

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y DE PROTECCIÓN AL
MEDIO AMBIENTE DEL SECTOR HIDROCARBUROS
Constancia de Recepción

Número de bitácora: 09/J1A0520/10/15

Fecha de recepción: 21 DE OCTUBRE DEL 2015, 12:13 HRS.

Trámite: PROPUESTA DE REMEDIACION, MODALIDAD A. EMERGENCIA AMBIENTAL

RFC: PRE9207163T7

NRA: PRE0901500394

Razón Social: PEMEX REFINACIÓN

Establecimiento SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTOS PACIFICO

Número del documento:

Monto pagado: \$ 1339

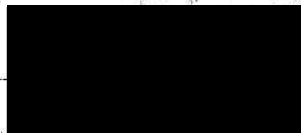
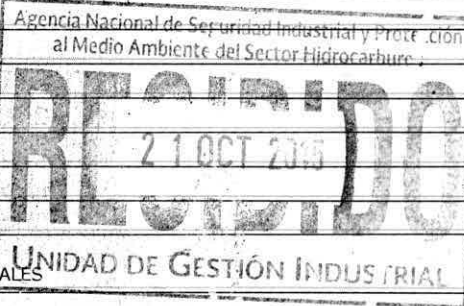
Referencia pago:

Datos para notificaciones:

RECOGE EN OFICINAS CENTRALES: SELENE ESPINOSA VALDES, DAMIAN GARCIA MORALES

Entrega Requisitos Completos: SI

Observaciones: P.D. \$ 1,339.00, PROPUESTA DE REMEDIACION DE SITIO CONTAMINADO EN KM. 95+003 POLIDUCTO 10-8 TOPOLOBAMPO-GUAMUCHIL-CULIACAN, TECATE, BAJA CALIFORNIA. ANEXA 2 CON 1 C.D.CARPETAS



Persona que acude a realizar el trámite

LUIS RIVERA MORALES
El técnico receptor

Nombre y Firma de
persona física, artículo
113 fracción I de la LFTAIP
y artículo 116 primer
párrafo de la LGTAIP.

Oficio

Fecha Guaymas, Sonora., a 16 de Marzo del 2016

Remitente **Subdirección de Transporte
Gerencia de Transporte, Mantenimiento y Servicio de
Ductos
Superintendencia de Transporte por Ducto Pacífico
Guaymas, Sonora.**

Número PXR-SUD-GTD-STDP-147-2016

Número de expediente REF515905150008C17020001012016

Destinatario **Ing. Damian García Morales
Gerente de Protección Ambiental
México, D.F.**

Antecedentes:

Número(s): ASEA/UGI/DGGTA/0007/2016

Número único de expediente:

Fecha(s): 11 de Enero del 2016

Asunto: Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0007/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07 035 A del Km del DDV 95+003 Poliducto 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali.

Anexo ☒

En atención a oficio citado en apartado de antecedentes del presente documento, me permito realizar las aclaraciones y correcciones en atención al oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/0007/2016, relativo al ingreso de la propuesta de remediación modalidad "A" emergencia ambiental (SEMARNAT-07-035-A) del Km 95+003 del Poliducto 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali.

Consideración V, acuerdo primero, inciso 1:

Se menciona que se presentó el oficio PXR-SASIPA-GPA-944-2015 recibido en esta **AGENCIA**, el día 21 de octubre de 2015, con bitácora **09/J1A0520/10/15** con el Asunto: Estudio de caracterización y propuesta de remediación "aledaña al **Km 95+003 del poliducto de 10"-8" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán**, municipio de Tecate, Baja California" el cual difiere con lo que se indica en el contenido de las carpetas 1 y 2 que corresponde al Estudio de Caracterización y Propuesta de Remediación del " área aledaña al **Km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali**, ubicado en el municipio de Tecate, Baja California".

Respuesta: Se realiza la aclaración relativo a la Fe de erratas, debido a que por error involuntario, se ingresó el documento con el Asunto: Estudio de caracterización y propuesta de remediación "aledaña al **Km 95+003 del poliducto de 10"-8" Ø Topolobampo-Guamúchil-Culiacán**, municipio de Tecate, Baja California" ya que lo correcto de este estudio corresponde al Estudio de Caracterización y Propuesta de Remediación del " área aledaña al **Km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali**, ubicado en el municipio de Tecate, Baja California".

Consideración VII, acuerdo primero, inciso 2:

Que en el estudio de Caracterización de suelos contaminados con hidrocarburo del Área aledaña al Km 95+003 del DDV Poliducto de 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate, Baja California, no integra el Plan de Muestreo y por consiguiente no proporciona los datos como lugar, fecha, nombre y firma de los responsables de la elaboración, así como el procedimiento de lavado del material y equipo y demás requerimientos que se solicitan a través del mismo.

- **Respuesta:** Se presenta en el **Anexo I**, conteniendo el oficio No. PXR-SUD-GTD-STDP-SDR-1108-2014 de fecha 25 de Julio-2014. Donde se le notificó anticipadamente a la Autoridad Ambiental PROFEPA en la Subdelegación de Tijuana, Baja California. Relativo al protocolo de muestreo del sitio Km. 95+003 Poliducto de

10"-8" Ø Rosarito-Mexicali, con número de puntos de muestreo, el número de muestras incluyendo las muestras para el aseguramiento de la calidad, su volumen, y el laboratorio acreditado ante la EMA para realizar el muestreo. El Plan de Muestreo, contiene la información complementaria del responsable técnico del muestreo, lugar, fecha y nombre de los responsable de elaboración, los tiempos de ejecución de los trabajos a realizar, características del sitio de muestreo, las hojas de campo llenadas por el responsable técnico del muestreo en el que se registraron las características, observaciones conforme al plan de muestreo, con base a lo establecido en el artículo 138 fracción IV y Decimo Transitorio del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y con la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 numerales 7.1., 7.1.1 al 7.1.20. (El plan de muestreo debe ser elaborado por el responsable de la contaminación o por el responsable técnico y Lineamientos para el muestreo.)

Consideración VIII, acuerdo primero, inciso 3.-

Se menciona en los planos integrados en los anexos de la caracterización, identificó lo siguiente, no presenta el plano de ubicación regional del área donde se realizó la caracterización, donde se representen los caminos de acceso y la infraestructura existente, en la página 37 se cita que los planos georreferenciados en coordenadas UTM, zona R12, datum NAD27, lo cual se encuentra descontinuado para la cartografía y georreferenciación en el territorio Nacional, no se presentan los títulos específicos para cada plano, los puntos de muestreo no presentan la misma nomenclatura que se cita en la cadena de custodia y análisis de laboratorio, no se representa el punto de fuga, carecen de la tabla donde se cite las coordenadas UTM de ubicación del mismo, En los planos no presentan la escala gráfica, de acuerdo a la escala numérica que se cita; asimismo en el plano B003 la escala numérica no corresponde con la retícula del mismo.

Respuesta: Se presentan en el **Anexo II**, se corrigen 5 planos topográficos B-001, B-002, B-003-01, B-003-02, B-003-03, B-004-01 y B-004-02, la georreferencia con coordenadas UTM, con curvas de nivel, cotas de nivel, banco de nivel, referencia topográfica, punto topográfico de inicio de levantamiento y características del sitio, como cuerpos de agua superficiales, puentes, caminos de acceso, derecho de vía y se representa el punto de fuga con sus coordenadas de ubicación, se agrega la escala gráfica a los planos, de acuerdo a la escala numérica que se cita. Con relación a los planos que se levantaron en sitio, están realizados con coordenadas UTM, y se cumple con el objetivo del presente estudio, referente a el cambio de coordenadas de UTM a datum NAD27 en los planos, en el artículo 135 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos no especifica ni hace mención del datum que se deba utilizar y que mucho menos sea WGS84, se agregan los títulos específicos para cada plano, en el plano B-003-01, B-003-02, B-003-03, se homologa la nomenclatura de los puntos de muestreo con respecto a la cadena de custodia y en los informes de pruebas del laboratorio, los cuales están representados en los planos. Con base a lo establecido en los artículo 135 fracción I del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 numeral 7.1.14

Consideración IX, acuerdo primero, inciso 4:

Que en la aprobación emitida por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) que se integra en el estudio de Caracterización, no cita el nombre de la persona que valida el resultado emitido por Laboratorios ABC, Química Investigación y Análisis S.A de C.V.



Respuesta: Para el caso del proceso de caracterización, se presenta el **Anexo III**, relativo al documento de aprobación de la PROFEPA, otorgada a favor de Laboratorio ABC, Química Investigación y Análisis S.A de C.V. Donde se exhiba el nombre de C. Alberto Taboada Salazar, como analista autorizado para realizar las determinaciones analíticas de los parámetros requeridos, en Base a lo establecido en el artículo 150 fracción III del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, es referente a los trabajos de remediación, y considerando que los análisis de laboratorio presentados son parte del estudio de caracterización, no es aplicable al caso que nos ocupa. Por otro lado, conforme a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 numeral 7.3.4 que menciona que el análisis deberá ser realizado por un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado en los términos de lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el laboratorio en cuestión cuenta con los acreditamientos y aprobaciones vigentes para desempeñar las actividades vinculadas al presente estudio. En relación al Ing. Alberto Taboada Salazar quien firma el documento en su calidad de representante de la empresa en cuestión Laboratorio ABC, Química Investigación y Análisis S.A de C.V. Avalando y ratificando que el documento es una representación original emitida por dicho laboratorio, por lo que no es necesario que el firmante en cuestión se encuentre evaluado como signatario analista o técnico de muestreo por la EMA, ya que él representa al laboratorio acreditado.

Consideración X, acuerdo primero, inciso 5:

Se menciona que en el Estudio de Caracterización no presenta el plano isométrico de concentraciones, donde se observe el comportamiento de la migración del contaminante, tanto vertical como horizontal.

