estima que el tratamiento se podrá lograr en los siguientes 60 días. Por lo que se proyecta realizar 3 muestreos de seguimiento. De esta manera se tendrá una evaluación completa mensual del área a restaurar. En la siguiente tabla se muestra la relación de puntos a tomar de acuerdo a lo establecido en el muestreo de seguimiento.

Tabla 8.- Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

Zona	Profundidad	Puntos de muestreo por área	Periodo			Parámetro
			1 (Día 30)	2 (Día 45)	3 (Día 60)	
1	0.50, 3.00 y 4.50	3	9	9	9	HFL
2	0.15	1	1	1	1	HFL
3	0.15	2	2	2	2	HFL
Total muestras	-	-	12	12	12	-

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

De los resultados que se obtenga del último muestreo, se determinará si se aumenta el tiempo de tratamiento, lo que, incrementará el número de muestreos de seguimiento hasta obtener valores que indiquen que el suelo ya está saneado de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles establecidos NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para uso de Suelo Agrícola y Forestal.

Adicionalmente a la toma de muestras para el seguimiento de HFL, se realizará durante el proceso de extracción de vapores, la medición de los COV's con fotoionizador que nos indicara si en los vapores de extracción se están expulsando estos compuestos y el registro periódico de los valores nos indicará si hay una disminución en las concentraciones de los gases emitidos. La toma de estas lecturas, se realizará el mismo día que sea la toma de muestras de suelo. Los resultados de HFL de las muestras de suelo, así como el de las lecturas de COV's, nos indicará si el proceso está operando adecuadamente para degradar los hidrocarburos, o se tienen que hacer ajustes en la forma de operar el sistema.

