



PROGRAMA DE REMEDIACIÓN

GRUPO BOQUILLA, S.A. DE C.V.

Sin. 575174-18

Derrame de Diésel, en el Km. 116 + 400 de la Carretera (16)
Chihuahua – Madera, municipio de Cuauhtémoc, estado de
Chihuahua.



“Profesionales y éticos...para su tranquilidad”

Monterrey, Nuevo León, mayo 2019

EQS Consulting Group, S.A. de C.V.

Domicilio y Teléfonos del Responsable del Estudio, Art. 113 fracción I de la
LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

ÍNDICE GENERAL

1.	DATOS DE INFORMACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN.....	1
1.1.	RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1.2.	ANTECEDENTES DEL DERRAME.....	2
1.2.1.	Derrame y diligencias	2
1.3.	PRE-DELIMITACIÓN DE ÁREA.....	3
1.4.	LABORES DE EMERGENCIA.....	6
1.5.	DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA CONTAMINACIÓN.....	8
1.6.	UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE CUAUHTÉMOC.....	9
1.7.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DEL DERRAME.....	10
1.8.	PROPIEDADES DE LA SUSTANCIA DERRAMADA – DIÉSEL.....	12
1.9.	USO DE SUELO.....	13
1.10.	EDAFOLOGÍA.....	15
1.11.	CLIMA.....	17
1.12.	HIDROLOGÍA E HIDROGRAFÍA.....	17
1.13.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	19
1.13.1.	Localización del área en estudio.....	20
1.13.2.	Cuadro de muestreo.....	20
1.13.3.	Isométrico de concentraciones y migración del contaminante.....	20
1.13.4.	Cuadro de construcción	20
1.13.5.	Tira marginal.....	20
1.14.	PLAN DE MUESTREO INICIAL.....	21
1.14.1.	Objetivo.....	21
1.14.2.	Actividades y tiempos de ejecución.....	21
1.14.3.	Personal involucrado y sus responsabilidades.....	21
1.14.4.	Sitio de muestreo.....	22
1.14.5.	Hidrocarburos a analizar.....	22
1.14.6.	Muestreo.....	22

EQS Consulting Group, S.A. de C.V.

Domicilio y Teléfonos del Responsable del Estudio, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.

1.14.7.	Recipientes, preservación y transporte de muestras.....	25
1.14.8.	Medidas y equipo de seguridad.....	25
1.14.9.	Aseguramiento de calidad del muestreo.....	26
1.15.	PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MUESTREO INICIAL.....	27
1.16.	RESULTADOS DE LABORATORIO.....	28
1.16.1.	Análisis de resultados.....	31
1.17.	CONCLUSIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN.....	33
2.	DOCUMENTOS ANEXOS DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN	35
3.	DATOS DE INFORMACIÓN DE LA PROPUESTA DE REMEDIACIÓN.....	36
3.1.	DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA REMEDIACIÓN.....	36
3.2.	MARCO TEÓRICO.....	37
3.2.1.	Remediación de suelos contaminados.....	37
3.3.	SELECCIÓN DE TÉCNICA DE BIOREMEDIACIÓN.....	39
3.3.1.	Criterios de selección.....	39
3.4.	DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO.....	40
3.5.	LÍMITES DE LIMPIEZA.....	41
3.6.	USO FUTURO DEL SITIO REMEDIADO.....	41
3.7.	PROGRAMA CALENDARIZADO DE ACTIVIDADES.....	42
4.	DOCUMENTOS ANEXOS DE LA PROPUESTA DE REMEDIACIÓN.....	43

Monterrey Nuevo León, a 20 de mayo de 2019

Sin. 575174-18

1. DATOS DE INFORMACIÓN DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

1.1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente **Programa de Remediación (PR)** fue elaborado por **EQS Consulting Group, S.A. de C.V.** e informa sobre las actividades desarrolladas, los resultados y conclusiones obtenidos en la caracterización de suelo y subsuelo contaminado con hidrocarburos, debido al derrame de **Diésel** manifestándose la cantidad derramada de **aproximadamente 11,000 L.** Este derrame se originó por el accidente de una unidad propiedad de la empresa **Gasolinera Boquilla, S.A. de C.V.**, ocurrido el 27 de mayo de 2018 en el **Km. 116 + 400 de la Carretera No. 16 Chihuahua – Madera, municipio de Cuauhtémoc, estado de Chihuahua.**

Con el fin de dar cumplimiento a las disposiciones ambientales vigentes en materia de suelos contaminados, se ha elaborado el presente Programa de Remediación (PR). En él se detallan las características del sitio del accidente, los procedimientos empleados para su caracterización, las Labores de Emergencia, los resultados de los estudios y análisis realizados, el diagnóstico y las conclusiones correspondientes conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, así como la propuesta de remediación adecuada.

El resultado de los análisis indica que las muestras tomadas en el **área total afectada de aproximadamente 276 m²** del sitio del derrame superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) para Hidrocarburos Fracción Media (HFM) establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Debido a esta razón, un **volumen total aproximado de 331.20 m³** (suelo depositado en celda provisional durante las Labores de Emergencia) de suelo dañado con **Diésel** debe ser sometido a un proceso de biorremediación mediante la técnica **Biorremediación por biopilas a un lado del sitio contaminado**, esto a realizarse en un plazo de **21 semanas.**

IA. Aide Viridiana Moreno Montalvo

Ingeniero de Proyecto

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

1.2. ANTECEDENTES DEL DERRAME

1.2.1. Derrame y diligencias

El accidente ocurrió el día 27 de mayo de 2018 en el **Km. 116 + 400 de la Carretera No. 16 Chihuahua – Madera, municipio de Cuauhtémoc, estado de Chihuahua**, manifestándose la cantidad derramada de **aproximadamente 11,000 L de Diésel** (*Anexo I – Carta Porte*).

En fecha 30 de mayo de 2018, la empresa **Gasolinera Boquilla, S.A. de C.V.**, dio aviso formal de derrame a la Dirección General de Supervisión, Inspección y Vigilancia Comercial (DGSIVC) de la ASEA (Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente), mediante Correos de México, conteniendo como anexos el formato de Aviso Inmediato P-ASEA-USIVI-004 y la Formalización de Aviso P-ASEA-USIVI-005 (*Anexo II – Aviso de derrame*).

Personal de ISALI, S.A. de C.V. hizo acto de presencia en el sitio de derrame capturando exposiciones digitales del mismo (*Anexo III – Fotográfico – Visita Inicial*).

En cumplimiento de la legislación ambiental vigente en el país en materia de suelos contaminados, se han designado como responsables técnicos para la elaboración del estudio de caracterización y la ejecución de la remediación, quienes trabajarán de manera conjunta, siendo las siguientes empresas:

- **ISALI, S.A. DE C.V.**, con autorización No. 19-V-57-09, para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos.
- **EQS CONSULTING GROUP, S.A. DE C.V.**, con autorización No. ASEA-ATT-SCH-0042-18, para el tratamiento de suelos contaminados.

*Por lo que para el caso que nos ocupa, la empresa **EQS CONSULTING GROUP, S.A. DE C.V.** será la encargada de llevar a cabo la técnica de remediación en el sitio en estudio donde se suscitó la emergencia ambiental.*

1.3. PRE-DELIMITACIÓN DE ÁREA

Con el objetivo de predelimitar el área y el volumen a extraer, se realizó un sondeo en el sitio durante las Labores de Emergencia realizadas en el mismo, las cuales iniciaron en fecha 05 de junio de 2018, analizando las muestras con equipo PetroFlag Hydrocarbon Test Kit For Soil, bajo el método EPA-SW-448-DRAFT METHOD 9074, el cual arroja resultados específicos en unidades de parte por millón (lo cual en una base de masa por masa son idénticas a miligramos por kilogramos) para el producto derramado siendo Diésel, ya que antes de realizar el análisis de las muestras tomadas en el sitio durante el mencionado sondeo, dicho equipo se calibra y se configura para el hidrocarburo a analizar seleccionando el factor de respuesta (RF) correspondiente, tal como se puede observar en la Figura Ilustrativa No. 1.1. y en la Hoja de datos de campo del PetroFlag (*Anexo IV – Hoja de datos*). Cabe mencionar que al tratarse de un monitoreo interno por parte de la empresa ISALI, S.A. de C.V., no se generó un informe de Resultados ni Cadenas de Custodia, solo la Hoja de datos de campo del PetroFlag mencionada anteriormente, llenada por personal de campo durante la realización de las Labores de Emergencia.

Hydrocarbon Type	Method Detection Limit (ppm)	Response Setting
Transformer Oil	15	10
Grease	15	9
Hydraulic Fluid	10	8
Transmission Fluid	19	8
Motor Oil	19	7
#2 Fuel Oil	25	7
#6 Fuel Oil	18	6
Diesel Fuel	13	5
Gear Oil	22	5
Low Aromatic Diesel	27	4
Pennsylvania Crude Oil	20	4
Kerosene	28	4
Jet A	27	4
Weathered Gasoline	200**	2

Figura Ilustrativa No. 1.1. Factor de respuesta.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el sondeo, así como el croquis del sitio en estudio:

Tabla No. 1.1. Resultados de Sondeo									
Puntos de sondeo	Muestra	Profundidad (m)	Peso (g)	Hora	Fecha	Lectura (ppm)	Sitio de toma de muestra	Factor de Respuesta	Comentarios
1	S-01	0.30	10.05	8:10	04-jun-18	>1200	Área afectada	5	Dentro de Norma (<1200 ppm) Fuera de Norma (>1200 ppm)
	S-02	0.60	10.0	8:26	04-jun-18	>1200		5	
	S-03	0.90	10.15	8:40	04-jun-18	>1200		5	
	S-04	1.20	9.95	8:56	04-jun-18	<1200		5	
	S-05	1.50	9.85	9:11	04-jun-18	<1200		5	
2	S-06	0.30	9.89	9:27	04-jun-18	>1200		5	
	S-07	0.60	10.04	9:42	04-jun-18	>1200		5	
	S-08	0.90	9.90	9:57	04-jun-18	>1200		5	
	S-09	1.20	10.14	10:12	04-jun-18	<1200		5	
	S-10	1.50	9.93	10:27	04-jun-18	<1200		5	
3	S-11	0.30	10.10	10:41	04-jun-18	>1200		5	
	S-12	0.60	9.96	10:56	04-jun-18	>1200		5	
	S-13	0.90	10.17	11:12	04-jun-18	>1200		5	
	S-14	1.20	9.95	11:28	04-jun-18	<1200		5	
	S-15	1.50	10.14	11:43	04-jun-18	<1200		5	
4	S-16	0.30	10.01	11:58	04-jun-18	>1200		5	
	S-17	0.60	10.10	12:13	04-jun-18	>1200		5	
	S-18	0.90	9.96	12:29	04-jun-18	>1200		5	
	S-19	1.20	9.90	12:44	04-jun-18	<1200		5	
	S-20	1.50	10.05	12:59	04-jun-18	<1200		5	
5	S-21	0.30	9.95	13:13	04-jun-18	>1200		5	
	S-22	0.60	10.0	13:28	04-jun-18	>1200		5	
	S-23	0.90	9.80	13:43	04-jun-18	>1200		5	
	S-24	1.20	10.09	14:00	04-jun-18	<1200		5	
	S-25	1.50	10.12	14:16	04-jun-18	<1200		5	
6	S-26	0.30	10.02	8:31	05-jun-18	>1200		5	
	S-27	0.60	9.96	8:47	05-jun-18	>1200		5	
	S-28	0.90	9.90	9:02	05-jun-18	>1200		5	
	S-29	1.20	10.05	9:17	05-jun-18	<1200		5	
	S-30	1.50	9.95	9:33	05-jun-18	<1200		5	
7	S-31	0.30	10.0	9:49	05-jun-18	>1200	5		
	S-32	0.60	10.01	10:04	05-jun-18	>1200	5		
	S-33	0.90	10.08	10:19	05-jun-18	>1200	5		
	S-34	1.20	9.87	10:34	05-jun-18	<1200	5		
	S-35	1.50	9.95	10:50	05-jun-18	<1200	5		
8	S-36	0.20	9.97	11:06	05-jun-18	<1200	Periferia del área afectada	5	
	S-37	0.80	10.12	11:21	05-jun-18	<1200		5	
9	S-38	0.80	9.88	11:36	05-jun-18	<1200	5		