Respuesta: Se presentan en el **Anexo IV**, se corrigen planos isométricos B-003-01, B-003-02 y B003-03 de la zona afectada por contaminante y por profundidad con sus respectivas curvas de concentración, donde se observe el comportamiento de la migración del contaminante, a una escala adecuada para su análisis y elaborados con base en los resultados de los análisis químicos y pruebas de campo, con base a lo establecido en el artículo 135 fracción III del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Consideración XI, acuerdo primero, inciso 6:

Se menciona que en el Estudio de Caracterización, no se presenta la guía de SEMARNAT-07-035, para presentar la Propuesta de Remediación de sitios contaminados con hidrocarburos.

Respuesta: Se presentan el **Anexo V** relativo al documento de la guía de trámite SEMARNAT-07-035 (Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental), debidamente elaborada y con base en lo establecido en los Artículos 135, 137, 138, 143 y 150 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Consideración XII, acuerdo primero, inciso 7:

Que en el numeral 8 del estudio de Caracterización no presenta el documento de designación del responsable técnico que realizará las actividades de la Remediación de suelos contaminados.



Respuesta: Para el caso que nos ocupa de este estudio final de caracterización, no aplica lo referente a la asignación como Responsable Técnico, relativo a los trabajos del proceso de remediación, por parte del prestador de servicio, ya que el proceso que se solicitó es la autorización de la propuesta de remediación, la cual se realizara de acuerdo a lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y lo estipulado en los artículos 137 y 143 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Aunado a lo anterior, el proceso de remediación se realizara tomando en cuenta el proceso de Transformación de Petróleos Mexicanos y de la creación de la subsidiaria Pemex Logística como una empresa productiva del estado, por lo que en este momento no es posible el designar a dicho responsable técnico del prestador de servicios que realizara la remediación, ya que se tomara como referencia para el proceso de contratación, los Lineamientos Generales de Procura y Abastecimiento previstos en las Disposiciones Generales de Contratación (DAC's) para Petróleos Mexicanos y sus Empresas Productivas Subsidiarias, las cuales están definidas dentro del marco general de actuación en materia de procura y abastecimiento respecto de la planeación, programación, presupuestación, contratación y ejecución de los contratos. Una vez aprobada la propuesta de remediación se le notificara a la autoridad ambiental relativo a la designación y los datos del responsable técnico de la remediación, así como el nombre de la empresa que realizará la ejecución de los trabajos del proceso de remediación, acompañado del procedimiento constructivo para realizar los trabajos de acuerdo con la LGEEPA.

- Para la definición del responsable técnico por parte de Petróleos Mexicanos, quien ejecutará la actividad de supervisión de los trabajos de remediación del sitio del Km 95+003 del Poliducto de 10" Ø Rosarito-Mexicali, será el (Ing. Octavio Rivera Rodriguez), una vez obtenida la autorización de la propuesta de remediación por la autoridad ambiental.

Consideración XIII, acuerdo primero, inciso 8:

Se menciona que en el Estudio de Caracterización no presenta la póliza de seguro para cubrir daños ambientales que pudieran ocasionar durante la ejecución de los trabajos de Remediación.

- **Respuesta:** Para el caso que nos ocupa de este estudio de caracterización, no aplica lo referente a la póliza de seguro vigente, durante todo el proceso de remediación, por parte del prestador de servicio, ya que el proceso que se solicitó es la autorización de la propuesta de remediación, la cual se realizara de acuerdo a lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y lo estipulado en los artículos 137 y 143 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Aunado a lo anterior, el proceso de remediación se realizara tomando en cuenta el proceso de Transformación de Petróleos Mexicanos y de la creación de la subsidiaria Pemex Logística como una empresa productiva del estado, por lo que en este momento no es posible adjuntar ninguna póliza, ya que el prestador de servicios que realizara la remediación, a la fecha no se ha designado. Ya que se tomara como referencia para el proceso de contratación, los Lineamientos Generales de Procura y Abastecimiento previstos en las Disposiciones Generales de Contratación (DAC's) para Petróleos Mexicanos y sus Empresas Productivas Subsidiarias, las cuales están definidas dentro del marco general de actuación en materia de procura y abastecimiento respecto de la planeación, programación, presupuestación, contratación y ejecución de los contratos. Una vez aprobada la propuesta de remediación se le notificara a la autoridad ambiental lo referente a la póliza de seguro vigente, acompañado del procedimiento constructivo para realizar los trabajos de acuerdo con la LGEEPA.



Consideración XIV, acuerdo primero, inciso 9:

Que en la descripción de la propuesta de remediación que se integra en el estudio de Caracterización menciona que utilizará Fertilizantes químicos, Surfactante, Biosustratos y Bacterias degradadoras.

- **Respuesta:** Se presentan para el caso que nos ocupa de este estudio final de caracterización, no aplica lo referente a la documentación relativo a las hojas de seguridad de los insumos, así como el certificado de no patogenicidad de la bacteria degradadora por las actividades de remediación, durante el desarrollo de los trabajos, por parte del prestador de servicio, ya que el proceso que se solicitó es la autorización de la propuesta de remediación, la cual se realizara de acuerdo a lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y lo estipulado en los artículos 137 y 143 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Aunado a lo anterior, el proceso de remediación se realizara tomando en cuenta el proceso de Transformación de Petróleos Mexicanos y de la creación de la subsidiaria Pemex Logística como una empresa productiva del estado, por lo que en este momento no es posible contar las hojas de seguridad de los insumos, así como el certificado de no patogenicidad de la bacteria degradadora, por parte del prestador de servicios que realizara los trabajos de remediación, ya que se tomara como referencia para el proceso de contratación, los Lineamientos Generales de Procura y Abastecimiento previstos en las Disposiciones Generales de Contratación (DAC's) para Petróleos Mexicanos y sus Empresas Productivas Subsidiarias, las cuales están definidas dentro del marco general de actuación en materia de procura y abastecimiento respecto de la planeación, programación, presupuestación, contratación y ejecución de los contratos. Una vez aprobada la propuesta de remediación y que se haya designado a que prestador de servicio en materia de remediación de sitios impactados por hidrocarburos, se le notificara a la autoridad ambiental sobre los insumos, Surfactante, Biosustratos y el certificado de no patogenicidad de la bacteria degradadora por las actividades de remediación, una vez que se haya designado a la empresa que realizará la ejecución de los trabajos, acompañado del procedimiento constructivo para realizar los trabajos en materia de remediación de acuerdo con la LGEEPA.

Consideración XV, acuerdo primero, inciso 10:

En la tabla que se presenta en la página 68 del estudio de Caracterización se identificó que el cálculo del volumen no corresponde con los datos que se expresan, dado que los resultados no concuerdan, los datos que citan en la Tabla 11 difieren con los datos de los planos, por otra parte, en los puntos de muestreo PM4, PM5, PM7, PM8 y PM10 no se determinó la profundidad en la cual las concentraciones de hidrocarburos se encuentren por debajo de los Límites Máximos Permisibles que establece la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Respuesta: Se presenta el **Anexo VI** los planos No. B004-01 y B004-02, relativo a la la corrección de los cálculos en la estimación del volumen de suelo contaminado referente a la memoria de cálculo de forma congruente con los resultados de los análisis de las muestras colectadas. Por otro lado haciendo alusión a las profundidades de muestreo de los puntos **PM4, PM5, PM7, PM8 y PM10**, no fue posible coleccionar muestra a



mayor profundidad debido a que se encontró material consolidado, es decir material rocoso lo que impedía continuar con la perforación de suelo. Se adjuntan como registros las hojas de campo, con base al artículo 138 Frac. III del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Por lo antes expuesto, solicito su acostumbrado apoyo, para que por su conducto, se dé respuesta a este requerimiento mediante ventanilla única ante la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección Ambiental (ANSIPA) de nivel central, lo anterior con la finalidad de obtener la autorización de la propuesta de remediación.

Sin más por el momento y esperando vernos favorecidos, agradezco de antemano la atención al presente y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo y reiterarme a sus órdenes.

Atentamente



Ing. Roberto Valenzuela Lugo
Superintendente de Transporte por Ducto Pacifico



Elaboro: Ing. Hector Chavez Castro
Coordinador SIPA-STDP

"Como medida de ahorro de papel, estas copias solo serán entregadas por el SAC"

C.c.p.- Ing. Carlos Moreno Ochoa.- Gerente de Transporte, Mantenimiento y Servicios de Ductos, Piso 7 Edificio "A"; México D.F.
Ing. Francisco de Jesus Vallejo Sánchez.- Gerente de Desarrollo Sustentable, Seguridad, Salud y Protección Ambiental. Piso 6 Edificio "A"; México D.F.
Ing. José Luis Luna Báez.- Subgerente USIPA, Pemex Logística, Subdirección de Transporte. Piso 8 Edificio "B1"; México D.F.
Ing. Jesús Santiago Ruiz Huesca.- Superintendente de la Unidad de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.- Piso 6 Edificio "A"; México D.F.

Anexo I

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/007/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A, del Km DDV 95+003 Poliducto 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali."



ACUSE DE RECIBO

Rosarito, B.C. a 25 de Julio del 2014
REF515935150002C17010001012014
PXR-SUD-GTD-STDP-SDR-1108-2014

Gerencia transporte por ducto
Superintendencia de Transporte por Ducto Pacifico
Sector Ductos Rosarito
Carretera Tijuana-Ensenada km 21.5
Rosarito, B.C.
Tel.01(661) 6121158

Lic. Carlos Gustavo Almaraz Montaño
Delegado Federal de PROFEPA
Calle: Jose Clemente Orozco No.2383
Zona Río
C.P. 22320
Tijuana, B.C.

ASUNTO: Entrega plan de muestreo para la aprobación de trabajos de caracterización de sitio impactado en km 95+003 Pol. Rosarito.-Mexicali. 8"-10" Ø .