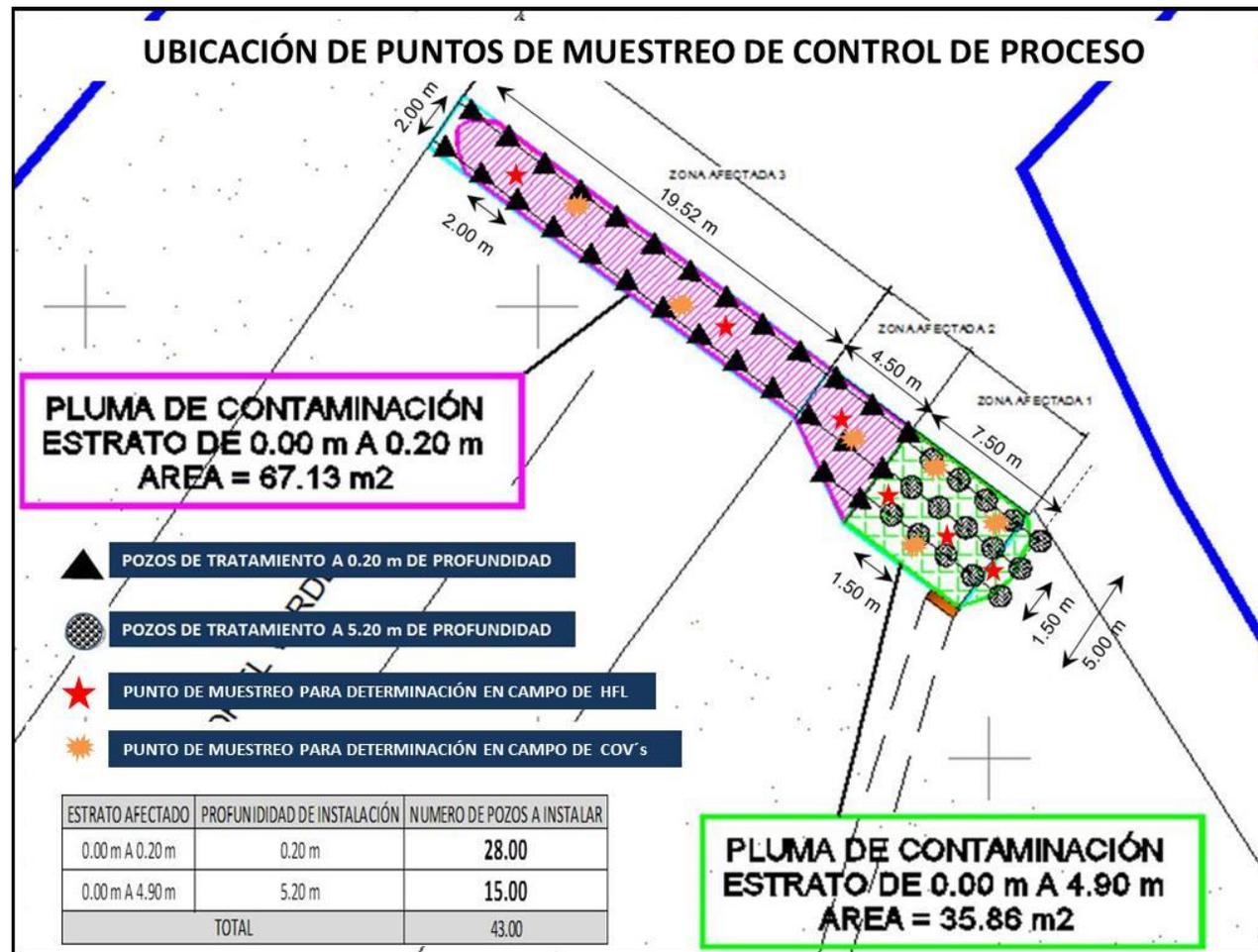


Figura 3.- Esquema para ubicación puntos de muestreo de suelo y de lectura de COV's en el Sistema de Pozos Interconectados para las zonas afectadas.

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 para el muestreo final, que 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 6 puntos de muestreo en las áreas restauradas, los mismos que se consideraron para el muestreo de caracterización (P1-P10). Para el muestreo final, se propone que las profundidades sean las correspondientes establecidas para cada zona analizando HFL.

En total se propone ubicar 6 puntos de muestreo para la toma de 12 muestras de suelo para analizar en el laboratorio. Adicionalmente se tomarán 2 muestras duplicadas. Se tomarán en total 14 muestras (12 simples y 2 duplicadas).

En la siguiente tabla se presenta la relación de Puntos de Muestreo y la profundidad de toma de muestras en cada uno. En la Figura 28 se puede observar la distribución de los puntos de muestreo.

Tabla 9.- Puntos de Muestreo, Profundidad de las Muestras y Parámetros a Analizar

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX	pH	Humedad
Zona 1	P-1	3	0.50, 3.00 y 4.50	√	√	√	√
	P-2	3	0.50, 3.00 y 4.50	√	√	√	√
	P-3	3	0.50, 3.00 y 4.50	√	√	√	√
Zona 2	P-4	1	0.15	√	√	√	√
Zona 3	P-5	1	0.15	√	√	√	√
	P-6	1	0.15	√	√	√	√
TOTAL		12					
MUESTRAS DUPLICADAS		2		√	√	√	√
TOTAL		14					