9	S-39	1.20	10.10	11:51	05-jun-18	<1200	Periferia del área afectada	5	Dentro de Norma (<1200 ppm) Fuera de Norma (>1200 ppm)
10	S-40	0.60	10.01	12:06	05-jun-18	<1200		5	
	S-41	1.50	10.10	12:21	05-jun-18	<1200		5	
11	S-42	Superficial	9.96	12:36	05-jun-18	<1200		5	
	S-43	0.60	9.90	12:50	05-jun-18	<1200		5	
	S-44	1.00	10.05	13:05	05-jun-18	<1200		5	
12	S-45	0.60	9.95	13:20	05-jun-18	<1200		5	
	S-46	1.20	10.09	13:34	05-jun-18	<1200		5	
13	S-47	Superficial	9.68	13:49	05-jun-18	<1200		5	
	S-48	0.90	9.90	14:04	05-jun-18	<1200		5	
14	S-49	0.70	9.98	14:19	05-jun-18	<1200		5	
	S-50	1.20	10.10	14:33	05-jun-18	<1200		5	

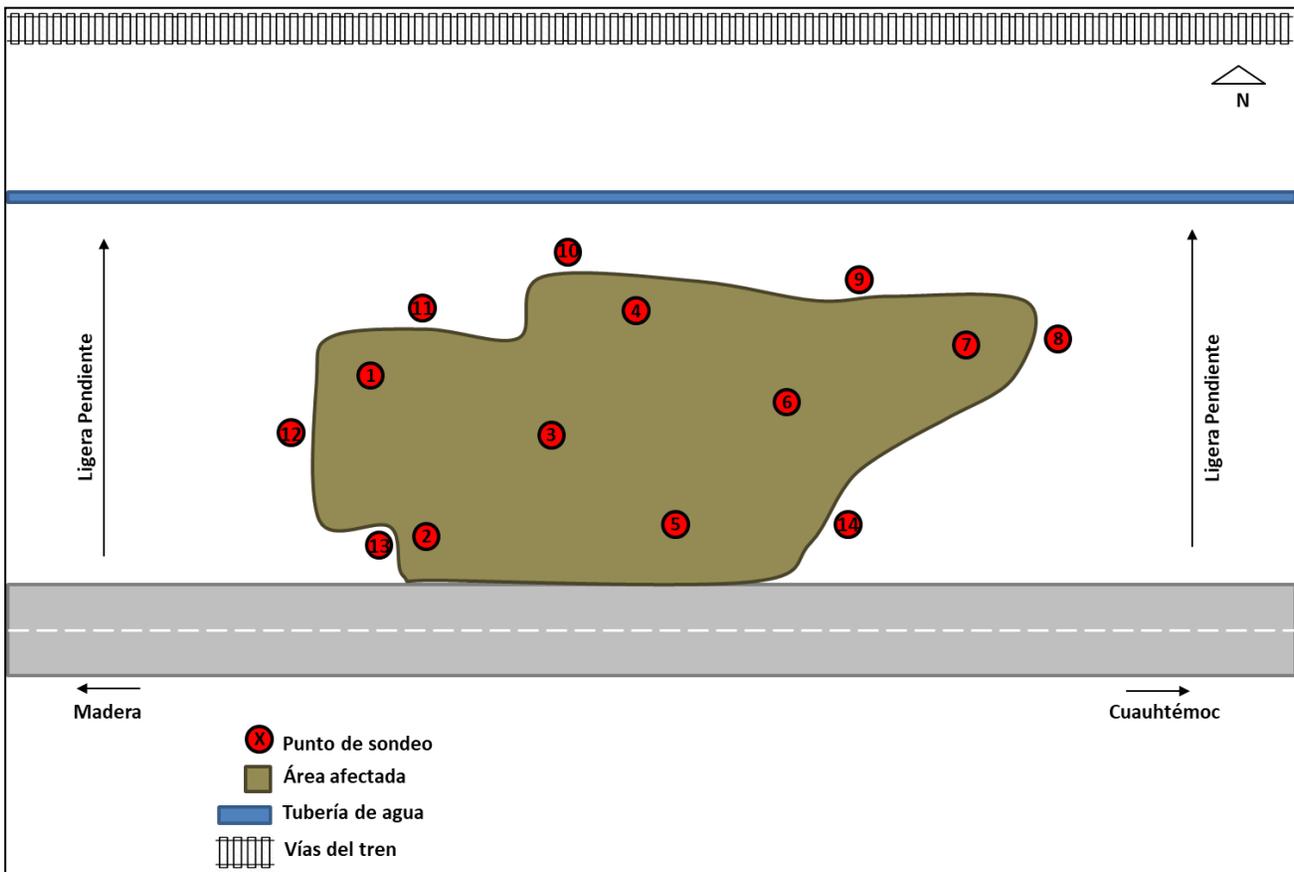


Figura Ilustrativa No. 1.2. Ubicación de puntos de sondeo para pre-delimitación del sitio en estudio.

1.4. LABORES DE EMERGENCIA

Acorde a lo establecido en el artículo 130 fracción I del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, mismo que a la letra dice:

Artículo 130.- Cuando por caso fortuito o fuerza mayor se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de materiales peligrosos o residuos peligrosos, en cantidad mayor a la señalada en el artículo anterior, durante cualquiera de las operaciones que comprende su manejo integral, el responsable del material peligroso o el generador del residuo peligroso y, en su caso, la empresa que preste el servicio deberá:

- I. Ejecutar medidas inmediatas para contener los materiales o residuos liberados, minimizar o limitar su dispersión o recogerlos y realizar la limpieza del sitio;*
- II. Avisar de inmediato a la Procuraduría y a las autoridades competentes, que ocurrió el derrame, infiltración, descarga o vertido de materiales peligrosos o residuos peligrosos;*
- III. Ejecutar las medidas que les hubieren impuesto las autoridades competentes conforme a lo previsto en el artículo 72 de la Ley, y*
- IV. En su caso, iniciar los trabajos de caracterización del sitio contaminado y realizar las acciones de remediación correspondientes.*

En el sitio se llevaron a cabo diversas actividades con el objetivo de contener el derrame de Diésel en el sitio, así como evitar un mayor desplazamiento del hidrocarburo en suelo natural, en el sitio se llevaron a cabo Labores de Emergencia, mismas que se enlistan a continuación:

- **Levantamiento de datos:** Se cuantificó la superficie horizontal y superficie de la pluma del contaminante sobre el área afectada.
- **Señalización del sitio:** Con ayuda de recurso humano se señaló y se colocaron conos para delimitar el área afectada, así mismo se realizaron acciones de abanderamiento como medidas preventivas.
- **Construcción de celda provisional:** Con ayuda de maquinaria pesada como es la retroexcavadora se realizó la nivelación y compactación del terreno donde se construyó la celda provisional, posteriormente se construyeron los bordos de esta con suelo natural libre de contaminantes. Una vez hecho lo anterior, con apoyo de recurso humano se tendió una película de polietileno de alta densidad sobre de ella, esto con la finalidad de evitar que el suelo impregnado con Diésel entre en contacto con suelo natural ubicado debajo la misma; finalmente se colocó una capa de arcilla sobre la película de polietileno para aumentar la impermeabilidad de esta.

- **Extracción del material edáfico afectado:** Con la ayuda de maquinaria pesada como es la retroexcavadora se extrajo el material edáfico afectado.
- **Acarreo de material afectado a la celda provisional:** Una vez concluida la construcción de la celda, con apoyo de maquinaria pesada como la retroexcavadora y camión de volteo, se procedió a acarrear el suelo natural afectado con Diésel a dicha celda, para su tratamiento posterior.
- **Relleno de la fosa de excavación y colocación de tubos de monitoreo:** A solicitud verbal del dueño del predio particular afectado, la fosa de excavación tuvo que ser rellenada por lo cual fueron debidamente colocado tubos de monitoreo para la posterior toma de muestras.

Se realizó un compendio fotográfico de las labores anteriormente descritas (*Anexo V – Fotográfico – Labores de Emergencia*).

1.6. UBICACIÓN E INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE CUAUHTÉMOC¹

El municipio de Cuauhtémoc se localiza en la de Latitud Norte 28° 28"; Longitud Oeste 106° 52"; con una Altitud de 2,060 msnm. Colinda al Norte con Namiquipa, al Este con Riva Palacio, al Sur con Cusihuirachi y Gran Morelos y al Oeste con Bachíniva y Guerrero. La cabecera municipal se encuentra a 103 Km aproximadamente, de la capital del estado.

El municipio de Cuauhtémoc tiene una superficie de 3,614.07 Km², lo cual representa el 1.2% de la superficie del estado.

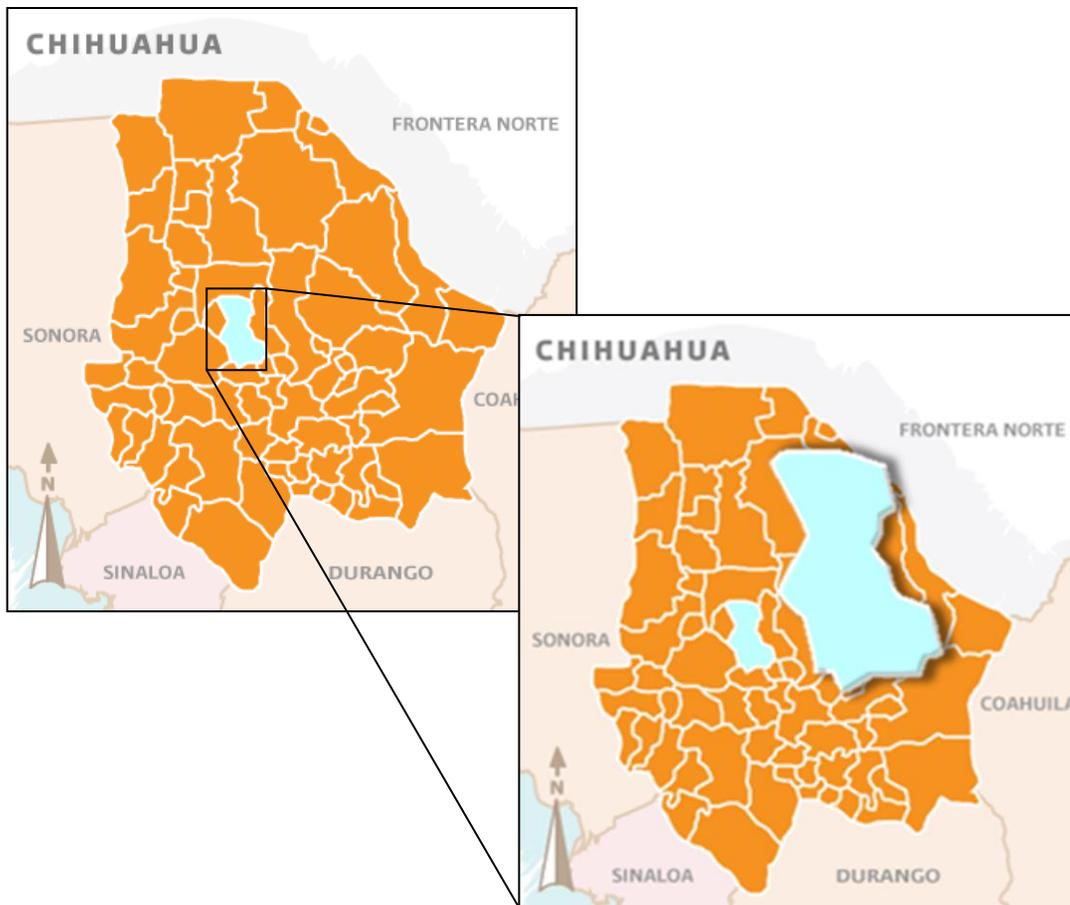


Figura Ilustrativa No. 1.3. Ubicación del municipio de Cuauhtémoc (Chihuahua).