Por medio del presente, me permito hacer entrega del **Plan de Muestreo** del sitio impactado con hidrocarburo **km 95+003 Pol. 8"-10" Ø Rosarito-Mexicali**, derivado de la toma clandestina, incidente ocurrido el 15 de Enero del 2012 y notificado a su representada con el documento **PXR-SUD-GTD-STDP-SDR-085-2012**, lo anterior en seguimiento a los trabajos de **Estudio de Caracterización** al sitio en mención, dichos trabajos darán inicio el día 02 de septiembre del 2014 y serán ejecutados por la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Sin otro en particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

Ing. Christian Alberto Perez Garcia
E.D. Superintendencia General
Sector Ductos Rosarito

Elaboró: Ing. Angel Ramirez Mendoza
E.D. Jefatura de SIPA

C.c.p. Ing. Roberto Valenzuela Lugo - Suplte. Transp. por Ducto Pacifico, Guaymas, Son.
C.c.p. Ing. Hector Chavez Castro - Coord. S.I.P.A., Guaymas, Son.
C.c.p. Lic. Angélica Guadalupe Ortiz López - Representante Jurídico, Rosarito, B.C.

PROCURADURIA FEDERAL DE
PROTECCIÓN AL AMBIENTE
RECIBIDO
JUL 25 2014
RECIBIDO
SUBDELEGACION ZONA COSTA
TIJUANA, B.C.

PROTOCOLO DE MUESTREO DE SUELOS Y SUBSUELOS EN BASE A LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

“ESTUDIO DE CARACTERIZACION DE 75 SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS DERIVADO DE DERRAME POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VIA DE LOS SECTORES DE GUAYMAS, TOPOLOBAMPO Y ROSARITO ADSCITOS A LA SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO PACIFICO”

“Área aledaña al 95+003 del DDV del Poliducto de 10”-8“Ø Rosarito-Mexicali, en el Municipio de Tecate, B.C.”



ÍNDICE

ACTIVIDAD

- 1 OBJETIVO
- 2 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES
- 3 INFORMACIÓN GENERAL DEL RESPONSABLE DE LA CONTAMINACIÓN Y EL PRODUCTO DERRAMADO
- 4 DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE UNIDADES DE PRODUCTO MUESTREADAS Y MUESTRAS TOMADAS
- 5 SÍNTESIS DE PLAN DE MUESTREO
- 6 MATERIAL Y EQUIPO PARA MUESTREO
- 7 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN EL MUESTREO
- 8 PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS
- 9 FECHA DE TOMA DE MUESTRA DE SUELO Y SUBSUELO
- 10 UBICACIÓN DE LOS POZOS DE MUESTREO
- 11 FOTOGRAFÍAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

1. OBJETIVO

Realizar el muestreo y toma de muestra de suelo y subsuelo contaminado en el sitio **“Área aledaña al 95+003 del DDV del Poliducto de 10”-8“Ø Rosarito-Mexicali, en el Municipio de Tecate, B.C.”** bajo la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**.

2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

De acuerdo a los métodos indirectos realizados en el sitio, e identificada la pluma en el subsuelo, se realizara la ubicación de los puntos de muestreo con coordenadas (UTM).

Se llenara la cadena de custodia y el plan de muestreo del laboratorio acreditado, esto correspondiente al sitio a muestrear misma que acompañara a las muestras hasta su ingreso al laboratorio para su análisis correspondiente.

En base al protocolo de muestreo se realizaran perforaciones con maquinaria de empuje directo en los puntos de muestreo establecidos hasta la profundidad requerida.

Una vez perforado se realiza la extracción y toma de muestra en un cartucho con contratapa o frascos de vidrio.

Las muestras se identifican, etiquetan, sellan esto para evitar la manipulación de muestras hasta su ingreso al laboratorio y serán colocadas en una hielera con un medio refrigerante (hielo o refrigerantes) aproximadamente a 4°C hasta su llegada al laboratorio.

El transporte de las muestras al laboratorio para su análisis será vía terrestre.

Las actividades de perforación, extracción y muestreo se llevaran a cabo en un día.

3. INFORMACIÓN GENERAL DEL RESPONSABLE DE LA CONTAMINACIÓN Y EL PRODUCTO DERRAMADO

Razón social	Pemex Refinación	
Giro de la empresa	Transportación de hidrocarburos por ductos	
Descripción detallada de la generación del contaminante	Toma clandestina	
Identificación del contaminante	Diesel	
Superficie Estimada de afectación	1786.54m2.	
Estado físico	Líquido	
Apariencia	Líquido amarillo	
Sitio de muestreo	Km 95+003 del poliducto de 10"-8"Ø rosarito, Mexicali	
Coordenadas del sitio	X 576626.29	Y 3602151.96

4. DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE UNIDADES DE PRODUCTO MUESTREADAS Y MUESTRAS TOMADAS ASÍ COMO LAS TABLAS DE REFERENCIA DE LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Estrategia de muestreo

De acuerdo al capítulo 6 de la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** en el punto 6.1 menciona lo siguiente: Los productos asociados a los derrames de hidrocarburos, para los que se establecen límites máximos permisibles de contaminación en suelos, se enlistan en la TABLA 1.

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

PRODUCTO CONTAMINANTE	HIDROCARBURO				
	FRACCIÓN PESADA	FRACCIÓN MEDIA	HAP	FRACCIÓN LIGERA	BTEX
Mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo	X	X	X	X	X
Petróleo crudo	X	X	X	X	X
Combustóleo	X				
Parafinas	X		X		
Petrolatos	X		X		
Aceites derivados del petróleo	X		X		
Gasóleo		X	X		
Diesel		X	X		
Turbosina		X	X		
Queroseno		X	X		
Creosota		X	X		
Gasavión				X	X
Gasolvente				X	X
Gasolinas				X	X
Gas nafta				X	X

Los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos se presentan en las tablas 2 y 3.

TABLA 2.- Límites máximos permisibles para fracciones de hidrocarburos en suelo

FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)			MÉTODO ANALÍTICO
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Ligera	200	200	500	NMX-AA-105-SCFI-2008
Media	1 200	1 200	5 000	NMX-AA-145-SCFI-2008
Pesada	3 000	3 000	6 000	NMX-AA-134-SCFI-2006

NOTA : Para usos de suelo mixto, deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.

TABLA 3.- Límites máximos permisibles para hidrocarburos específicos en suelo.

HIDROCARBUROS ESPECÍFICOS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)			MÉTODO ANALÍTICO
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación	Residencial y recreativo	Industrial y comercial	
Benceno	6	6	15	NMX-AA-141-SCFI-2007
Tolueno	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Etilbenceno	10	10	25	NMX-AA-141-SCFI-2007
Xilenos (suma de isómeros)	40	40	100	NMX-AA-141-SCFI-2007
Benzo[a]pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Dibenzo[a,h]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[a]antraceno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[b]fluoranteno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008
Benzo[k]fluoranteno	8	8	80	NMX-AA-146-SCFI-2008
Indeno (1 ,2,3-cd)pireno	2	2	10	NMX-AA-146-SCFI-2008

NOTA: Para usos de suelo mixto deberá aplicarse el límite máximo permisible más estricto, para los usos de suelo involucrados.

El muestreo es dirigido conforme lo marca la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012** para áreas menores o iguales a 0.1 Ha de acuerdo a la tabla 4 (mínimo 4 puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada). De la citada norma, con un procedimiento de aseguramiento de calidad se tomará y analizará una muestra duplicada por cada diez muestras tomadas.

TABLA 4.- Número mínimo de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada

ÁREA CONTAMINADA (ha)	PUNTOS DE MUESTREO
Hasta	
0.1	4
0.2	8
0.3	12
0.4	14
0.5	15
0.6	16
0.7	17
0.8	18
0.9	19
1.0	20
2.0	25
3.0	27
4.0	30
5.0	33
10.0	38
15.0	40
20.0	45
30.0	50
40.0	53
50.0	55
100.0	60

5. SÍNTESIS DE PLAN DE MUESTREO

De acuerdo con los métodos indirectos realizados en el sitio afectado, se delimita la zona contaminada tanto vertical como horizontalmente y a través de métodos geométricos, GPS, o estaciones totales se determina el área contaminada.

Para el caso del área contaminada se tomarán un número de muestras en cada punto de muestreo establecido por los alcances del convenio: Como un método indirecto es utilizado un equipo de georadar que nos permite delimitar los perfiles verticales del contaminante en el suelo, este equipo también nos permitirá localizar los puntos contaminados en los casos en que evidentemente no se detecte en el suelo la contaminación por hidrocarburo, este método indirecto nos ayuda en el apoyo de la profundidad del contaminante presente en el sitio; las gasometrías nos ayudan a referenciar la pluma de contaminación en el subsuelo con la medición de las concentraciones de COV'S a una profundidad promedio de **0.50 m a 0.70 m**.

Se tomará muestras a diferentes profundidades de acuerdo a las características de la zona, y esto nos identificará la profundidad de la contaminación donde los resultados analíticos nos confirmarán si la muestra de fondo no rebasa los límites máximos permitidos de la **NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**.

Plan de muestreo

El plan de muestreo es un documento que se elaborará en campo por el signatario de muestreo, esta información sirve como base para determinar el número de puntos de muestreo así como el tipo de muestreo y que se integrara como parte del informe final de caracterización.

Numero de muestras

Se realizaran 10 pozos de muestreo a diferentes profundidades, en cada pozo de muestreo se tomarán de 8 muestras de suelo, a su vez también se tomara 1 muestra duplicada por cada 10 muestras tomadas. De acuerdo con la superficie afectada y en base a los métodos indirectos realizados en el sitio se colectaran en total de 80 muestras, distribuidas en 10 puntos de muestreo (ver su distribución en el croquis de muestreo).

Los parámetros a analizar de las muestras de suelo son **Hidrocarburos Fracción Media, Haps, Fisicoquímicos, Microbiológicos**.