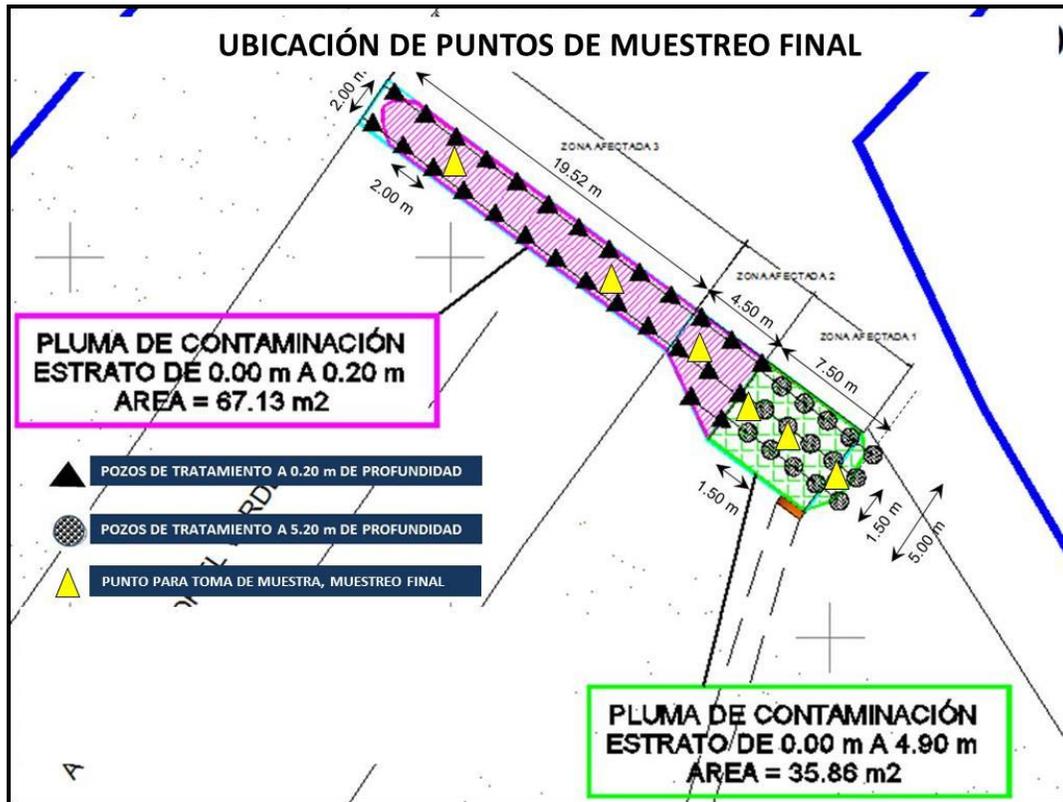


Figura 4.- Esquema para ubicación de los Puntos de Muestreo

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.

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

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

1.10 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:

Tabla 4.- Cronograma para realización del Tratamiento de "Bioventeo Aerobio en el Sitio Contaminado"

Actividad	Tiempo (meses)								
	1		2		3		4		
	15	30	15	30	15	30	15	30	
Instalación de los pozos para el tratamiento. Equipamiento e inicio de operación									
Tratamiento hasta la primera evaluación del avance									
Tratamiento hasta la segunda evaluación del avance									
Tratamiento hasta la tercera evaluación del avance									
Muestreo final comprobatorio									
Elaboración del informe final									
Limpieza del área y desarmado de pozos									

2. REFERENCIAS

- CORPONOR (2015). Corporación autónoma regional de la Frontera Nororiental. Hoja de seguridad. Gasolina automotor.
- INAFED (2010). Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. San Salvador el Verde.
- INEGI (2020). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2020. Subsistema de información demográfica y social.
- INEGI (2022). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de población y vivienda 2020. Geografía y medio ambiente.
- PEMEX (2011). Petróleos Mexicanos. Hoja de datos de seguridad. PEMEX PREMIUM (1) ZMVM.
- SEMARNAT (2013). 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. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial de la Federación.

ANEXO 1

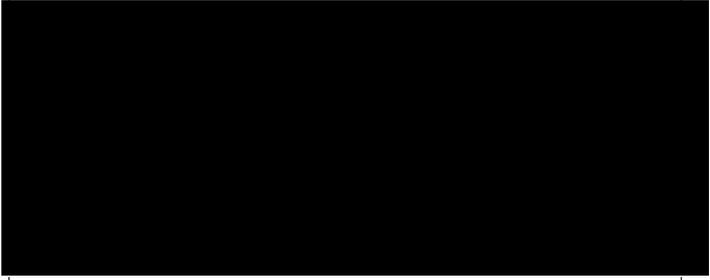
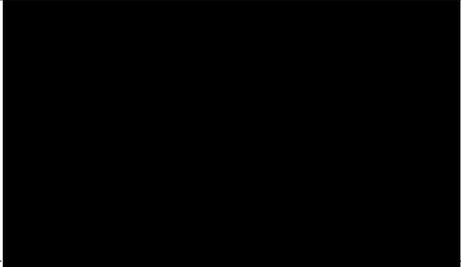
PLAN DE MUESTREO **DE SEGUIMIENTO**

**SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR
DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR
SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM
83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN
EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE,
ESTADO DE PUEBLA**

Consultoría Ambiental
Estudios y Proyectos

PLAN DE MUESTREO DE SEGUIMIENTO

CONTAMINACIÓN DE SUELO POR DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR SINIESTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MÉXICO S.A. DE C.V., EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.