¹ Enciclopedia de los Municipios de México. www.inafed.gob.mx

1.7. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DEL DERRAME

La ubicación del sitio de derrame es en la **Km. 116 + 400 de la Carretera No. 16 Chihuahua – Madera, municipio de Cuauhtémoc, estado de Chihuahua**, donde ocurrió el accidente carretero de una unidad propiedad de la empresa **Gasolinera Boquilla, S.A. de C.V.** En el sitio se derramaron **aproximadamente 11,000 L de Diésel**, su ubicación geográfica se señala en la Tabla No. 1.2.

Tabla No. 1.2 Ubicación geográfica del sitio del accidente (Punto de impacto)	
Latitud Norte	Longitud Oeste
28° 23' 33.65"	106° 59' 36.68"
UTM²	
13R 0304685 3142319	

El punto de impacto se encuentra sobre suelo natural de derecho de vía del Km. 116 + 400 de la Carretera No. 16 Chihuahua – Madera, municipio de Cuauhtémoc y parte de un predio particular, donde la unidad sufrió un accidente provocando un derrame de hidrocarburo desplazándose hacia el Norte y Noreste. En los alrededores se observa vegetación de tipo pastizal. La vegetación que predomina en el municipio de Cuauhtémoc está compuesta por agricultura de temporal.

A aproximadamente 12 Km de la cabecera municipal de Cuauhtémoc, así como a 36 Km del municipio de La Junta, Chihuahua.

No se encontró ningún cuerpo de agua aledaño al sitio en estudio, por lo cual se descartó dar aviso a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Asimismo, es importante considerar que de acuerdo con la Carta de Edafología 1: 1 000 000 Chihuahua. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), este presenta un suelo de textura limosa, dicha información se corrobora con lo observado en campo. Este tipo de suelo presenta una infiltración baja media con material consolidado según la Carta de Aguas Subterráneas 1: 1 000 000 Chihuahua. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), sin embargo y en función a los sondeos realizados durante las Labores de Emergencia del material afectado, se observó que el sitio presenta una infiltración alta, además de tener una humedad general de 18.63 % en la Fosa de Excavación y 19.53% en la celda provisional de acuerdo con los resultados de laboratorio del Muestreo Inicial. Además de presentar una gama de colores tales como: café rojizo (Sistema de Munsell 5YR4/4) y café claro (Sistema gris claro Munsell 7.5YR6/4).

² Sistemas de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.

Esta ubicación se ilustra en la Figura No. 1.4.³

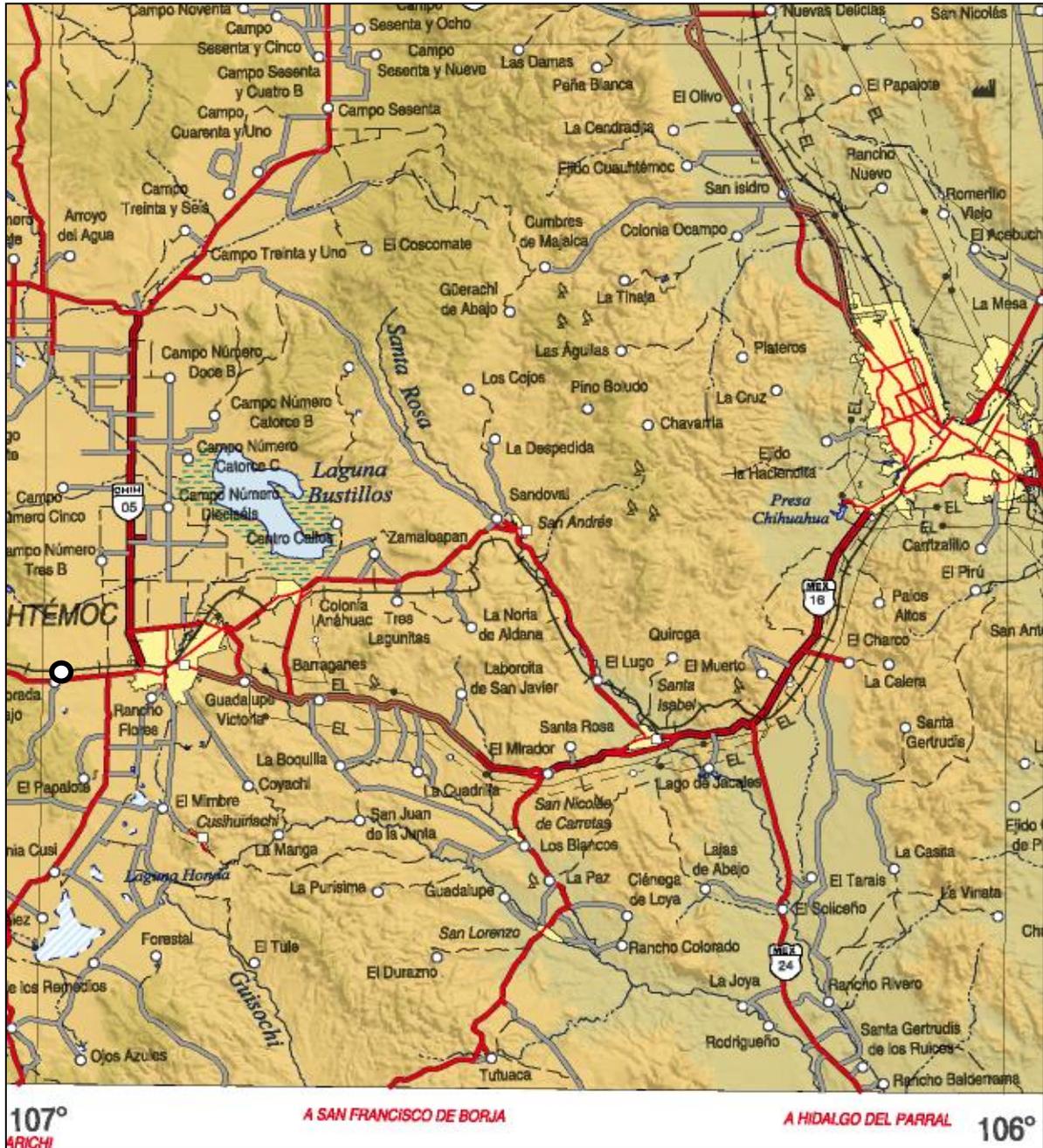


Figura Ilustrativa No. 1.4. Ubicación local del sitio del derrame.

● 13R 0304685 3142319

³ Carta Topográfica 1: 1 000 000 Chihuahua INEGI. México.

1.8. PROPIEDADES DE LA SUSTANCIA DERRAMADA – DIÉSEL

El Diésel es un derivado del petróleo que está formado principalmente por compuestos parafínicos, naftalénicos y aromáticos. El número de carbonos es bastante fijo y se encuentra entre el C10 y C22. Tiene una densidad de 0.865 Kg / L a 15.5 ° C & 760 mm Hg.

Al igual que el petróleo crudo, el Diésel, es una mezcla de numerosos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contiene azufre, nitrógeno y oxígeno; casi en su totalidad solubles en sulfuro de carbono¹². Dentro de los compuestos cíclicos que contiene el asfalto son los Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos o polinucleares (HAPs) son un conjunto de productos químicos hidrocarbonados que se encuentran en gran cantidad como componentes naturales del petróleo, debido a su formación anaerobia y por lo tanto a la tendencia a formar moléculas que solamente contienen átomos de carbono e hidrógeno que consisten en 2 o más anillos bencénicos ya sean en forma simple o múltiple formando cadenas. Los Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs) constituyen un grupo de contaminantes considerado de estudio prioritario debido a sus propiedades mutagénicas, tóxicas y cancerígenas.

1.9. USO DE SUELO

De acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1: 1 000 000 Chihuahua. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), en el sitio del derrame existe la presencia de agricultura de temporal, se clasifica como tal al tipo de agricultura en donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, por lo que su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua, su clasificación es independiente del tiempo que dura el cultivo en el suelo, que puede llegar a más de diez años, en el caso de los frutales, o bien son por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo. Estas zonas, para ser clasificadas como de temporal deberán permanecer sembradas al menos un 80% del ciclo agrícola.

Cabe señalar que el suelo afectado por el derrame de Diésel donde se suscitó la volcadura pertenece al derecho de vía del Km. 116 + 400 de la Carretera No. 16 Chihuahua – Madera, existe vegetación compuesta por pastizal natural y matorrales, siendo un este un uso de suelo Agrícola.