Las desviaciones o incumplimiento al programa original, si no se cumple con las actividades descritas en este procedimiento de muestreo explicando las causas, si se realizaron actividades por las autoridades o del responsable del muestreo o por las mismas características del suelo, serán asentadas en una minuta quedando de acuerdo las partes involucradas. De acuerdo al Capítulo 7 en el punto 7.2.1. De la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

6. MATERIAL Y EQUIPO PARA MUESTREO

Equipo Adicional de Seguridad.

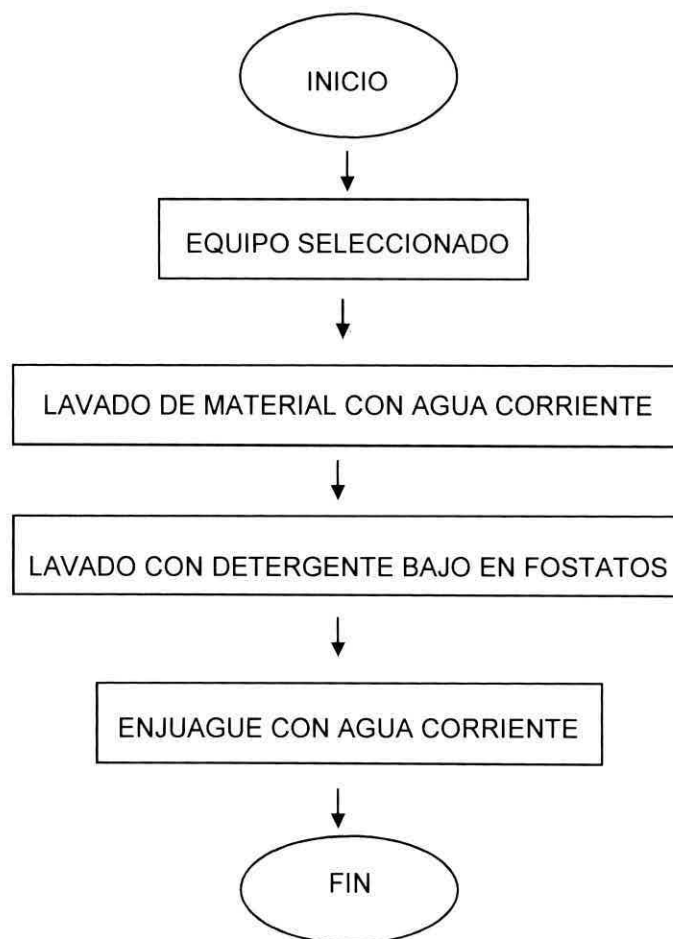
EQUIPO Y MATERIAL	
1. Explosímetro multigas	✓
2. Analizador de vapores orgánicos	✓
3. Localizador GPS	✓
4. Equipo de seguridad personal	✓
5. Cámara digital	✓
6. Cadena de custodia	✓
7. Etiquetas y sello de seguridad	✓
8. Equipo de perforación mecánica	✓
9. Herramienta manual	✓
10. Frascos y/o cartuchos de linner	✓
11. Hielera	✓
12. Botiquín de primeros auxilios	✓
13. Extintores PQS	✓
14. Cintas de precaución	✓
15. otros	✓

Medidas de Seguridad

Las medidas de seguridad serán tomadas en cuenta dependiendo del área a trabajar, al tipo de zona donde se realizara la toma de muestras y de las actividades que en ella se requieran.

7. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN EL MUESTREO.

Preparación de material para el muestreo con personal de un laboratorio acreditado por la EMA.



8. PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

Laboratorio acreditado ante la EMA	Laboratorio del Grupo Microanálisis S.A. de C.V.
Parámetros a Analizar	Hidrocarburos Fracción Media, Haps, Fisicoquímicos, Microbiológicos.

9. FECHA DE TOMA DE MUESTRA DE SUELO Y SUBSUELO

De acuerdo a los métodos indirectos realizados y los trabajos de topografía, así como de la evaluación del entorno del sitio afectado, la realización de los trabajos de muestreo de suelo y subsuelo serán el día **25/08/2014**

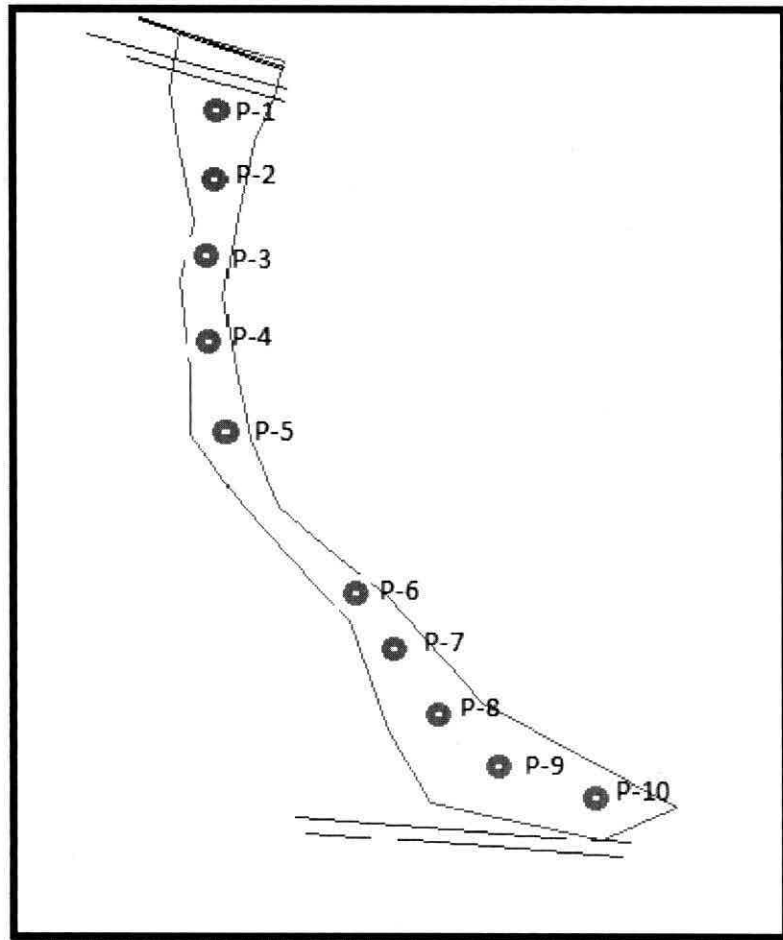
NOTA: En caso de que las condiciones climáticas o alguna otra situación ajena a los trabajos impida llevarse a cabo la toma de muestra, se comentará y planeará con personal de PROFEPA y Pemex Refinación para sugerir otra fecha posterior y no alejada a la programada. Se procederá a realizar una nota informativa, o minuta en la cual se expondrá el por qué no se llevó a cabo la toma de muestra de suelo y subsuelo de dicho sitio.

10. UBICACIÓN DE LOS POZOS DE MUESTREO

Nombre del sitio: **“Área aledaña al 95+003 del DDV del Poliducto de 10”-8“Ø Rosarito-Mexicali, en el Municipio de Tecate, B.C.”**

Croquis de localización de los probables puntos de muestreo para análisis de hidrocarburo

LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO.

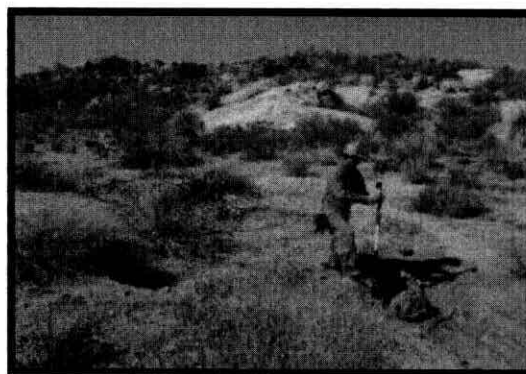
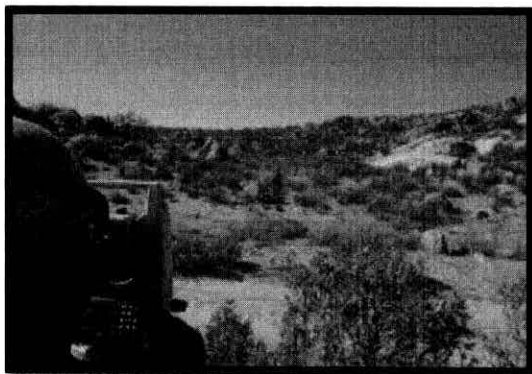


11. FOTOGRAFÍAS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Recorrido del georadar y levantamiento de datos



Levantamientos topográficos del área afectada



Recolección de datos de las gasometrías





LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de GRUPO ANALITICO ABC

HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS

F-IPM2-21

Razón Social: <u>Peruex Restauración Surtos Ductos Rosavito</u>	OM:
Sitio del Muestreo: <u>Km 95 + 005 Poliducto Rosavito-Mexicali</u>	Fecha: <u>01/10/14</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Punto 1 Hora: 10:02, 10:10
10:02, 10:02

Equipo utilizado: Peruex Restauración Surtos Ductos Rosavito, GPS, espachal Tipo de perforación: Mecánica

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	
El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s) <u>SI</u>
Agua potable <u>SI</u>	Se utilizó algún fluido de perforación <u>NO</u>
Jabón libre de fosfatos <u>SI</u>	Se tomaron fotografías del muestreo <u>NO</u>
Alcohol <u>NO</u>	La muestra fue homogeneizada en campo <u>NO</u>
Solución ácida <u>NO</u>	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra <u>SI</u>
Agua purificada y/o desionizada <u>SI</u>	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S <u>NO</u>
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma <u>SI</u>	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío <u>SI</u>

Comentarios: Perforación solamente hasta 1.2m por presencia de piedra.