Elaborado por:	
Firma del Responsable Técnico:	
Lugar de Elaboración:	Ciudad de México
Fecha:	Mayo 2022

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

1 Antecedentes

A consecuencia del siniestro ocurrido en el km 83+100 de la autopista México-Puebla, bajo el puente del retorno Chautla, en el municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla, de una unidad perteneciente a la empresa "Comercial en Fletes México S.A. de C.V." que transportaba Gasolina Premium, se ocasionó la afectación por este hidrocarburo a una superficie 102.99 m², generando 189.14 m³ de suelo contaminado distribuido en 3 zonas, la Zona 1 corresponde a una poza de contención, la Zona 2 se ubica en la entrada del túnel bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla y la Zona 3 pertenece a suelo y sedimentos ubicados dentro del túnel.

Con base en lo anterior, se realizarán los trabajos para el saneamiento del suelo mediante la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*" que consiste en la extracción de vapores y en inyectar al suelo aire limpio y soluciones acuosas con nutrientes, con lo cual se estimula el metabolismo y la velocidad de crecimiento de los microorganismos endógenos capaces de degradar hidrocarburos, dando lugar a la eliminación del contaminante.

La técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*" se aplicó para eliminar o disminuir al máximo posible la concentración de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX presentes en el suelo y subsuelo (hasta quedar por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012) para un suelo agrícola y forestal.

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

Con base en lo anterior, se considera que será hasta el día 30 cuando se realizará la primera toma de muestras de suelo en las 3 zonas contaminadas. A partir de ese momento iniciarán los muestreos para dar seguimiento al tratamiento del suelo y en función de los resultados se identificará si es necesario hacer ajustes en el proceso de saneamiento.

2 Objetivo

Evaluar la eficiencia del proceso de tratamiento del suelo contaminado con gasolina Premium a través del análisis de Hidrocarburos Fracción Ligera en muestras de suelo, para verificar que los resultados sean los esperados o realizar los cambios necesarios a fin de favorecer la restauración del suelo.

3 Procedimiento de Muestreos y Análisis

Una vez que el proceso de "Bioventeo Aerobio In Situ" esté operando de forma uniforme y continua (después del día 30), se deberán recolectar muestras de suelo cada 15 días para realizar la determinación de Hidrocarburos Fracción Ligera con la finalidad de evaluar el avance de la remediación de suelo.

Las muestras tomadas para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera se obtendrán con la herramienta manual "Hand Auger" y se analizarán con un equipo de campo (PetroFLAG®). Al terminar la perforación y toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