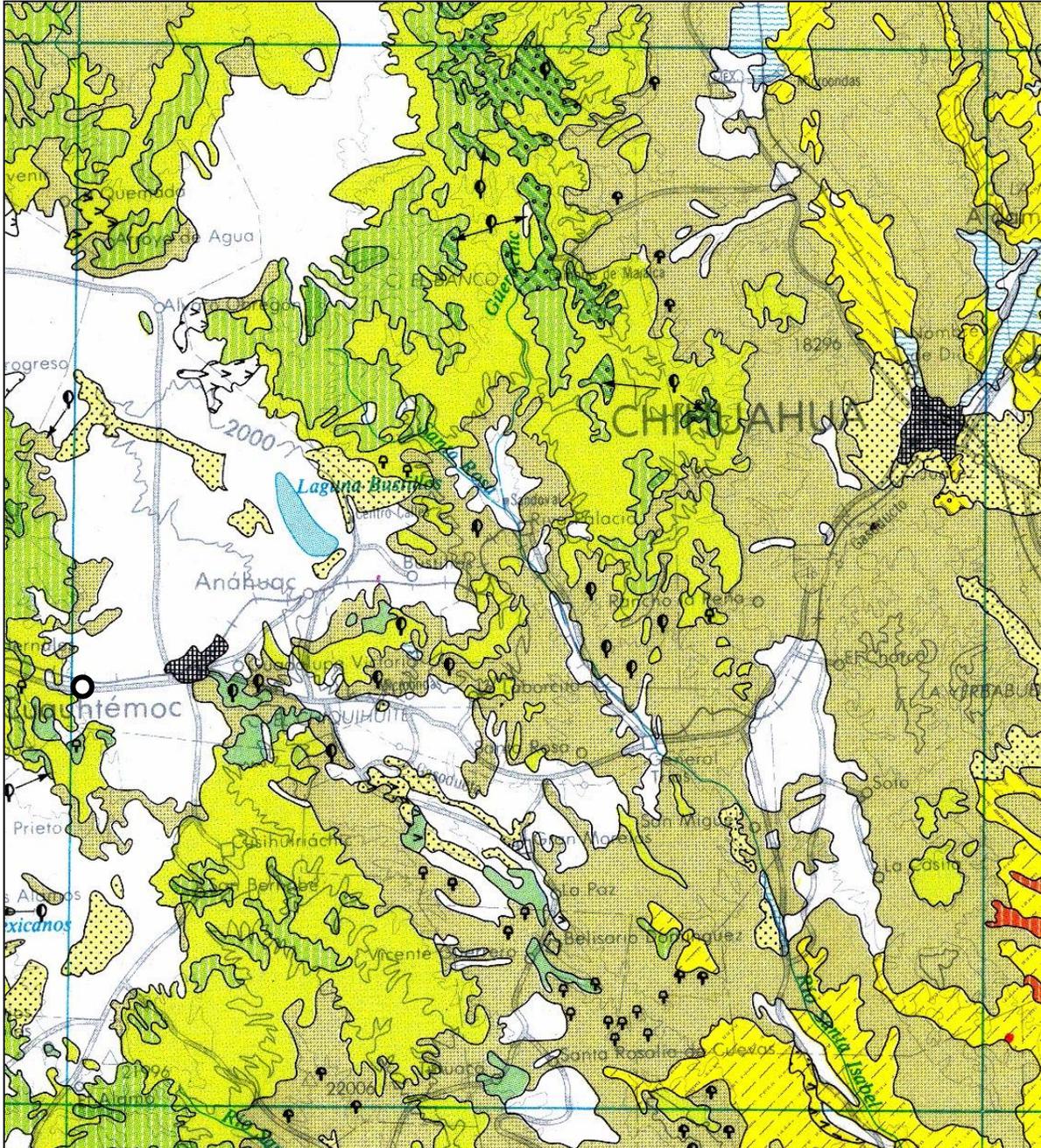


Figura Ilustrativa No. 1.5. Ubicación local del sitio del derrame y su correspondiente uso de suelo y vegetación.

● 13R 0304685 3142319

1.10. EDAFOLOGÍA⁴

De acuerdo con la Carta Edafología 1: 1 000 000 Chihuahua. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), el sitio del derrame presenta la siguiente clasificación del suelo:

Wm / 2

Suelo predominante: Wm – Planosol molico

Textura del suelo⁵: 2 – Media (Limosa)

Fase física⁶: Lítica

Fase química⁷: Sin fase química

El término **Planosol** deriva del latín "*planus*" que significa plano, llano. Connotativo de suelos generalmente desarrollados en relieves planos que en alguna parte del año se inundan en su superficie. Son medianamente profundos en su mayoría, entre 50 y 100 cm, y se encuentran principalmente en los climas templados y semiáridos de nuestro país. Las regiones donde se han registrado con mayor frecuencia son los Altos de Jalisco, llanuras de Ojuelos – Aguascalientes, los valles zacatecanos y algunas porciones de las planicies tarahumaras. Su vegetación natural es de pastizal o matorral. Se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial, una capa infértil y relativamente delgada de un material claro que generalmente es menos arcilloso que las capas tanto que lo cubren como las capas que la subyacen. Debajo de esta capa se presenta un subsuelo muy arcilloso, o bien, roca o tepetate, todos impermeables. En otros países se les conoce como suelos "duplex" por el contraste en su textura. En el centro Norte de México, se utilizan con rendimientos moderados en la ganadería de bovinos, ovinos y caprinos. Su rendimiento agrícola depende de la subunidad de Planosol que se trate. Son muy susceptibles a la erosión, sobre todo en las capas superficiales. El símbolo para su representación cartográfica es (W)

En cuanto a la textura del suelo, ésta es media (limosa⁸), textura cuyo contenido de arcilla se encuentra entre 0 y 12%, limo entre 80 y 100% y arena entre 0 y 20%. Presenta fase física Lítica⁹. No presenta fase química¹⁰.

Dicha información se corrobora con lo observado en campo, el sitio presenta un tipo de suelo limoso con colores como: café rojizo (Sistema de color Munsell 5YR4/4) y café claro (Sistema de color Munsell 7.5YR6/4).

⁴ Carta Edafología 1: 1 000 000 Chihuahua. INEGI.

⁵ Proporción porcentual de las partículas minerales (arena, limo y arcilla) que constituyen el suelo, en los 30 cm. de profundidad.

⁶ Característica del suelo definido de acuerdo con la presencia una capa fuertemente cementada por carbonato de calcio y magnesio los 50 y hasta 100 cm de profundidad.

⁷ Presencia de sales solubles, sodio intercambiable o ambas por lo menos en una parte del suelo, a menos de 125 cm de profundidad.

⁸ Tamaño de partícula: 2 mm y 0.2 mm.

⁹ Roca continua entre los 50 y 100 cm de profundidad.

¹⁰ Guía de Interpretación. Edafología. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

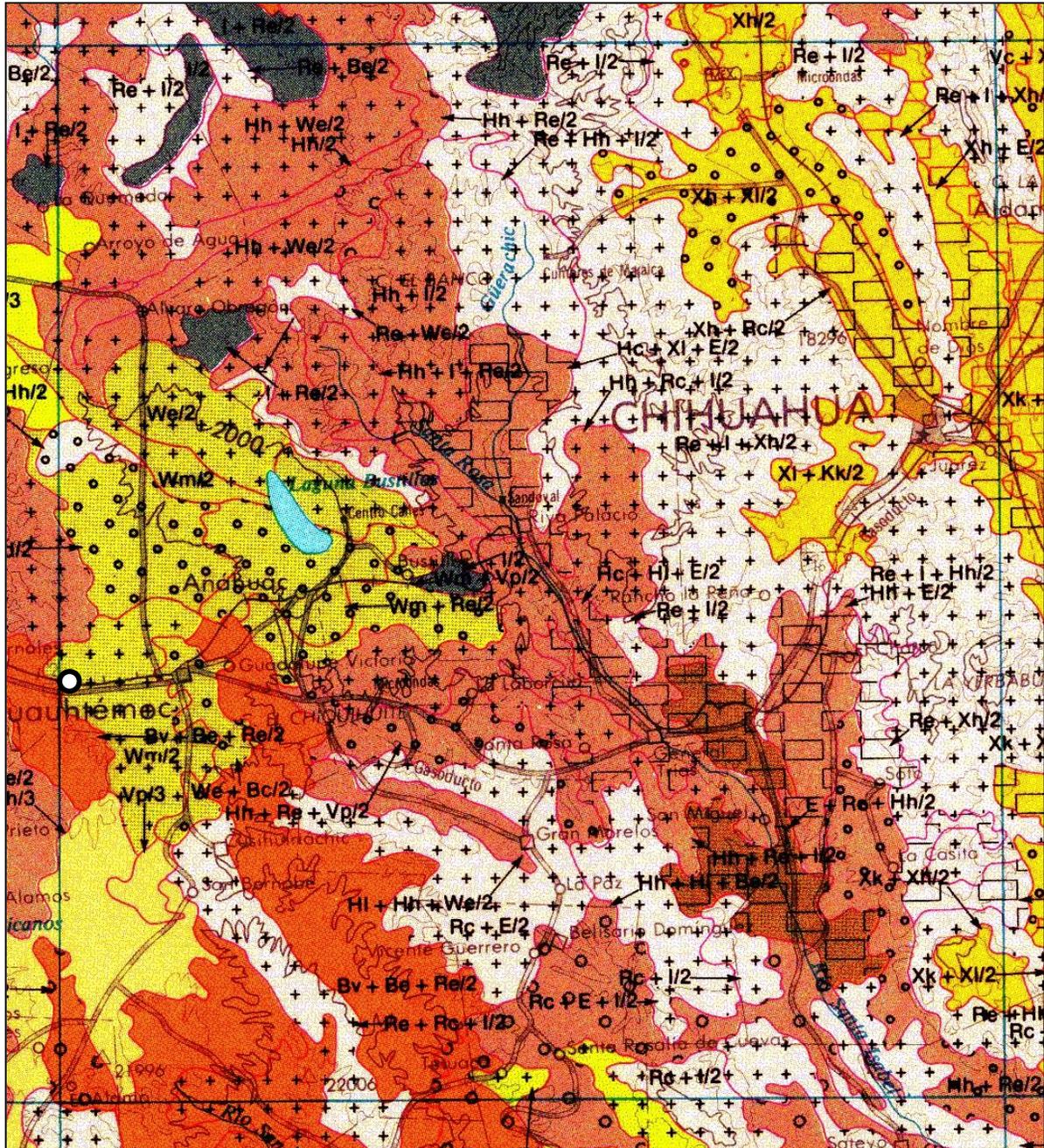


Figura Ilustrativa No. 1.6. Coordenada del sitio de derrame y su correspondiente tipo de suelo.

● 13R 0304685 3142319

1.11. CLIMA

El clima del municipio de Cuauhtémoc se califica de transición, de semihúmedo a templado; con una temperatura media anual de 14° C y una mínima de -14.6° C. La precipitación pluvial media anual es de 439 mm, con humedad relativa al 65% y un promedio anual de 66 días de lluvias. Los vientos dominantes provienen del Suroeste.

1.12. HIDROLOGÍA E HIDROGRAFÍA

El agua superficial se localiza básicamente en las lagunas de Bustillos, del Pájaro, de los Mexicanos y Los Nogales; así como las presas: La Quemada, Napavechi, Del Burro, El Picacho, Tres Lagunita, Seis de Enero, Cuauhtémoc, Barraganes y Tásate del Águila.

El municipio no cuenta con ríos, su territorio es atravesado por varios arroyos, la mayor parte de ellos solo llevan agua en tiempo de lluvias, sus corrientes pertenecen casi en su totalidad a la vertiente interior, formada por la cuenca de la Laguna de Bustillos.

En la parte oriental se forman las primeras corrientes de los ríos de San Lorenzo y Carretas.

Según la Carta Hidrológica 1: 1 000 000 Chihuahua del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), la zona del derrame presenta un tipo de material consolidado con posibilidades de infiltración baja media¹¹ (Ver Figura 1.7.). Sin embargo, al visitar el sitio se observa material consolidado y una infiltración alta, y de acuerdo con los resultados de laboratorio de Muestreo Inicial el sitio presenta una humedad general de 18.63% mientras que en la celda provisional presenta una humedad promedio de 19.53%.

¹¹ Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas 1: 1 000 000 Chihuahua. INEGI.

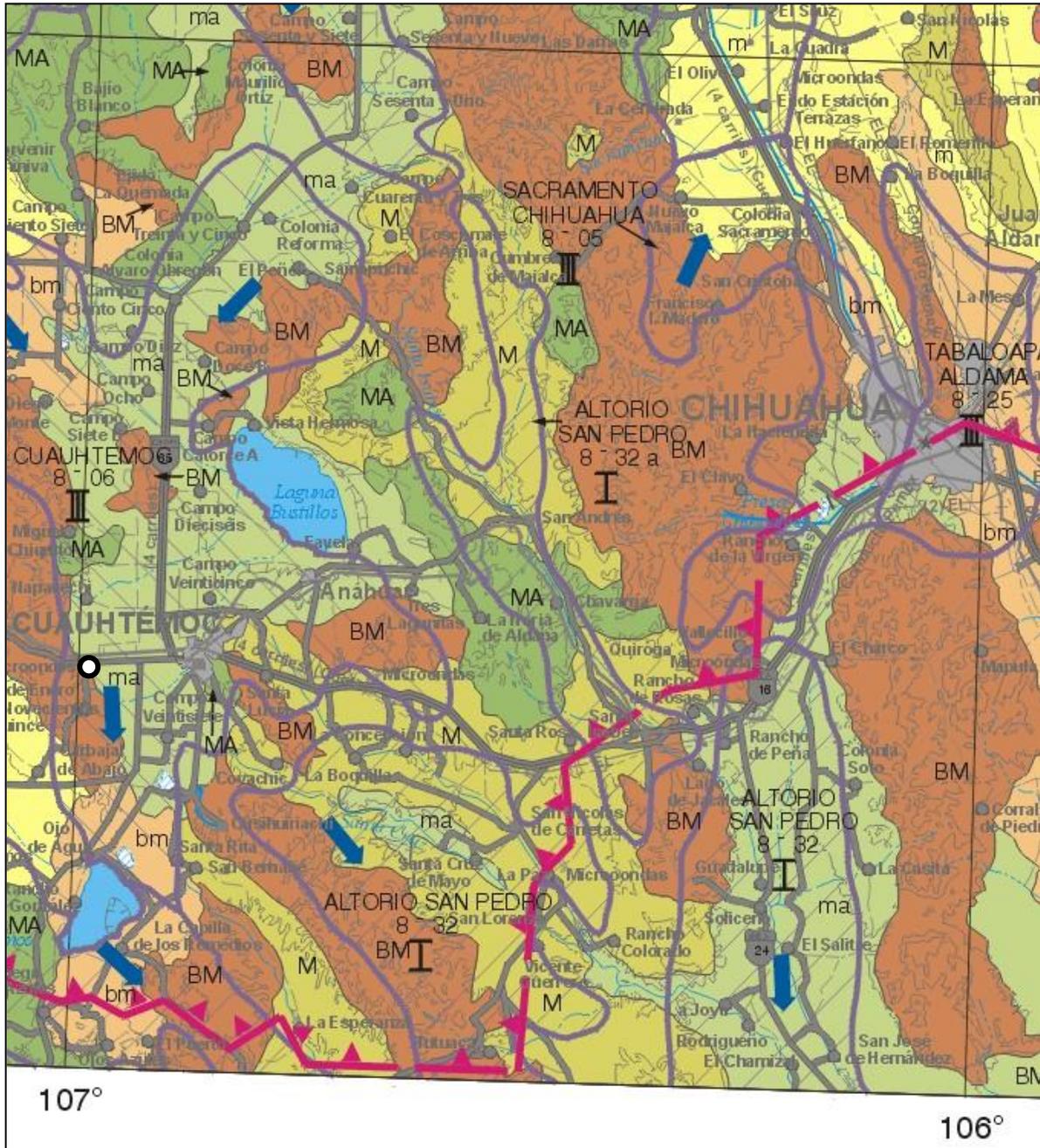


Figura Ilustrativa No. 1.7. Coordenada del sitio de derrame y su correspondiente hidrología superficial y subterránea.

● 13R 0304685 3142319

1.13. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El conjunto de operaciones necesarias para determinar la ubicación geográfica del sitio contaminado, la superficie de la mancha originada por el derrame y los niveles de la superficie de dicho lugar se conoce como Levantamiento Topográfico (LT). La utilidad de la información proporcionada por el LT en la caracterización del sitio afectado es fundamental, del levantamiento topográfico podemos resaltar:

- Establece de forma precisa la ubicación del sitio del derrame la cual tiene como coordenadas de referencia 28° 23' 33.65" Latitud Norte y 106° 59' 36.68" Longitud Oeste (UTM 13R 0304685 3142319), en el **Km. 116 + 400 de la Carretera No. 16 Chihuahua – Madera, municipio de Cuauhtémoc, estado de Chihuahua**, con la finalidad de que éste sea localizado por cualquier persona involucrada o interesada en la caracterización y/o remediación.
- Determina la superficie de suelo natural con un **área total afectada** de **276 m²** (0.0276 ha), la cual se estableció con base en los sondeos realizados en el sitio (*Ver Sección 1.3. del presente documento*) y a los resultados realizados en el sitio (*Ver Sección 1.16. Resultados de Laboratorio del presente documento*).
- El movimiento horizontal de la sustancia derramada está determinado por lo accidentado del terreno (curvas de nivel¹²), además el comportamiento de la migración del contaminante está en función de las características del sitio, desplazándose en dirección predominante hacia el Noroeste y Suroeste.

El LT para este proyecto fue realizado por el Arq. Julian Blanco Amaro, quien tiene experiencia en Topografía. La información obtenida en el LT en campo es procesada en gabinete mediante el software denominado AutoCAD, para así obtener el plano correspondiente.

El plano del Levantamiento Topográfico incluye la tira marginal, la vista en planta, el plano isométrico de concentraciones y migración del hidrocarburo y las tablas de datos, forman el *Anexo VI*.

En el plano adjunto encontraremos lo siguiente:

¹² Una curva de nivel es aquella línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones y de altura o cota.

1.13.1. Localización del área en estudio

Vista en planta, la cual es una representación gráfica bidimensional de un proyecto, ubicación y dimensiones, o partes de este sobre un plano horizontal visto desde arriba. También llamada planta y proyección horizontal. Proyecta la siguiente información:

- Nombre y Escala de la figura representada en la ventana.
- Avenidas, Carreteras y/o Autopistas que cruzan por el sitio, con divisiones de carril, acotamientos, sentido en el que circulan y próximo destino.
- Predios particulares.
- Puntos del muestreo.
- Intervalos de las curvas de nivel (elevaciones).

1.13.2. Cuadro de muestreo

Contiene los puntos de muestreo en el sitio con las denominaciones, referencias y valores que se den en los resultados de los análisis químicos del contaminante.

1.13.3. Isométrico de concentraciones y migración del contaminante.

Proyecta una simulación del comportamiento vertical y horizontal de la pluma del contaminante derramado basándose en los resultados obtenidos del análisis realizado por un laboratorio de pruebas analíticas a las muestras recolectadas en sitio afectado.

1.13.4. Cuadro de construcción

Tabla que contiene los datos geográficos para la construcción y ubicación de un polígono en un espacio determinado.

1.13.5. Tira marginal

Contiene la siguiente información técnica:

- Nombre de proyecto
- Autor
- Escala del plano
- Tipo del plano
- Disciplina
- Ubicación
- Empresa responsable de la contaminación
- Sustancia derramada
- Orientación geográfica
- Georreferenciado con coordenadas UTM
- Firma

1.14. PLAN DE MUESTREO INICIAL

1.14.1. Objetivo

El presente plan tiene como objetivo referenciar las actividades y requerimientos de la norma aplicable y/o lo establecido por las autoridades ambientales, para este caso en particular se cumplirá lo señalado en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

1.14.2. Actividades y tiempos de ejecución

ACTIVIDAD	TIEMPO DE EJECUCIÓN*	RESPONSABLE
Ubicación en sitio de muestreo	Dependerá de la distancia y punto de partida del personal involucrado	Todos los involucrados
Ubicación y georreferenciación de puntos de muestreo	35 minutos	Responsable técnico
Toma de muestras	60 minutos cada muestra**	Laboratorio
Lavado del equipo	45 minutos	Laboratorio
Envasado, etiquetado y sellado de muestras	50 minutos	Laboratorio
Llenado de cadena(s) de custodia y papelería de campo	60 minutos	Laboratorio
Toma de evidencia fotográfica	30 minutos	Responsable técnico
Elaboración de documento oficial (acta, minuta, etc.)	Dependerá del tipo de documento y de personal de cada Dependencia	ASEA

*Tiempo total aproximado que se destinará a cada actividad durante todo el proceso de ejecución de la toma de muestras.

**Este tiempo es estimado y dependerá de las condiciones del sitio en el momento de la toma de muestra.

1.14.3. Personal involucrado y sus responsabilidades

- **Inspector (es) de la ASEA (Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente):** Dar fe de los hechos u omisiones sobre la toma de muestras.
- **Representante Legal de Gasolinera Boquilla, S.A. de C.V.:** Fungir como representante y primer interesado de la atención al derrame de Diésel, o en su defecto el representante de la empresa.
- **Personal de ISALI, S.A. de C.V. (ISALI):** Dirigir la toma de muestras basándose en el presente plan y hacer cumplir las actividades de muestreo establecidas en la Normatividad vigente.
- **Personal de Laboratorio:** Realizar la toma de muestras bajo las especificaciones del presente plan y de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, así como de las recomendaciones de ASEA e ISALI. El laboratorio cuenta con acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditación A.C. (ema®) para muestreo de suelo, así como su

respectiva aprobación ante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

1.14.4. Sitio de muestreo

Características.

De acuerdo con la cartografía del sitio afectado, éste presenta un suelo de textura limosa con un tipo de infiltración baja media y material consolidado, sin embargo, con base a las observaciones realizadas en campo, el suelo presenta un tipo de textura limosa presentando material consolidado y una infiltración alta. En los alrededores del sitio se observa vegetación de tipo pastizal. La vegetación que predomina en el municipio de Cuauhtémoc está compuesta por agricultura de temporal.

El punto de impacto se encuentra sobre el derecho de vía del Km. 116 + 400 de la Carretera No. 16 Chihuahua – Madera, municipio de Cuauhtémoc, donde ocurrió el accidente en el cual se derramó Diésel, afectando el suelo natural del mismo, así como parte de un predio particular.

Es importante mencionar que se realizaron Labores de Emergencia en el sitio las cuales consistieron en la extracción del material edáfico afectado para posteriormente depositarlo en celda provisional, así mismo debido a solicitud del dueño del predio particular afectado, la Fosa de Excavación tuvo que ser rellenada por lo cual fueron debidamente colocados tubos de monitoreo para la toma de muestras.

El sitio del derrame se encuentra aproximadamente a 12 Km de la cabecera municipal de Cuauhtémoc, así como a 36 Km del municipio de La Junta, Chihuahua.

No se observan cuerpos de aguas superficiales ni subterráneos, motivo por el cual se descartó dar aviso correspondiente a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Superficie del polígono del sitio.

La superficie del polígono del sitio es de un área total afectada de aproximadamente 276 m², en la cual se realizaron Labores de Emergencia mismas que consistieron en la extracción del material edáfico afectado para posteriormente depositarlo en celda provisional.

Superficie de la zona o zonas de muestreo.

La superficie de la zona de muestreo es de 276 m² aproximadamente correspondiente a la Fosa de Excavación, así como la celda provisional construida durante las Labores de Emergencia

1.14.5. Hidrocarburos a analizar

Los parámetros a analizar en función del producto derramado, siendo Diésel y con base en la Tabla No. 1 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, fueron los siguientes.

Hidrocarburos Fracción Ligera	Hidrocarburos Fracción Media	Hidrocarburos Fracción Pesada	BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xilenos)	HAP (Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares)	Humedad	PH
	X			X	X	X

1.14.6. Muestreo

Método de Muestreo.

El método de muestreo fue dirigido, debido a que se cuenta con información previa del sitio, se conoce el producto derramado y se conoce el área total afectada, la cual es de aproximadamente 276 m², misma que fue sometida a Labores de Emergencia. Los puntos fueron determinados por el personal de ISALI, S.A. de C.V. El tipo de muestreo fue aleatorio simple. Las muestras que se tomaron fueron simples.

Puntos de muestreo.

En la siguiente tabla se resumen los puntos de muestreo, la identificación de las muestras, profundidad, parámetros analizados y volumen, así como las muestras para el aseguramiento de la calidad.