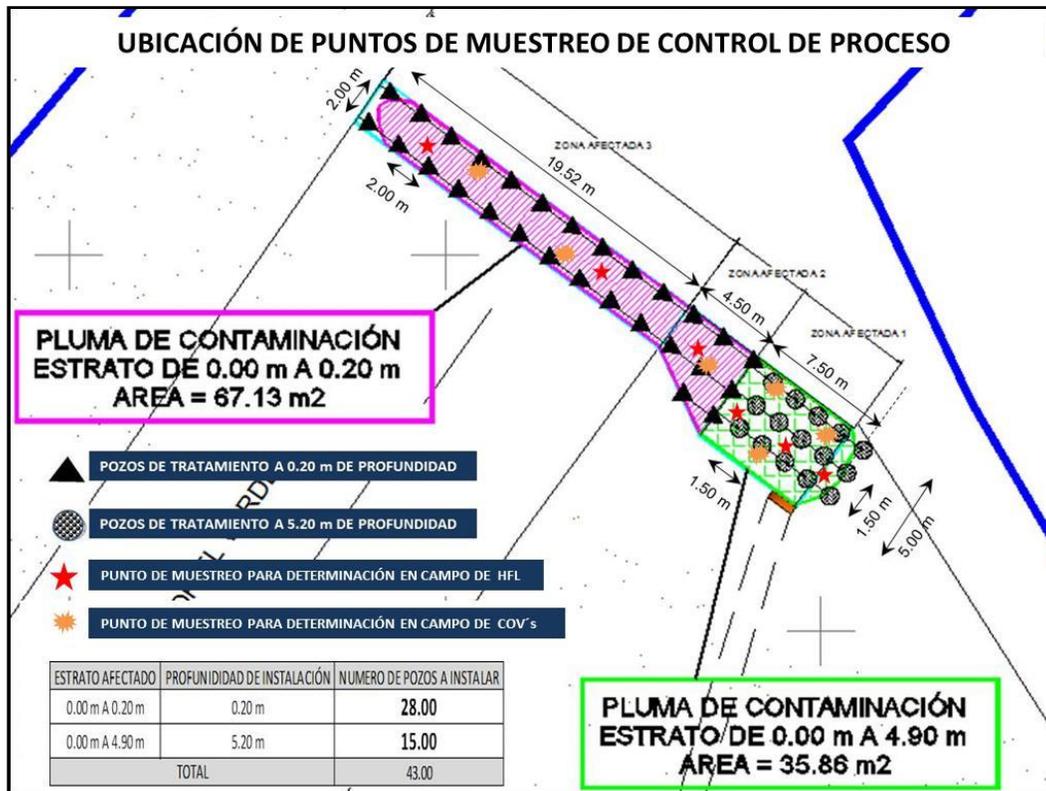
El tipo de muestreo a realizar será Selectivo (dirigido), es decir se seleccionarán puntos representativos del sitio. Se ubicarán 6 puntos de muestreo dentro de las Áreas Afectadas, de los cuales se obtendrán 12 muestras de suelo (3 muestras por punto para la zona 1 y 1 muestra en la zona 2 y 2 muestras en la zona 3).

En la Tabla 1 se presentan los puntos de muestreo, el número de muestras, las profundidades y el parámetro a analizar en cada zona afectada. En la Figura 1 se observa la ubicación de los puntos de muestreo.

Tabla 1.-Puntos de muestreo, profundidad de las muestras y parámetros a analizar

UBICACIÓN	No.	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HTP FRACC. LIGERA
ZONA 1	P-1	3	0.50 m, 3.0 m y 4.50 m	√
	P-2	3	0.50 m, 3.0 m y 4.50 m	√
	P-3	3	0.50 m, 3.0 m y 4.50 m	√
ZONA 2	P-4	1	0.15 m	√
ZONA 3	P-5	1	0.15 m	√
	P-6	1	0.15 m	√
TOTAL DE MUESTRAS		12	-	-

Figura 1.- Ubicación de puntos para los muestreos de seguimiento.



El parámetro de control será la concentración de Hidrocarburos Fracción Ligera, considerando como referencia 200 mg/kg de HFL que es el valor establecido como Límite Máximo Permissible en la NOM-138 SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

4 Volumen de Obra

Como se mencionó anteriormente, el inicio de toma de muestras para el seguimiento del tratamiento será a partir del día 30 y dado que se reportó que el contaminante que es un Hidrocarburo Fracción Ligera, se encuentra dentro del estrato de 0.0 a 4.90 m en el suelo (Zona 1), se estima que el tratamiento se podrá lograr en los siguientes 60 días. Por lo que, se proyecta realizar 3 muestreos de seguimiento, de acuerdo al programa que se establece en la Tabla 2.

Tabla 2. - Programa de muestreos de seguimiento

Actividad	Tiempo (meses)								
	1		2		3		4		
	15	30	15	30	15	30	15	30	
Instalación de los pozos para el tratamiento. Equipamiento e inicio de operación									
Primer muestreo de seguimiento									
Segundo muestreo de seguimiento									
Tercer muestreo de seguimiento									
Muestreo final comprobatorio									

De tal forma, el volumen de obra del Muestreo de Seguimiento corresponderá a lo presentado en la Tabla 3.

Tabla 3.- Relación de muestras a tomar para el Programa de Muestreo de Seguimiento.