Puntos de muestreo	Identificación	Superficie de muestreo	Parámetros a analizar	Volumen (ml)
1	MI-GB-CUA-01-FE-P (0.30m)	Fosa de Excavación	HFM, HAP, H	235
2	MI-GB-CUA-02-FE-P (0.20m)			
3	MI-GB-CUA-03-FE-P (Sup)			
4	MI-GB-CUA-04-FE-P (0.30m)			
5	MI-GB-CUA-05-FE-P (0.20m)			
6	MI-GB-CUA-06-FE-P (0.10m)			
7	MI-GB-CUA-07-FE-P (Sup)			

8	MI-GB-CUA-08-FE-P (0.10m)	Fosa de Excavación	HFM, HAP, H	235
9	MI-GB-CUA-09-FE-P (Sup)			
10	MI-GB-CUA-10-FE-P (0.20m)			
11	MI-GB-CUA-11-FE-P (0.20m)			
12	MI-GB-CUA-12-FE-P (0.30m)			
13	MI-GB-CUA-13-FE-F (0.20m)			
DUPLICADO	MI-GB-CUA-13D-FE-F (0.20m)			
14	MI-GB-CUA-14-FE-F (0.30m)	Periferia de la Fosa de Excavación		
15	MI-GB-CUA-15 (0.50m)			
16	MI-GB-CUA-16 (0.40m)			
DUPLICADO	MI-GB-CUA-16D (0.40m)			
16	MI-GB-CUA-16 (0.80m)			
17	MI-GB-CUA-17 (0.30m)			
	MI-GB-CUA-17 (0.60m)			
18	MI-GB-CUA-18 (Sup)			
	MI-GB-CUA-18 (0.30m)			
19	MI-GB-CUA-19 (0.40m)			
	MI-GB-CUA-19 (0.80m)			
	MI-GB-CUA-19 (1.20m)			
20	MI-GB-CUA-20 (0.30m)			
DUPLICADO	MI-GB-CUA-20D (0.30m)			
20	MI-GB-CUA-20 (0.90m)			
	MI-GB-CUA-20 (1.30m)			
21	MI-GB-CUA-21 (0.20m)			
	MI-GB-CUA-21 (0.60m)			
	MI-GB-CUA-21 (1.00m)			
22	MI-GB-CUA-22-R (Sup)	Relleno de la Fosa de Excavación		
23	MI-GB-CUA-23-R (0.30m)			
24	MI-GB-CUA-24-CEL (0.30m)	Cela provisional		
DUPLICADO	MI-GB-CUA-24D-CEL (0.30m)			
25	MI-GB-CUA-25-CEL (0.60m)			
T	MI-GB-CUA-T (Sup)	Fuera del área afectada	PH, H	

Superficial 0 – 0.05 m

Con base a las observaciones realizadas en campo durante las Labores de Emergencia, así como lo señalado en la Tabla No. 4 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se determinaron 14 (catorce) puntos de muestreo en suelo distribuidos en paredes y fondo de la Fosa de Excavación, además de 07 (siete) puntos de muestreo para delimitar el área, adicional se tomó 01 (un) testigo fuera del área afectada, así mismo se tomaron 02 (dos) muestras en el relleno de la Fosa de Excavación, así como 04 (cuatro) duplicados para el aseguramiento de calidad de las muestras y 02 (dos) puntos de muestreo en la celda provisional.

La distribución y la profundidad de las muestras recolectadas de forma manual se basaron en función a las observaciones realizadas en campo durante las Labores de Emergencia, lo cual indica presencia de textura limosa con infiltración alta y material consolidado.

Plano georreferenciado.

Ver Anexo VI del presente documento.

Equipo de muestreo.

El equipo que se utilizó para efectuar el muestreo por parte del laboratorio fue:

- Nucleador Manual (Hand auger)
- Espátulas
- Frascos de vidrio con contratapa de teflón
- Hielera
- Kit de limpieza
- Guantes
- GPS

Lavado de equipo.

El lavado del equipo dependió del procedimiento interno del laboratorio encargado de llevar a cabo la toma de muestras en el sitio.

1.14.7. Recipientes, preservación y transporte de muestras

Las especificaciones de los recipientes y su preservación son los señalados en la Tabla No. 5 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Los recipientes utilizados para las muestras de suelo fueron frascos de vidrio con contratapa de teflón, dichos frascos eran nuevos, y se preservaron en hielo (4° C).

La transportación desde el sitio de la toma de muestras al laboratorio corrió a cargo del personal del Laboratorio, las muestras se transportaron en hieleras plásticas.

Cada muestra fue sellada y etiquetada inmediatamente después de ser tomada y fue entregada para su análisis, todos los sellos contaron con el número o clave única de la muestra.

Todas las etiquetas llevaron la siguiente información: iniciales de la persona que tomó la muestra las cuales deben coincidir con los datos asentados en la cadena de custodia, fecha y hora en que se tomó la muestra, y número o clave única misma que la del sello.

1.14.8. Medidas y equipo de seguridad

El personal de laboratorio utilizó el equipo de protección personal adecuado según las condiciones que se requirieron en el sitio, con el fin de proporcionar las condiciones básicas de seguridad necesarias al personal que participó en la toma y manejo de las muestras.

1.14.9. Aseguramiento de calidad del muestreo

Además de la toma de muestra del duplicado, y con el fin de evitar contaminación cruzada en las muestras, el equipo utilizado en este muestreo fue lavado entre cada toma de muestras con los siguientes aditamentos:

- Agua destilada y/o purificada
- Jabón libre de fosfatos
- Cepillo de nylon
- Papel de secado

Con el objetivo de que las muestras fueran recibidas de forma íntegra por el laboratorio que les practicara los ensayos químicos correspondientes, las medidas de seguridad en la calidad en la toma de ellas fueron de suma importancia. De forma general, los criterios que se tomaron en el aseguramiento de calidad y que el personal del laboratorio realizó son los siguientes:

- **Control documental:** Cada una de las actividades realizadas fueron apegadas al presente plan y registradas con el objetivo de tener la documentación probatoria de lo que se ha hecho, en caso de que exista alguna variación de las actividades mencionadas en el presente plan se registrarán como desviaciones de campo.

Para este muestreo se tienen los siguientes documentos:

- Cadena(s) de custodia
- Hoja(s) de campo

Lugar y fecha de elaboración: Monterrey, N.L. a 31 de agosto de 2018
Nombre y firma del responsable de la elaboración: Isabel Citlali Herrera Iturriaga



1.15. PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MUESTREO INICIAL

El muestreo inicial se ejecutó el 12 de octubre del 2018, dando aviso previo a la Dirección General de Supervisión, Inspección y Vigilancia Comercial (DGSIVC) de la ASEA (Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente) mediante escrito ingresado en fecha 04 de septiembre de 2018 (*Anexo VII – Invitación a Muestreo Inicial – ASEA*).

Debido a que la autoridad no estuvo presente durante la toma de muestras, se ingresaron las evidencias correspondientes a la Dirección General de Supervisión, Inspección y Vigilancia Comercial (DGSIVC) de la ASEA (Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente) (*Anexo VIII – Ingreso de Evidencias*).

Por otro lado, personal de ISALI, S.A. de C.V. plasmó las actividades realizadas en Bitácora de campo (*Anexo IX – Bitácora de campo – Muestreo Inicial*), así como en memoria fotográfica (*Anexo X – Fotográfico – Muestreo Inicial*). El total de muestras fueron 39 (treinta nueve), esta información quedó registrada en cadenas de custodia (*Anexo XI – Cadenas de custodia*) correspondientes elaboradas por el personal de laboratorio al momento del muestreo.

Es importante mencionar que durante la ejecución de Labores de Emergencia y del Muestreo Inicial, se contaba con póliza No. 1308030 con vigencia desde el 13 de mayo de 2017 hasta el 13 de mayo del 2018, estando vigente al momento de realizar dichas actividades (*Anexo XII – Póliza 1308030*).

1.16. RESULTADOS DE LABORATORIO

Los parámetros (hidrocarburos) que se analizaron en función del producto contaminante (Diésel) fueron Hidrocarburos Fracción Media (HFM) e Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs), lo anterior basándose a la composición del petroquímico y dado que estos resultados se deben reportar en base seca, se determinó el porcentaje de humedad, además se analizó el pH para la muestra testigo.

EHS Labs de México, S.A. de C.V. (EHS Labs) fue el encargado de llevar a cabo la toma de muestras en el sitio y el análisis químico a las mismas, contando con acreditación **No. R-0062-006/12** por parte de la Entidad Mexicana de Acreditación A.C.¹³ (ema®), así como su respectiva aprobación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) como laboratorio de pruebas (*Anexo XIII – Acreditación y Aprobación EHS Labs*).

Los métodos empleados por el laboratorio para los diferentes parámetros se enlistan en la Tabla 1.3.

Tabla No. 1.3. Métodos utilizados por EHS Labs de México, S.A. de C.V.	
Parámetros	Métodos
HFM	NMX-AA-145-SCFI-2008
HAPs	NMX-AA-146-SCFI-2008
% Humedad	ANEXO AS-05 NOM-021-SEMARNAT-2000
pH	NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Anexo B.1

Tal como lo indica el reporte emitido por el Laboratorio (*Anexo XIV – Resultados de Laboratorio, Registro de muestreo y Cromatogramas*).

La profundidad, características, ubicación geográfica y sitio de toma de las muestras, se describe a continuación en la Tabla No. 1.4.

¹³ www.ema.org.mx

Tabla No. 1.4. Profundidad, características, ubicación geográfica y sitio de toma de las muestras

Identificación	Características	Coordenadas UTM	Sitio de toma de muestras
MI-GB-CUA-01-FE-P (0.30m)	Suelo seco ¹⁴ , textura limosa, color café rojizo ¹⁵ , sin olor a Diésel.	13R 0304686 3142324	Fosa de Excavación
MI-GB-CUA-02-FE-P (0.20m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304690 3142325	
MI-GB-CUA-03-FE-P (Sup)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304696 3142324	
MI-GB-CUA-04-FE-P (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304700 3142326	
MI-GB-CUA-05-FE-P (0.20m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304700 3142319	
MI-GB-CUA-06-FE-P (0.10m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304693 3142317	
MI-GB-CUA-07-FE-P (Sup)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304689 3142316	
MI-GB-CUA-08-FE-P (0.10m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304683 3142316	
MI-GB-CUA-09-FE-P (Sup)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304677 3142317	
MI-GB-CUA-10-FE-P (0.20m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304678 3142319	
MI-GB-CUA-11-FE-P (0.20m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304680 3142324	
MI-GB-CUA-12-FE-P (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304684 3142323	
MI-GB-CUA-13-FE-F (0.20m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304686 3142319	
MI-GB-CUA-14-FE-F (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304690 3142321	
MI-GB-CUA-15 (0.50m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304699 3142325	Periferia de la Fosa de Excavación
MI-GB-CUA-16 (0.40m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304697 3142319	
MI-GB-CUA-16D (0.40m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304697 3142319	
MI-GB-CUA-16 (0.80m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304697 3142319	
MI-GB-CUA-17 (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304679 3142314	
MI-GB-CUA-17 (0.60m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304679 3142314	
MI-GB-CUA-18 (Sup)	Suelo seco, textura limosa, color café claro ¹⁶ , sin olor a Diésel.	13R 0304677 3142322	
MI-GB-CUA-18 (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304677 3142322	
MI-GB-CUA-19 (0.40m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304680 3142326	
MI-GB-CUA-19 (0.80m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304680 3142326	
MI-GB-CUA-19 (1.20m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304680 3142326	
MI-GB-CUA-20 (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304686 3142326	

¹⁴ Guidelines For Estimating Soil Moisture Conditions – Natural Resources Conservation Service, USDA

¹⁵ Sistema de Color Munsell 5YR4/4

¹⁶ Sistema de Color Munsell 7.5YR6/4

MI-GB-CUA-20D (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304686 3142326	Periferia de la Fosa de Excavación
MI-GB-CUA-20 (0.90m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304686 3142326	
MI-GB-CUA-20 (1.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304686 3142326	
MI-GB-CUA-21 (0.20m)	Suelo seco, textura limosa, color café claro, sin olor a Diésel.	13R 0304693 3142325	
MI-GB-CUA-21 (0.60m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304693 3142325	
MI-GB-CUA-21 (1.00m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304693 3142325	
MI-GB-CUA-22-R (Sup)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304681 3142320	Relleno de la Fosa de Excavación
MI-GB-CUA-23-R (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, sin olor a Diésel.	13R 0304684 3142321	
MI-GB-CUA-24-CEL (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, con olor a Diésel.	13R 0305468 3142411	Celda Provisional
MI-GB-CUA-24D-CEL (0.30m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, con olor a Diésel.	13R 0305468 3142411	
MI-GB-CUA-25-CEL (0.60m)	Suelo seco, textura limosa, color café rojizo, con olor a Diésel.	13R 0305484 3142410	
MI-GB-CUA-T (Sup)	Suelo seco, textura limosa, color café claro, sin olor a Diésel.	13R 0304635 3142333	Fuera del área afectada

*Superficial 0 – 0.05 m

Los resultados obtenidos por EHS Labs de México, S.A. de C.V. se ilustran en la Tabla No. 1.5.

Tabla No. 1.5. Resultados de muestreo inicial									
Identificación	HFM (mg/Kg)	Humedad (%)	pH (U)	HAPs (mg/Kg)					
				A ¹⁷	B ¹⁸	C ¹⁹	D ²⁰	E ²¹	F ²²
MI-GB-CUA-01-FE-P (0.30m)	<140.56	19.15	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-02-FE-P (0.20m)	<140.56	17.53	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-03-FE-P (Sup)	<140.56	22.01	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-04-FE-P (0.30m)	<140.56	18.51	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-05-FE-P (0.20m)	<140.56	19.28	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-06-FE-P (0.10m)	<140.56	19.30	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-07-FE-P (Sup)	<140.56	16.66	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-08-FE-P (0.10m)	<140.56	16.48	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-09-FE-P (Sup)	<140.56	17.59	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-10-FE-P (0.20m)	<140.56	19.84	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-11-FE-P (0.20m)	<140.56	18.63	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-12-FE-P (0.30m)	<140.56	19.55	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-13-FE-F (0.20m)	<140.56	18.73	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-13D-FE-F (0.20m)	<140.56	16.60	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-14-FE-F (0.30m)	<140.56	17.11	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-15 (0.50m)	<140.56	19.13	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26

¹⁷ Benzo [a] antraceno
¹⁸ Benzo [b] fluoranteno
¹⁹ Benzo [k] fluoranteno
²⁰ Benzo [a] pireno
²¹ Indeno (1,2,3-cd) pireno
²² Dibenzo [a,h] antraceno

MI-GB-CUA-16 (0.40m)	<140.56	18.79	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-16D (0.40m)	<140.56	19.50	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-16 (0.80m)	<140.56	19.39	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-17 (0.30m)	<140.56	18.87	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-17 (0.60m)	<140.56	18.01	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-18 (Sup)	<140.56	18.67	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-18 (0.30m)	<140.56	17.89	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-19 (0.40m)	<140.56	19.75	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-19 (0.80m)	<140.56	17.39	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-19 (1.20m)	<140.56	19.99	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-20 (0.30m)	<140.56	19.21	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-20D (0.30m)	<140.56	18.40	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-20 (0.90m)	<140.56	17.98	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-20 (1.30m)	<140.56	19.20	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-21 (0.20m)	<140.56	18.69	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-21 (0.60m)	<140.56	17.88	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-21 (1.00m)	<140.56	19.32	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-22-R (Sup)	<140.56	19.73	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-23-R (0.30m)	<140.56	19.19	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-24-CEL (0.30m)	5358.58	19.50	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-24D-CEL (0.30m)	6485.07	19.75	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-25-CEL (0.60m)	5512.53	19.36	ANR	<0.27	<0.24	<0.25	<0.26	<0.27	<0.26
MI-GB-CUA-T (Sup)	ANR	14.51	8.02	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR	ANR

ANR = Análisis no realizado

1.16.1. Análisis de resultados

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) de Hidrocarburos Fracción Media, correspondientes a la sustancia derramada (Diésel), se señalan en la Tabla No. 1.6.

Tabla No. 1.6. Límites Máximos Permisibles Hidrocarburos Fracción Media		
Uso de suelo predominante (mg/Kg base seca)		
Agrícola²³	Residencial²⁴	Industrial²⁵
1 200	1 200	5 000

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) para hidrocarburos específicos en el suelo, en este caso Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs), se indican en la Tabla 1.7.

²³ Incluye suelo forestal, pecuario y de conservación

²⁴ Incluye suelo recreativo

²⁵ Incluye comercial

Tabla No. 1.7. Límites Máximos Permisibles para hidrocarburos específicos en suelo			
Uso de suelo predominante (mg/Kg base seca)			
HAPs	Agrícola²⁶	Residencial²⁷	Industrial²⁸
Benzo [a] antraceno	2	2	10
Benzo [b] fluoranteno	2	2	10
Benzo [k] fluoranteno	8	8	80
Benzo [a] pireno	2	2	10
Indeno (1,2,3-cd pireno)	2	2	10
Dibenzo [a,h] antraceno	2	2	10

Para determinar si las concentraciones de hidrocarburos en suelo superan los Límites Máximos Permisibles, debe hacerse una comparación entre las Tablas Nos. 1.5., 1.6. y 1.7., observando que las muestras tomadas en la celda provisional presentan concentraciones por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para Hidrocarburos Fracción Media (HFM) señalados en la Tabla No. 2 de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, considerando cualquier tipo de uso de suelo. El suelo del sitio se puede clasificar como **medianamente alcalino**²⁹, por el valor del pH.

²⁶ Incluye suelo forestal, pecuario y de conservación

²⁷ Incluye recreativo

²⁸ Incluye comercial

²⁹ De acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000

1.17. CONCLUSIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN

Con la información recabada durante las visitas realizadas al sitio en estudio, así como la información arrojada del muestreo llevado a cabo en el mismo, podemos concluir que el área total afectada es de 276 m² por donde el hidrocarburo se desplazó e infiltró, en donde se realizaron Labores de Emergencia (Ver Sección 1.4. del presente documento) extrayendo el material dañado a una profundidad de 1.20 m, corroborando la efectividad de dichas labores ya que los resultados obtenidos de las muestras tomadas en las paredes y fondo de la Fosa de Excavación arrojaron concentraciones por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 para Hidrocarburos Fracción Media (HFM) e Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs), más no así en el material edáfico extraído de dicha zona, el cual fue depositado en celda provisional (Ver Sección 1.4. del presente documento), obteniendo concentraciones por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para Hidrocarburos Fracción Media (HFM) establecidos en la norma en mención, derivado de ello, dicho material será sometido a tratamiento mediante la técnica Biorremediación por Landfarming a un lado del sitio contaminado.

En resumen, de lo anteriormente expuesto se proyecta que un volumen total de 331.20 m³ (volumen extraído durante las Labores de Emergencia) será sometido al proceso de remediación, lo cual se puede desglosar de la siguiente manera:

Tabla No. 1.8. Proyección de la pluma del contaminante			
Identificación del área dañada³⁰	Área dañada (m²)	Profundidad de excavación (m) durante Labores de Emergencia	Volumen (m³)
Fosa de Excavación	276	1.20	331.20
Área total sometida a Labores de Emergencia:	276 m²	Volumen total a remediar (Depositado en celda provisional):	331.20 m³

Es importante mencionar que, de acuerdo con lo observado en campo, el sitio en estudio presenta un suelo con textura limosa, además de presentar una gama de colores tales como: café rojizo (Sistema de Munsell 5YR4/4) y café claro (Sistema gris claro Munsell 7.5YR6/4), material consolidado e infiltración alta.

Derivado de todo lo anteriormente mencionado, y basándose en lo señalado en el punto 8.2 de la norma en mención, que a la letra dice: *“Todo aquel suelo que durante la caracterización haya presentado concentraciones de hidrocarburos por arriba de los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en las TABLAS 2 y 3 del capítulo 6 de esta norma, debe ser*

³⁰ Ver Anexo VI correspondiente al Plano Topográfico

remediado”, concluyendo que el suelo del área dañada **si debe ser sometido a un proceso de remediación.**

2. DOCUMENTOS ANEXOS DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

- **Anexo I:** Carta Porte
- **Anexo II:** Aviso de derrame
- **Anexo III:** Fotográfico – Visita inicial
- **Anexo IV:** Hoja de datos
- **Anexo V:** Fotográfico – Labores de Emergencia
- **Anexo VI:** Plano de Levantamiento Topográfico
- **Anexo VII:** Invitación a Muestreo Inicial – ASEA
- **Anexo VIII:** Ingreso de Evidencias
- **Anexo IX:** Bitácora de campo – Muestreo Inicial
- **Anexo X:** Fotográfico – Muestreo Inicial
- **Anexo XI:** Cadenas de Custodia
- **Anexo XII:** Póliza 1308030
- **Anexo XIII:** Acreditación y Aprobación EHS Labs
- **Anexo XIV:** Resultados de Laboratorio, Registro de Muestreo y Cromatogramas

3. DATOS DE INFORMACIÓN DE LA PROPUESTA DE REMEDIACIÓN

3.1. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE TÉCNICO DE LA REMEDIACIÓN

EQS Consulting Group, S.A. de C.V. fue designada como responsable técnico de la remediación (RTR) mediante escrito (*Anexo XV – Escrito de asignación de responsable técnico de remediación*), cuyos datos generales son los siguientes:

- a) Razón social: EQS Consulting Group, S.A. de C.V.
- b) **Registro Federal de Contribuyentes y Domicilio del Responsable Técnico de la Remediación, Art. 113 fracción I de la LFTAIP y 116 primer párrafo de la LGTAIP.**
- c) [REDACTED]
- d) Número de Registro Ambiental (NRA): ISABB1903911
- e) No. de autorización para el tratamiento de suelos contaminados: ASEA-ATT-SCH-0042-18 (*Anexo XVI – Autorización EQS Consulting Group, S.A. de C.V.*).
- f) Fecha de expedición: 07 de febrero del 2018
- g) Número de oficio: ASEA/UGI/DGGEERC/0102/2018
- h) Vigencia: Diez años a partir de la fecha de expedición

Las técnicas autorizadas son las siguientes:

- **Extracción de vapores en el sitio contaminado**
- **Bioventeo aerobio en el sitio contaminado**
- **Biorremediación por Landfarming en el sitio contaminado**
- **Biorremediación por biopilas a un lado del sitio contaminado**
- **Oxidación química a un lado del sitio contaminado**

En ocasiones y en función de varios factores, se puede seleccionar el envío a disposición final con empresa autorizada por SEMARNAT, o inclusive, la combinación de las técnicas autorizadas en los párrafos anteriores.