Zona	Profundidad	Puntos de muestreo por área	Periodo			Parámetro
			1 (Día 30)	2 (Día 45)	3 (Día 60)	
1	0.50, 3.00 y 4.50	3	9	9	9	HFL
2	0.15	1	1	1	1	HFL
3	0.15	2	2	2	2	HFL
Total muestras	-	-	12	12	12	-

De los resultados que se obtengan del último muestreo de seguimiento, se determinará si es necesario aumentar el tiempo de tratamiento, lo cual incrementará el número de muestreos hasta obtener valores que indiquen que el suelo está libre de Hidrocarburos Fracción Ligera o con valores menores a 200 mg/kg que es el Límite Máximo Permisible establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

Adicional a la toma de muestras para su análisis de laboratorio, se realizará la medición de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) con un fotoionizador que indicará si en los vapores de extracción se están expulsando estos compuestos que son resultado de la evaporación de la gasolina. El registro periódico de los valores COV's indicará si hay una disminución en las concentraciones de los gases emitidos. La toma de estas lecturas se realizará cuando se realice la toma de muestras de suelo.

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

5 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar en las muestras de suelo obtenidas en los muestreos de seguimiento, considerando los contaminantes identificados en el Estudio de Caracterización y con base a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, serán Hidrocarburos Fracción Ligera.

El parámetro a analizar con la lectura de emisiones de gases extraídos será COV's.

6 Equipo para toma de Muestras

- Para realizar la perforación del suelo, se utilizará el equipo conocido como "Hand Auger", a través del cual también se tomará la muestra de suelo.
- Para determinar Hidrocarburos Fracción Ligera se utilizará un equipo de campo (PetroFLAG®).
- Para la toma de Lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), se utilizará un equipo Fotoionizador que medirá las concentraciones en ppm.

7 Laboratorio para el análisis de Muestras

Debido a que serán muestreos de seguimiento, el personal responsable de los trabajos de remediación tomará las muestras y las analizará con un equipo de campo (PetroFLAG®).

8 Tiempo Estimado de los Trabajos

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

9 Fecha Propuesta de Muestreo

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

ANEXO 2

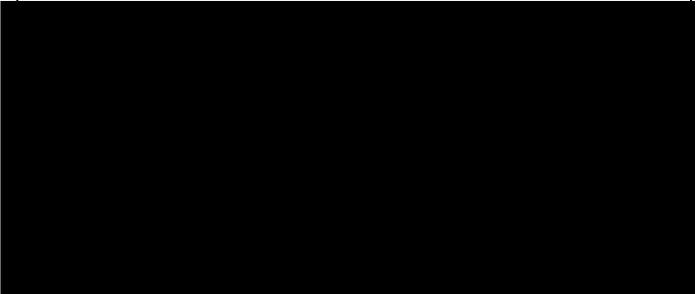
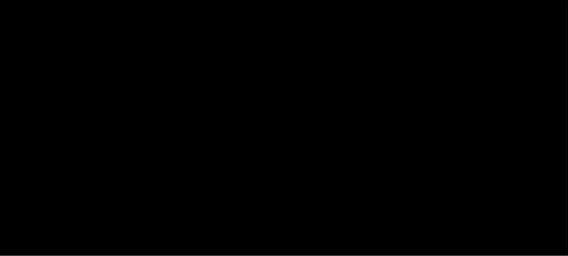
PLAN DE MUESTREO **FINAL COMPROBATORIO**

**SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR
DERRAME DE GASOLINA PREMIUM POR
SINIESTRO DE UN AUTOTANQUE EN EL KM
83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, EN
EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE,
ESTADO DE PUEBLA**

Consultoría Ambiental
Estudios y Proyectos

PLAN DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO

PARA EVALUAR EL SANEAMIENTO DE SUELO CONTAMINADO POR DERRAME DE GASOLINA POR SINIESTRO DE UNA UNIDAD PERTENECIENTE A LA EMPRESA COMERCIAL EN FLETES MÉXICO S.A. DE C.V., EN EL KM 83+100 DE LA AUTOPISTA MÉXICO-PUEBLA, BAJO EL PUENTE DEL RETORNO CHAUTLA, EN EL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR EL VERDE, ESTADO DE PUEBLA.