3.2. MARCO TEÓRICO

3.2.1. Remediación de suelos contaminados

El mecanismo mediante el cual se restablecen las condiciones originales del suelo se conoce con el nombre de remediación. La remediación se refiere a cualquier operación unitaria o serie de ellas, que tiene como objetivo modificar las condiciones del suelo contaminado mediante procesos físicos, químicos y/o biológicos, ya sea disminuyendo la concentración o modificando su estructura química y propiedades físicas³¹. La legislación federal la define como el “...conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos³²...”.

Para la remediación de los sitios contaminados se utilizan diferentes técnicas que incluyen métodos físicos (lavado de suelos, separación física, desorción térmica, incineración, inmovilización, venteo, entre otras), químicos (oxidación con diversas sustancias químicas) y/o biológicos (bioventeo, bioaumentación, composteo, biolabranza, fitorremediación, entre otras)

Para el caso de suelos contaminados con hidrocarburos, la tecnología usada en la actualidad es la biorremediación. Las medidas biocorrectoras o los sistemas de biorremediación consisten principalmente en el uso de microorganismos naturales (levaduras, hongos o bacterias) existentes en el medio para descomponer o degradar sustancias de carácter menos tóxico o bien inocuas para el medio ambiente y la salud humana. Estas técnicas biológicas pueden ser de tipo aerobio (presencia de un medio oxidante), o bien de tipo anaerobio (presencia de un medio reductor)³³. En la figura No. 3.1 se ilustran las posibles reacciones para un medio y otro.

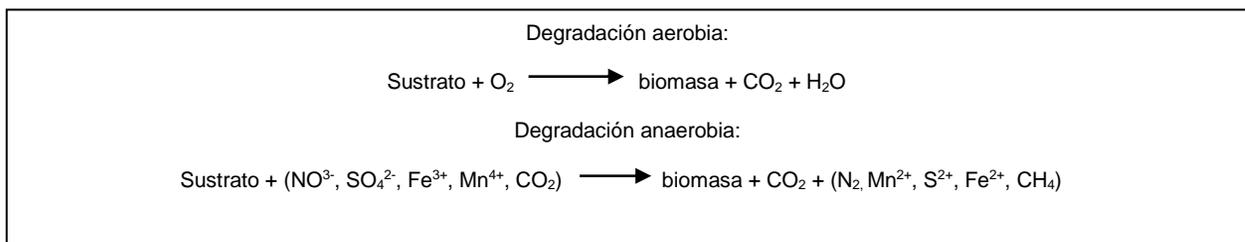


Figura 3.1. Esquema de reacciones en la biorremediación

³¹ Volke, T.; Velasco, J.A.; de la Rosa, D.A. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Capítulo cuarto. 1a Edición. México. Pp. 57-115.

³² Fracción XXVIII del artículo 5 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. SEMARNAT. México 2003

³³ Maroto, M.E.; Rogel, J.M. (2004). Aplicación de sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos. Geocisa. Div. Protección Ambiental. Pp. 297-305.

Una clasificación general las técnicas de biorremediación, en cuanto al sitio donde estas se realizan, es la siguiente³⁴.

- *In situ*. Son las aplicaciones en las que el suelo contaminado es tratado, o bien, los contaminantes son removidos del suelo contaminado, sin necesidad de excavar el sitio. Es decir, se realizan en el mismo sitio en donde se encuentra la contaminación.
- *Ex situ*. La realización de este tipo de tecnologías requiere de excavación, dragado o cualquier otro proceso para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento que puede realizarse en el mismo sitio (*on site*) o fuera de él (*off site*).

³⁴ Tecnologías de remediación... *Op. cit.*

3.3. SELECCIÓN DE TÉCNICA DE BIORREMEDIACIÓN

3.3.1. Criterios de selección

Con base a lo observado en campo, a las características del hidrocarburo derramado y a las condiciones del sitio en estudio, se tiene que **Biorremediación por biopilas a un lado del sitio contaminado**, es la técnica más adecuada en base a los siguientes argumentos:

- Las concentraciones de Hidrocarburos Fracción Media (HFM) encontradas en el suelo dañado depositado en la celda provisional, misma que supera los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.
- La cantidad derramada del contaminante (Diésel) de aproximadamente 11,000 L.
- En el sitio se llevaron a cabo Labores de Emergencia, extrayendo el material dañado con Diésel.
- El sitio de tratamiento es viable para acoplar las condiciones de un tratamiento biológico (temperatura, humedad, etc.).
- Las características y composición del hidrocarburo derramado, observándose una infiltración alta en la Fosa de Excavación con base a los sondeos realizados y a los resultados del laboratorio del Muestreo Inicial.
- La humedad de las muestras recolectadas en la Fosa de Excavación se encuentra aproximadamente en un 18.63%, mientras que las muestras recolectadas en la celda provisional tienen una humedad de 19.53%.
- La profundidad a la cual se proyecta que se encontraron concentraciones menores a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, es de 1.20 m.

3.4. DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

Biorremediación por biopilas a un lado del sitio contaminado

Tal y como se mencionó en apartados anteriores, en el sitio se realizaron Labores de Emergencia con el objetivo de evitar una mayor infiltración del hidrocarburo, debido a la topografía del sitio y características de este, por lo cual se procederá a desarrollar la técnica de Biorremediación por biopilas a un lado del sitio contaminado sobre el material edáfico contenido en celda provisional (331.20 m³):

Se acondicionará la celda provisional construida durante las Labores de Emergencia. Los trabajos se realizarán con ayuda de maquinaria pesada como lo es la retroexcavadora, lo cual aportará al sistema de ayuda mecánica para la homogeneización y remoción del material en tratamiento.

- Se podrá agregar Quantum Clean y/o verde fuerte previo a la adición de microorganismos y nutrientes; dependiendo del contaminante y su concentración. Al finalizar la remoción, se dejará reposar durante un periodo de 8 horas.
- En caso de ser necesario se aplicará mediante riego una solución de microorganismos comerciales PolyPetroSolve 2100 y/o SOLIBAC IP SPIL y se realizará la homogeneización.
- Se acondicionará una solución de nutrientes Triple 17 o Sulfato diamónico o Urea y se realizará la homogeneización con retroexcavadora para mantener una oxigenación óptima.
- Se agregará materia orgánica (aserrín, paja, estiércol, desechos agrícolas o similares que se encuentren en la región donde se efectúa la remediación) y se conformará la pila hasta una altura de 2 m.
- La frecuencia de aplicación de las soluciones de microorganismos y nutrientes dependerá de las concentraciones de los hidrocarburos y las características del suelo o material en tratamientos.
- La aplicación de insumos y homogeneización se realizará de manera continua durante todo el proceso de tratamiento hasta alcanzar los niveles de limpieza requeridos.
- Al final del tratamiento si se general lixiviados serán manejados como residuo peligroso y serán enviados a tratamiento o disposición final debiendo cumplir con la normatividad aplicable en la materia.
- Durante el proceso de tratamiento se monitoreará la humedad, temperatura, pH.

- Se realizará el monitoreo de las concentraciones de hidrocarburos presentes en el suelo empleando para ello equipo de campo (analizador de hidrocarburos tipo Petroflag o equivalente).
- Con base en los resultados obtenidos se evaluará si se requieren o no un nuevo ciclo de aplicación de los insumos enunciados.
- Si las concentraciones de hidrocarburos analizados se encontrarán por debajo de los límites máximos permisibles se considera concluido el tratamiento y se procederá al muestreo final comprobatorio.

Todas las actividades anteriormente mencionadas se realizarán directamente sobre el material edáfico dañado, esto en las fases proyectadas en el cronograma adjunto al presente Programa de Remediación.

Tabla No. 3.1. Insumos
QC Surfox
Peróxido de hidrógeno
Permanganato de potasio
Triple 17
Sulfato de diamónico
Nitrato de potasio
Urea
PolyPetroSolve 2100
Agente Biodegradador de Hidrocarburos (ABH) (Bacteria) ³⁵
Materia Orgánica
Agua

³⁵ Solibac IP Soil®

3.5. LÍMITES DE LIMPIEZA

Como se ha mencionado en el presente documento, la sustancia derramada (Diésel) tiene como productos asociados a los Hidrocarburos Fracción Media (HFM) e Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs), señalados en la Tabla No. 1 de la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Por otra parte, y de acuerdo con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1: 1 000 000 Chihuahua INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), se señaló que el tipo de suelo del sitio presenta agricultura de temporal, sin embargo, en el sitio existe la presencia de vegetación de tipo pastizal, siendo este un uso de suelo **Agrícola**.

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) para el tipo de sustancia derramada y el tipo de suelo se señalan en la siguiente tabla:

<i>Tabla 3.2. Límites Máximos Permisibles para limpieza³⁶</i>							
Parámetro	HFM	Benzo(a) pireno	Dibenzo(a,h) antraceno	Benzo(a) antraceno	Benzo(b) fluoranteno	Benzo(k) fluoranteno	Indeno(1,2,3- cd) pireno
LMP³⁷	1 200	2	2	2	2	8	2

Estos valores serán los límites de limpieza a las cuales se llevará el suelo a remediar. Para que el sitio se considere como remediado, las concentraciones de las muestras que se tomen al final del proceso de remediación en presencia de la autoridad ambiental competente deben ser igual o menor a estos valores.

3.6. USO FUTURO DEL SITIO REMEDIADO

El volumen de suelo que será sometido al proceso de remediación biológica mediante la técnica Biorremediación por biopilas a un lado del sitio contaminado, será utilizado para nivelación del sitio donde se encuentra la celda de tratamiento, una vez que se cumplan con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para Hidrocarburos Fracción Media (HFM) e Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP), señalados en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, conservando de esta forma su uso de suelo **Agrícola**.

³⁶ Concentración expresada en mg /Kg

³⁷ Límite Máximo permisible, expresado en mg / Kg base seca

3.7. PROGRAMA CALENDARIZADO DE ACTIVIDADES

Los trabajos de remediación propuestos en este documento, serán programados una vez que esa H. Dirección emita la Aprobación correspondiente y se programe la logística de traslado del personal operativo al sitio, para lo cual se dará oportuno aviso de la fecha del inicio de los Trabajos de Remediación a la Unidad de Supervisión, Inspección y Vigilancia correspondiente, presentando copia de la Aprobación del presente Programa de Remediación, para que en el ámbito de sus respectivas atribuciones vigile su cumplimiento.

Los trabajos de remediación estarán sujetos al calendario propuesto (*Anexo XVII – Programa Calendarizado de Actividades de Remediación*), mismo que será vigilado por personal de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).

De éste, es pertinente hacer algunas aclaraciones.

1. Entre cada una de las fases habrá un periodo de tres semanas, esto tiene como objeto que el proceso de biorremediación se lleve a cabo y los microorganismos degraden el contaminante.
2. Los monitoreos intermedios se realizarán como se describe en el *Anexo XVIII* del presente Programa de Remediación.
3. Una vez que los monitoreos intermedios arrojen concentraciones por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se procederá a programar la toma de muestras finales comprobatorias en presencia de la autoridad ambiental competente, y de acuerdo con la disponibilidad de los laboratorios de prueba.
4. En caso de que los resultados que arroje el análisis de las muestras tomadas en el Muestreo Final Comprobatorio superen los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la Norma, se volverá al proceso descrito en las fases hasta que se alcancen los resultados deseados.
5. Una vez que las concentraciones de hidrocarburos se lleven por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se procederá a solicitar la resolución del sitio a la autoridad ambiental competente.
6. Los trabajos finales (restablecer las condiciones originales del sitio) se llevarán a cabo una vez que esa H. Dirección emita la Aprobación de la Conclusión del Programa de Remediación.

Los residuos generados en esta etapa serán manejados conforme a la legislación ambiental vigente.