Elaborado por:	
Firma del Responsable Técnico:	
Lugar de Elaboración:	Ciudad de México
Fecha:	Mayo 2022

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

1 Antecedentes

Derivado del derrame de Gasolina Premium en el km 83+100 de la autopista México-Puebla, bajo el puente del retorno Chautla, en el municipio de San Salvador el Verde, Estado de Puebla, se afectó una superficie de 102.99 m² y se generaron 189.14 m³ de suelo contaminado con Hidrocarburos Fracción Ligera y con BTEX.

El saneamiento del suelo afectado por el derrame de gasolina se llevará a cabo mediante la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*", que consiste en la extracción de vapores y en la inyección en el suelo de aire limpio y soluciones con nutrientes para favorecer el crecimiento de los microorganismos capaces de degradar hidrocarburos.

El avance del saneamiento del suelo al aplicar la técnica de "Bioventeo Aerobio *In Situ*" se evaluará mediante muestreos de seguimiento, en los que se podrá detectar que las concentraciones de Hidrocarburos Fracción Ligera, disminuyan a niveles menores a los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en un suelo agrícola y forestal; por lo tanto, se logre el objetivo de los trabajos de saneamiento.

Una vez que el suelo sea saneado, se realizará un Muestreo Final Comprobatorio, con la finalidad de comprobar de manera oficial a la autoridad ambiental que se ha restaurado el suelo de acuerdo a lo establecido en 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".

2 Objetivo

Conocer mediante análisis de laboratorio la concentración de Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX presente en las zonas saneadas y verificar que los niveles de estos contaminantes se encuentren por debajo de los "Límites Máximos Permisibles" establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para un suelo agrícola y forestal.

3 Procedimiento de Muestreo

El tipo de Muestreo a realizar será Selectivo (Dirigido) Representativo, pues se seleccionarán puntos representativos del sitio. Sin embargo, y a petición de la autoridad, el muestreo también podrá ser aleatorio a fin de verificar que toda el área ha sido saneada.

4 Volumen de Obra

Como se mencionó anteriormente, el área afectada está perfectamente delimitada y corresponde a la zona del derecho de vía, y fue dividida en 3 Zonas, la Zona 1 corresponde a una poza de contención, la Zona 2 se ubica en la entrada del túnel bajo la carretera a la Ex Hacienda de Chautla y la Zona 3 pertenece a suelo y sedimentos ubicados dentro del túnel.

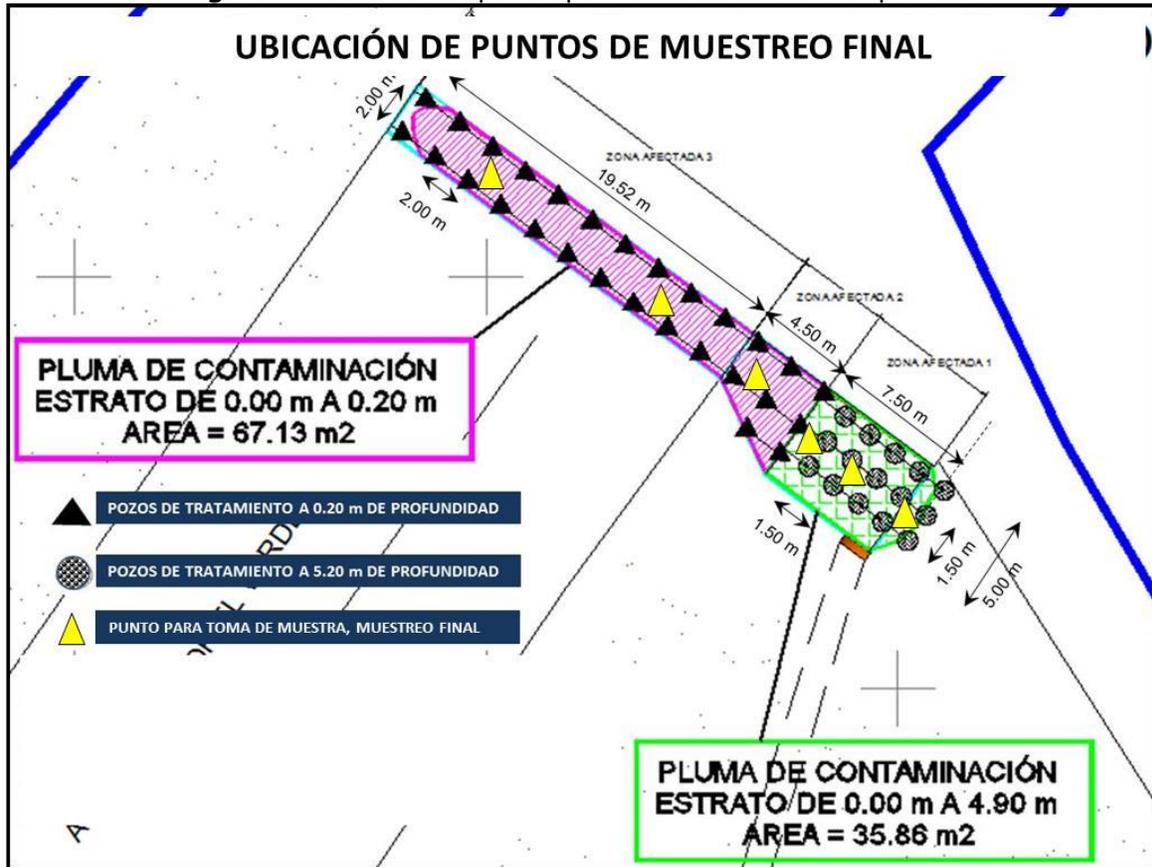
Se ubicarán 6 puntos de muestreo dentro de las zonas afectadas, de los cuales se obtendrán 12 muestras de suelo. Adicionalmente se tomaran 2 muestras duplicadas, para un total de 14 muestras.

En la Tabla 1 se presentan los puntos de muestreo, la profundidad de las muestras y los parámetros a analizar. En la Figura 1 se observa la ubicación de los puntos de muestreo.

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

ZONA	PUNTO DE MUESTREO	MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HFL	BTEX	pH	Humedad
Zona 1	P-1	3	0.50, 3.00 y 4.50	√	√	√	√
	P-2	3	0.50, 3.00 y 4.50	√	√	√	√
	P-3	3	0.50, 3.00 y 4.50	√	√	√	√
Zona 2	P-4	1	0.15	√	√	√	√
Zona 3	P-5	1	0.15	√	√	√	√
	P-6	1	0.15	√	√	√	√
TOTAL		12					
MUESTRAS DUPLICADAS		2		√	√	√	√
TOTAL		14					

Figura 1.- Ubicación de puntos para el muestreo final comprobatorio



5 Parámetros a Analizar

Los parámetros a analizar considerando los contaminantes identificados en el Estudio de Caracterización y con base a lo establecido en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, serán Hidrocarburos Fracción Ligera y BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno).

6 Equipo para toma de Muestras

Para realizar la perforación del suelo, se utilizará el equipo conocido como "Hand Auger", a través del cual también se tomará la muestra de suelo. Al terminar la perforación y toma de muestras en cada pozo, el equipo de perforación Hand Auger será lavado utilizando cepillo, jabón neutro biodegradable y agua limpia.

7 Laboratorio para Toma de Muestras y Análisis

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

Las muestras de suelo serán simples y se colocarán en frascos de cristal con tapa de teflón. Se verificará que las muestras de suelo llenen a tope los recipientes para colocar posteriormente las tapas. Los frascos serán etiquetados, sellados y colocados en una hielera a 4 °C hasta su entrega al laboratorio. La entrega será en un tiempo menor a 8 horas posteriores a la terminación del muestreo.

El personal responsable elaborará el registro de las muestras tomadas en las "Cadenas de Custodia", donde se anotarán los datos correspondientes, tales como nombre de la empresa y responsable del muestreo, ubicación del sitio, clave de identificación de la muestra, hora de la toma, ubicación de los puntos de muestreo en coordenadas y parámetros a analizar.

La cadena de custodia, también incluirá la identificación de las personas que participan en las operaciones de entrega y recepción en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha, hora y firma de los participantes.

8 Tiempo Estimado de los Trabajos

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

9 Fecha Propuesta de Muestreo

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