REGISTRO DE PERFORACION

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	<u>Pm1.2m</u>		<u>Arena</u>	<u>Media</u>	<u>Color café, Sin olor a hidrocarburos.</u>	<u>X 576636.617</u> <u>Y 3602150.236</u>
0.5	<u>Pm2</u> <u>Pm3</u>		<u>Arena</u>	<u>Media</u>	<u>Color café, Sin olor a hidrocarburos.</u>	
1.0	<u>Pm4.2m</u>		<u>Arena</u>	<u>Media</u>	<u>Color café, Sin olor a hidrocarburos.</u>	
1.5						
2.0						
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra: Supervisor:

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60

FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

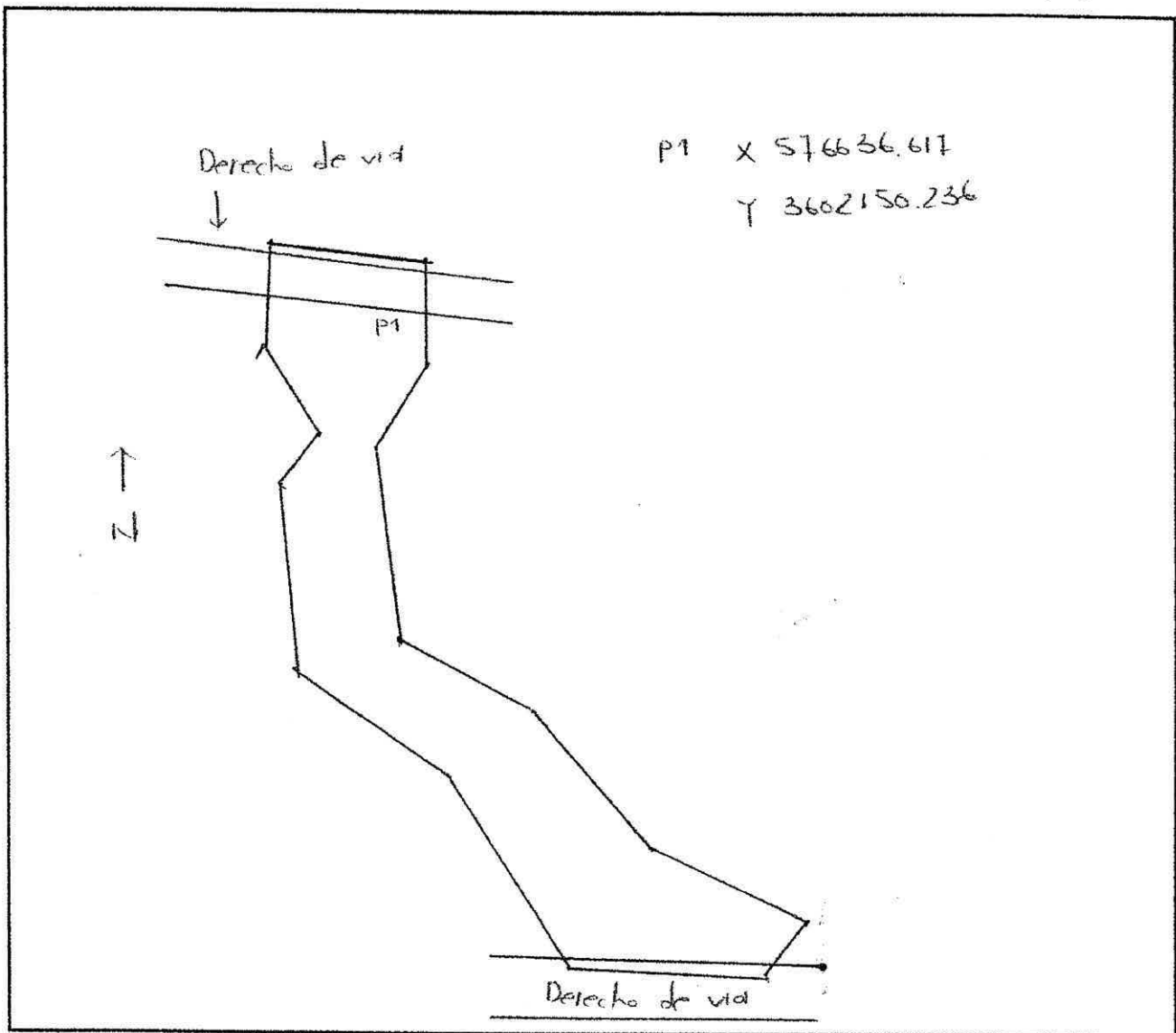
Sitio de Muestreo:

Km 45 +003 Poliducto Rosarito-Mexicali

O.M.:

Fecha:

02/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO**

HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS

F-IPM2-21

Razón Social: <u>Perforación Sector Ductos Rosarito</u>	OM: _____
Sitio del Muestreo: <u>km 95+003 Poliducto Rosarito-Mexicali</u>	Fecha: <u>01/10/14</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Punto 2

Hora: 10:14, 10:16, 10:20
10:20, 10:20

Equipo utilizado: Perforadora Neumática, GPS, espátula

Tipo de perforación: Mecánica

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s)	☒
Agua potable ☒	Se utilizó algún fluido de perforación	☒
Jabón libre de fosfatos ☒	Se tomaron fotografías del muestreo	☒
Alcohol ☒	La muestra fue homogeneizada en campo	☒
Solución ácida ☒	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra	☒
Agua purificada y/o desionizada ☒	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S	☒
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma ☒	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío	☒

Comentarios: Perforación solamente hasta 1.7m por presencia de Piedra.

REGISTRO DE PERFORACION

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	<u>Pm1.2m</u>		<u>Areno</u>	<u>Poca</u>	<u>Color café, Sin olor a hidrocarburos.</u>	<u>X 576631.541</u> <u>Y 3602152.984</u>
0.5	<u>Pm0</u>					
1.0	<u>Pm1.7m</u>		<u>Areno</u>	<u>Seco</u>	<u>Color café, Sin olor a hidrocarburos.</u>	<u>X 576631.541</u> <u>Y 3602152.984</u>
1.5	<u>Pm3</u>					
2.0	<u>Pm4</u>					<u>X 576631.541</u> <u>Y 3602152.984</u>
2.5						
3.0						<u>X 576631.541</u> <u>Y 3602152.984</u>
3.5						
4.0						<u>X 576631.541</u> <u>Y 3602152.984</u>

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra: _____ Supervisó: _____

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE, ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60

FAX: 56 35 84 87

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

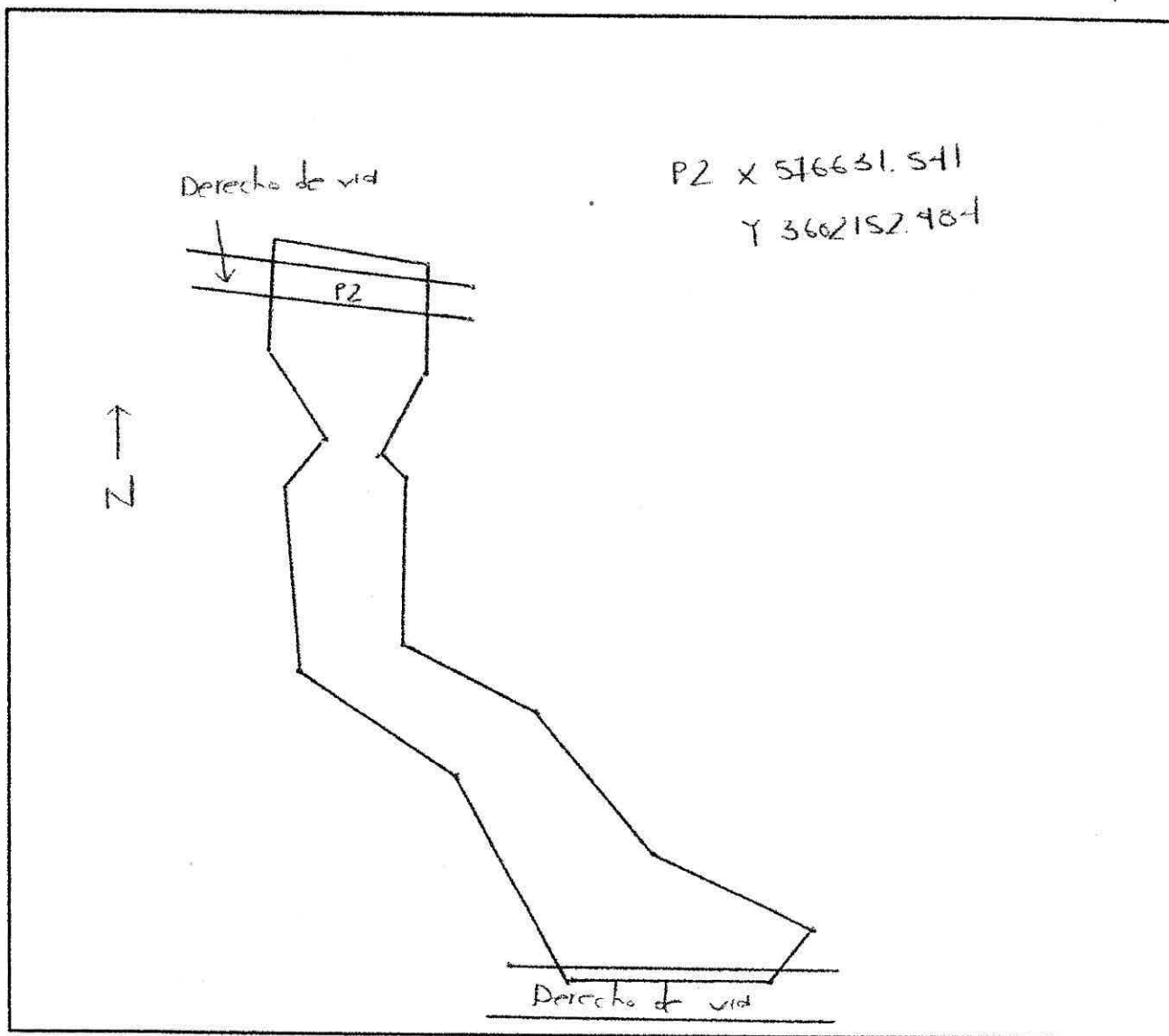
Sitio de Muestreo:

Km 95 +053 Poliducto Rosarito-Manzanillo

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de GRUPO ANALITICO ABC

HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS

F-IPM2-21

Razón Social: <u>Pemex Refinacion Sector Ductos Rosarito</u>	OM:
Sitio del Muestreo: <u>Km 95+003 Poliducto Rosarito-Mexicali</u>	Fecha: <u>01/10/14</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Punto 3

Hora: 11:14, 11:20, 11:14

Equipo utilizado: Percusora Neumatica, GPS

Tipo de perforación: Mecanica

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s)	<u>SI</u>
Agua potable <u>SI</u>	Se utilizó algún fluido de perforación	<u>NO</u>
Jabon libre de fosfatos <u>SI</u>	Se tomaron fotografías del muestreo	<u>NA</u>
Alcohol <u>NO</u>	La muestra fue homogeneizada en campo	<u>NA</u>
Solución ácida <u>NO</u>	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra	<u>SI</u>
Agua purificada y/o desionizada <u>SI</u>	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S	<u>NO</u>
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma <u>SI</u>	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frio	<u>SI</u>

Comentarios: Perforacion solamente hasta 1.7m por presencia de piedra

REGISTRO DE PERFORACION

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	<u>P3 m1, 2m</u>		<u>Arena</u>	<u>Poca</u>	<u>Color café, ligero olor a hidrocarburos.</u>	<u>X 576625.108</u> <u>Y 3602138.492</u>
0.5	<u>P3 m2</u>					
1.0	<u>P3 m3</u>					
1.5	<u>P3 m4</u>		<u>Arena</u>	<u>Seco</u>	<u>Color café, ligero olor a hidrocarburos</u>	
2.0						
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra:

Supervisó:

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE. ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60 FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

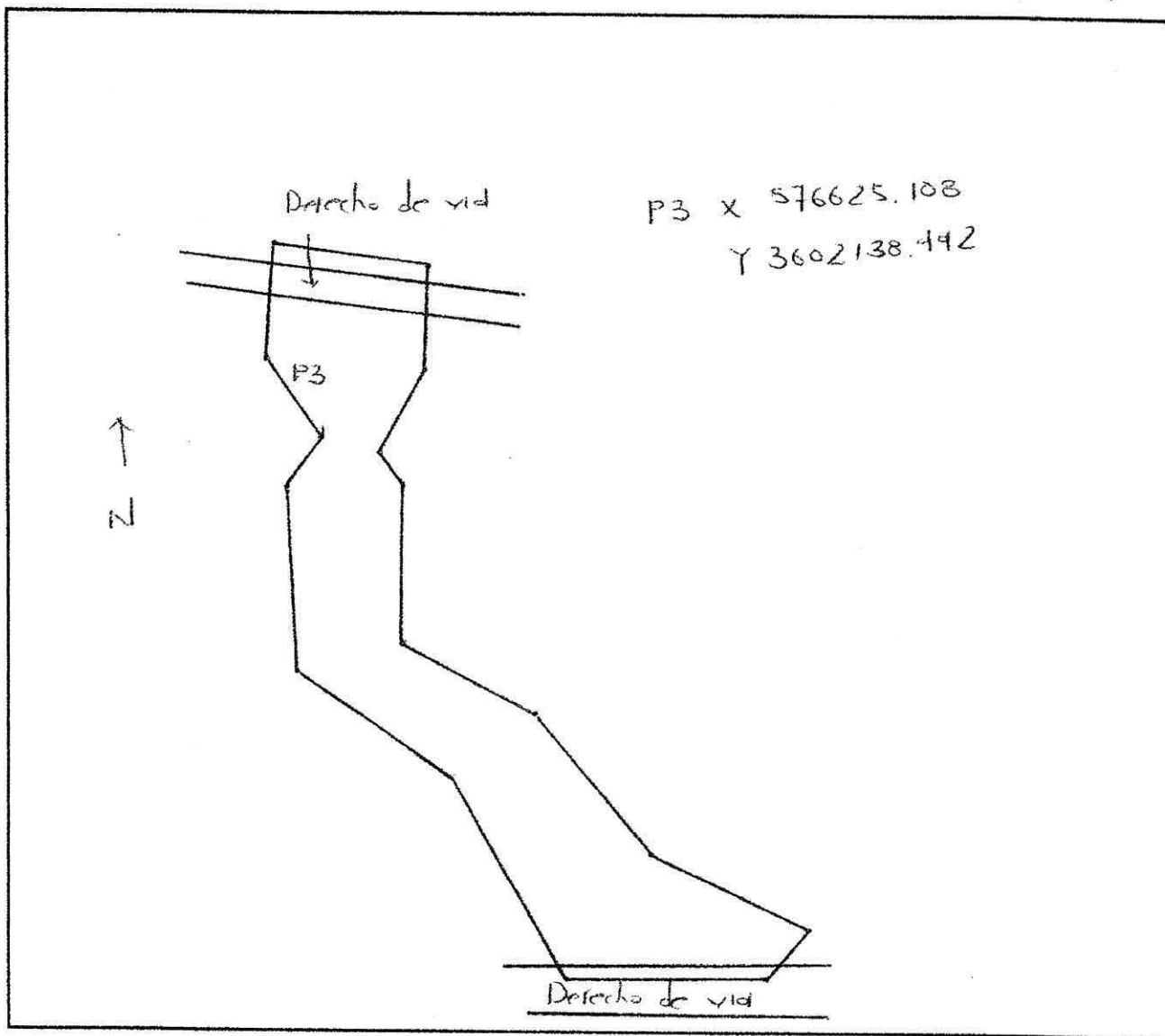
Sitio de Muestreo:

Km 95+003 Poliducto Rosarito-Mexicali

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO**

HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS

F-IPM2-21

Razón Social: <u>Pemex Refinación Sector Durban Rosarito</u>	OM:
Sitio del Muestreo: <u>Km 95+003 Poliducto Rosarito-Mexicali</u>	Fecha: <u>01/10/14</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Punto 4

Hora: 11:54, 12:02, 12:08
11:54, 11:54

Equipo utilizado: Perforadora Neumática, GPS, Asafula Tipo de perforación: Mecánica

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	
El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s) ☒
Agua potable ☒	Se utilizó algún fluido de perforación ☒
Jabón libre de fosfatos ☒	Se tomaron fotografías del muestreo ☒
Alcohol ☒	La muestra fue homogeneizada en campo ☒
Solución ácida ☒	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra ☒
Agua purificada y/o desionizada ☒	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV's ☒
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma ☒	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío ☒

Comentarios: Perforación solamente hasta 2.4m por presencia de piedra

REGISTRO DE PERFORACION

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	<u>P4 m1 2m</u>		<u>Arenq</u>	<u>Media</u>	<u>Color café, sin olor a hidrocarburos.</u>	<u>X 576626.770</u> <u>Y 3602107.480</u>
0.5	<u>P4 m2</u> <u>P4 m3</u>		<u>Arena</u>	<u>Poca</u>	<u>Color café, ligero olor a hidrocarburos.</u>	
1.0	<u>P4 m4 2.4m</u>		<u>Arena</u>	<u>Seco</u>	<u>Color gris, ligero olor a hidrocarburos.</u>	
1.5						
2.0						
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra:

Supervisó:

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE. ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60 FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

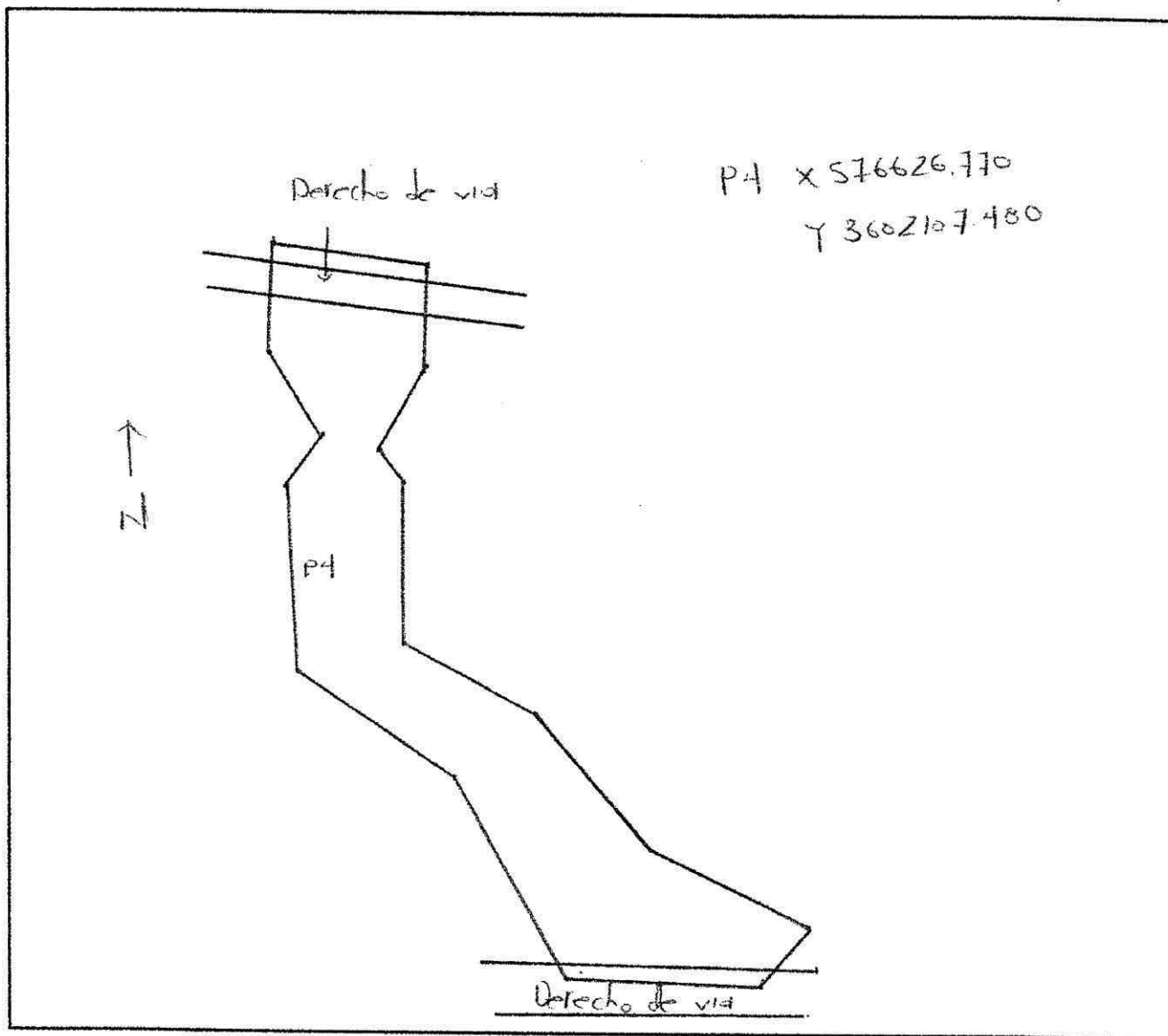
Sitio de Muestreo:

Km 9.5 F603 Poliducto Rosarito-Mexicali

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:

**LABORATORIOS • ABC**

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **ABIC**
GRUPO ANALITICO**HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS**

F-IPM2-21

Razón Social: <u>Punto 5, Puntos de Muestreo, Puntos</u>	OM:
Sitio del Muestreo: <u>En 45+003 Poliducto Pájarito-Mexicali</u>	Fecha: <u>01/10/14</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo:

Punto 5Hora: 12:56, 13:10, 12:56
12:56

Equipo utilizado:

Pumpadora Neumatica, GPS
espátula

Tipo de perforación:

Mecanica**ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**

El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s)	<u>SI</u>
Agua potable <u>SI</u>	Se utilizó algún fluido de perforación	<u>NO</u>
Jabón libre de fosfatos <u>SI</u>	Se tomaron fotografías del muestreo	<u>NO</u>
Alcohol <u>NO</u>	La muestra fue homogeneizada en campo	<u>NO</u>
Solución ácida <u>NO</u>	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra	<u>SI</u>
Agua purificada y/o desionizada <u>SI</u>	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S	<u>NO</u>
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma <u>SI</u>	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío	<u>SI</u>

Comentarios:

Perforacion solamente hasta 1.2m por presencia de piedra.**REGISTRO DE PERFORACION**

Profundidad (m)	Identificación de la muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	<u>P5 M1.2m</u>		<u>Arena</u>	<u>Seco</u>	<u>Color café, Sin olor a hidrocarburos.</u>	<u>X 576644.014</u> <u>Y 3602073.168</u>
0.5	<u>P5 M2</u> <u>P5 M3</u>					
1.0	<u>P5 M1.2m</u>		<u>Arena</u>	<u>Seco</u>	<u>Color café, Sin olor a hidrocarburos.</u>	
1.5	<u>P5 M2</u> <u>P5 M3</u>					
2.0						
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra:	Supervisó:
------------------------------------	------------

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE. ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60

FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

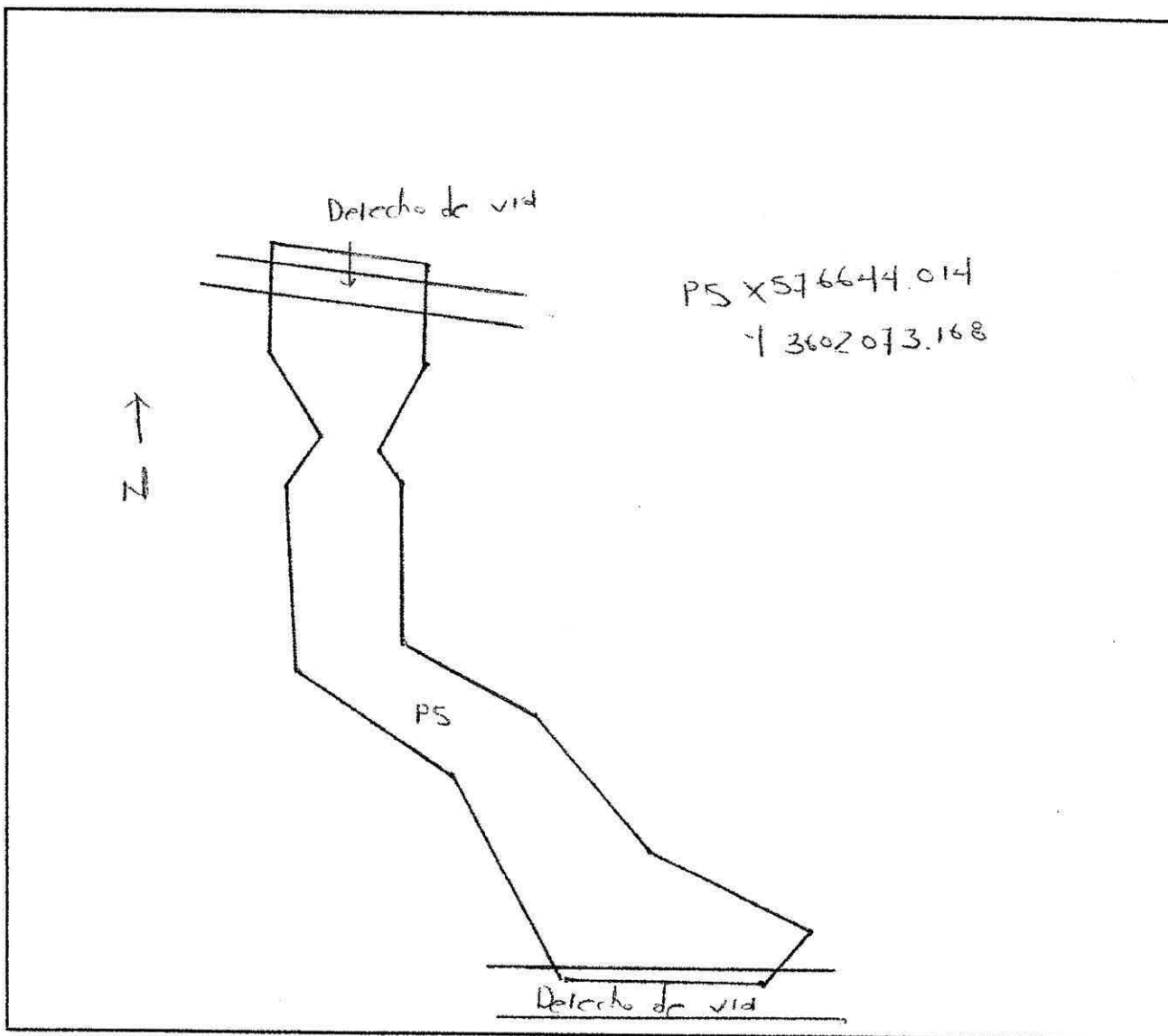
Sitio de Muestreo:

Km 95 + 003 Poliducto Rosarito-Mexicali

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:

**LABORATORIOS • ABC**

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de  GRUPO ANALITICO**HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS**

F-IPM2-21

Razón Social: <u>PEMEX Investigación Sector Ductos Rosavito</u>	OM:
Sitio del Muestreo: <u>Km 95+003 Poliducto Rosavito-Mexico</u>	Fecha: <u>01/10/19</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Punto 6Hora: 13:30, 13:34, 13:36,
13:43, 13:50, 13:56Equipo utilizado: Perforadora Mecánica, GPS
espátulaTipo de perforación: Mecánica

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	
El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s) ☒
Agua potable ☒	Se utilizó algún fluido de perforación ☒
Jabón libre de fosfatos ☒	Se tomaron fotografías del muestreo ☒
Alcohol ☒	La muestra fue homogeneizada en campo ☒
Solución ácida ☒	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra ☒
Agua purificada y/o desionizada ☒	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV's ☒
El equipo fue descontaminado entre cada muestra ☒	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío ☒
de la misma forma	

Comentarios: Perforación solamente hasta 2.4m por presencia de piedra**REGISTRO DE PERFORACION**

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	Pm1.2m		Arena	Media	Color café, con olor a hidrocarburos.	X 576660.951 Y 3602052.657
0.5	Pm2					
1.0	Pm3					
1.5	Pm4.12m		Arena	Poca	Color café, con olor a hidrocarburos.	X 576660.951 Y 3602052.657
2.0	Pm5					
2.5	Pm6					
3.0	Pm7.24m		Arena	Seco	Color café, con olor a hidrocarburos.	X 576660.951 Y 3602052.657
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra:

Supervisó:

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE. ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60

FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

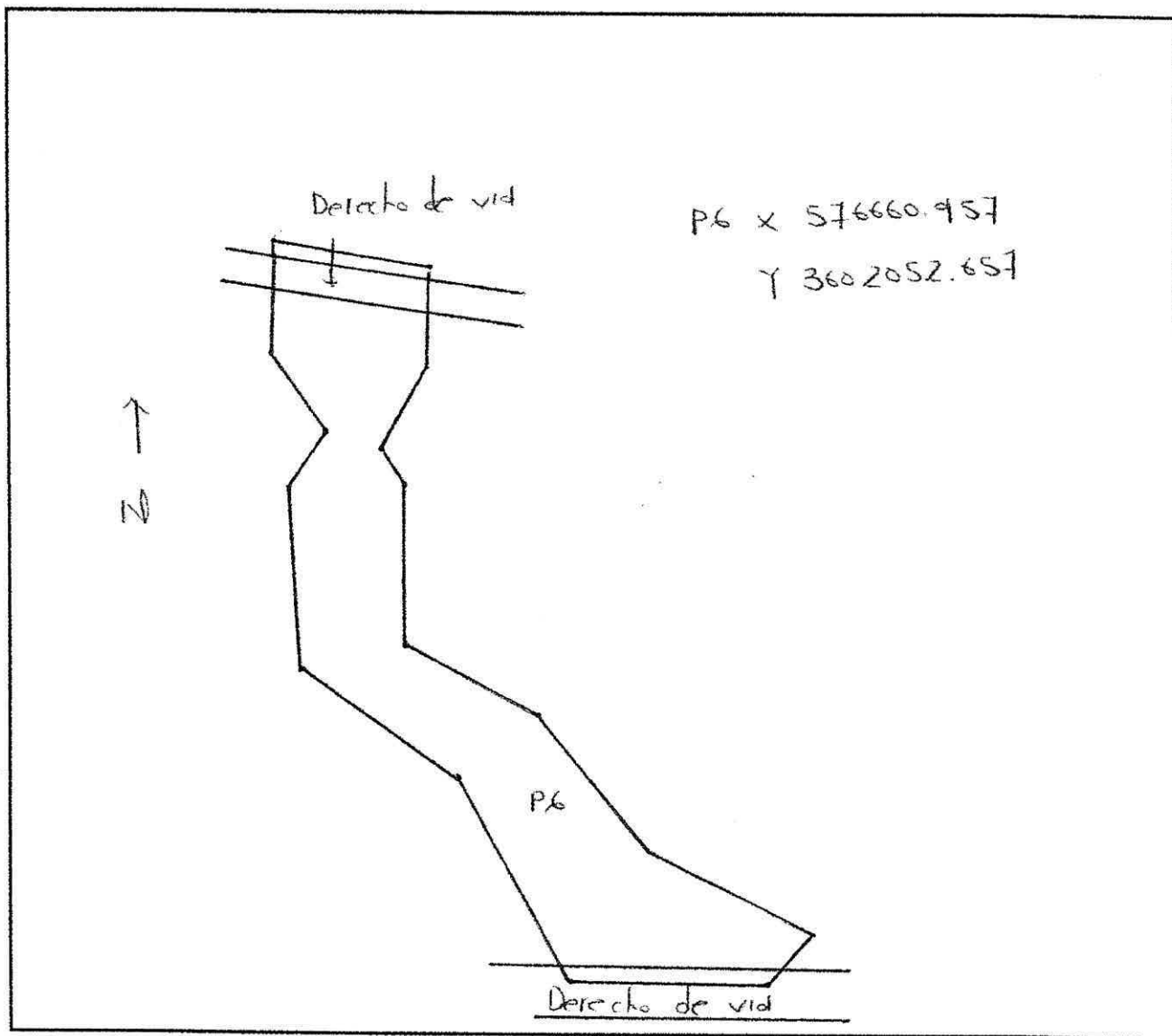
Sitio de Muestreo:

Km 45 + 003 Poliducto Rosarito-Mexicali

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de GRUPO ANALITICO ABC

HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS

F-IPM2-21

Razón Social: <u>Perforación Sector Ductos Rosalia</u>	OM: _____
Sitio del Muestreo: <u>km 95+003 Poliducto Rosario-Alamueli</u>	Fecha: <u>01/10/14</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Punto 7

Hora: 14:43, 14:52
14:52, 14:52

Equipo utilizado: Perforadora Manual, GPS

Tipo de perforación: Macquica

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s)	☒
Agua potable ☒	Se utilizó algún fluido de perforación	☒
Jabón libre de fosfatos ☒	Se tomaron fotografías del muestreo	☒
Alcohol ☒	La muestra fue homogeneizada en campo	☒
Solución ácida ☒	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra	☒
Agua purificada y/o desionizada ☒	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S	☒
El equipo fue descontaminado entre cada muestra ☒	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío	☒
de la misma forma		

Comentarios: Perforación solamente hasta 1.2m por presencia de piedra.

REGISTRO DE PERFORACION

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	P7 m1 2m		Arena	Media	Color café, sin olor a hidrocarburos.	X 576655.430 Y 3602031.757
0.5						
1.0	P7 m2 1.2m		Arena	Seco	Color café, ligero olor a hidrocarburos.	
1.5	P7 m3					
2.0	P7 m4					
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra: _____	Supervisó: _____
--	------------------

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE. ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60 FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

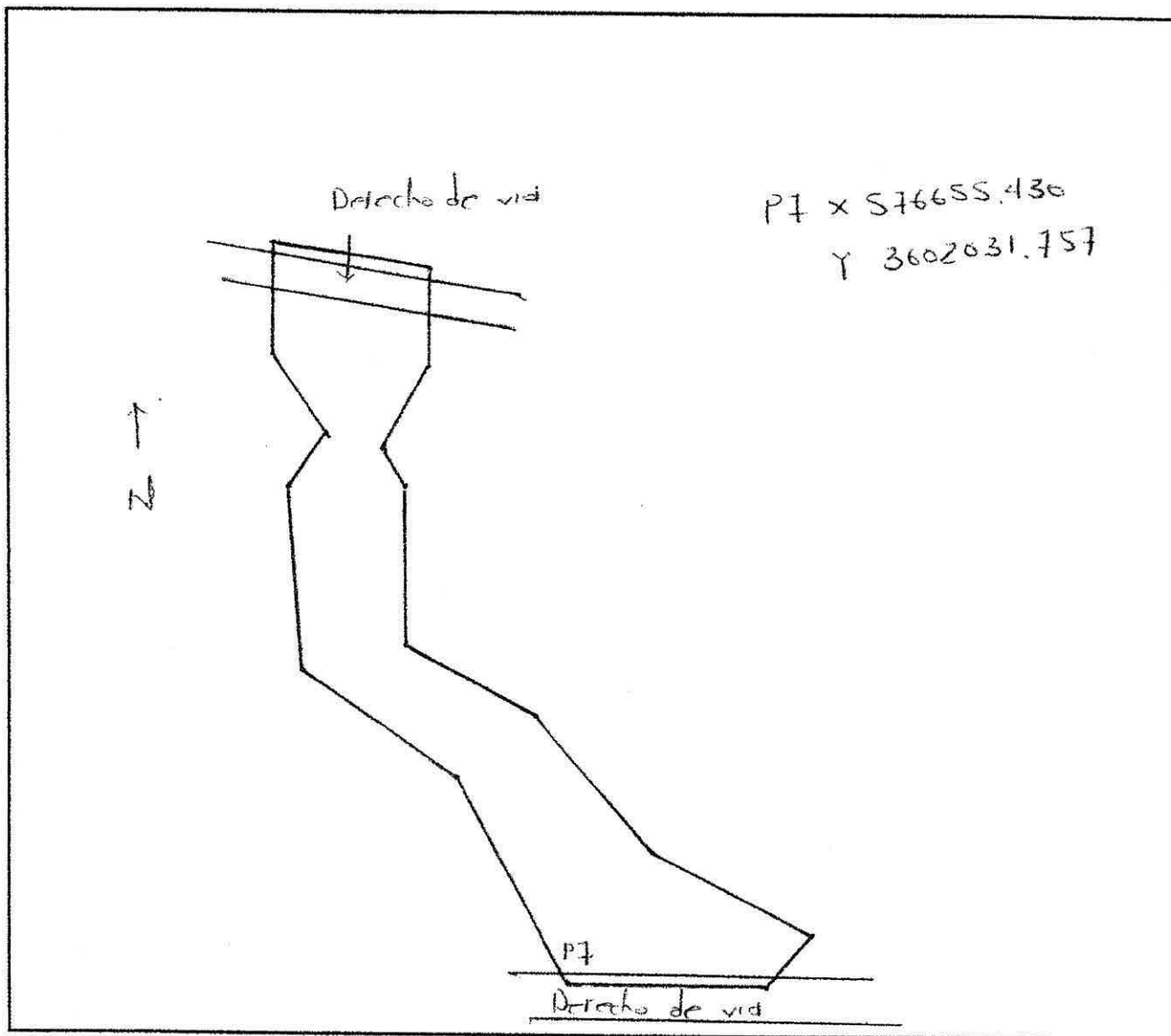
Sitio de Muestreo:

Km 95+003 Poliducto Pasanita-Mexicali

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:

**LABORATORIOS • ABC**

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO AIC****HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS**

F-IPM2-21

Razón Social:	<u>Pemex Refinacion Sector Ductos Rosarito</u>	OM:	
Sitio del Muestreo:	<u>Km 95 F003 Poblado Rosarito-Mexicali</u>	Fecha:	<u>01/06/14</u>
		Hoja:	<u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Punto 8Hora: 15:08, 15:12, 15:20
15:08, 15:08Equipo utilizado: Perforadora Nemaka, GPS, espatula Tipo de perforación: Mecanica**ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**

El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s)	☒
Agua potable ☒	Se utilizó algún fluido de perforación	☒
Jabon libre de fosfatos ☒	Se tomaron fotografías del muestreo	☒
Alcohol ☒	La muestra fue homogeneizada en campo	☒
Solución ácida ☒	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra	☒
Agua purificada y/o desionizada ☒	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S	☒
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma ☒	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frio	☒

Comentarios: Perforacion solamente hasta 2.4m por presencia de piedra.**REGISTRO DE PERFORACION**

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	<u>Pem1.2m</u>		<u>Arena</u>	<u>Medio</u>	<u>Color café, con olor a hidrocarburos.</u>	<u>X 576671.794</u> <u>Y 3602035.482</u>
0.5	<u>Pem2.4m</u>		<u>Arena</u>	<u>Poca</u>	<u>Color café, con olor a hidrocarburos.</u>	
1.0	<u>Pem2.4m</u>		<u>Arena</u>	<u>Seco</u>	<u>Color café, con olor a hidrocarburos.</u>	
1.5						
2.0						
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra:	Supervisó:
------------------------------------	------------

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE. ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60 FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAI y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

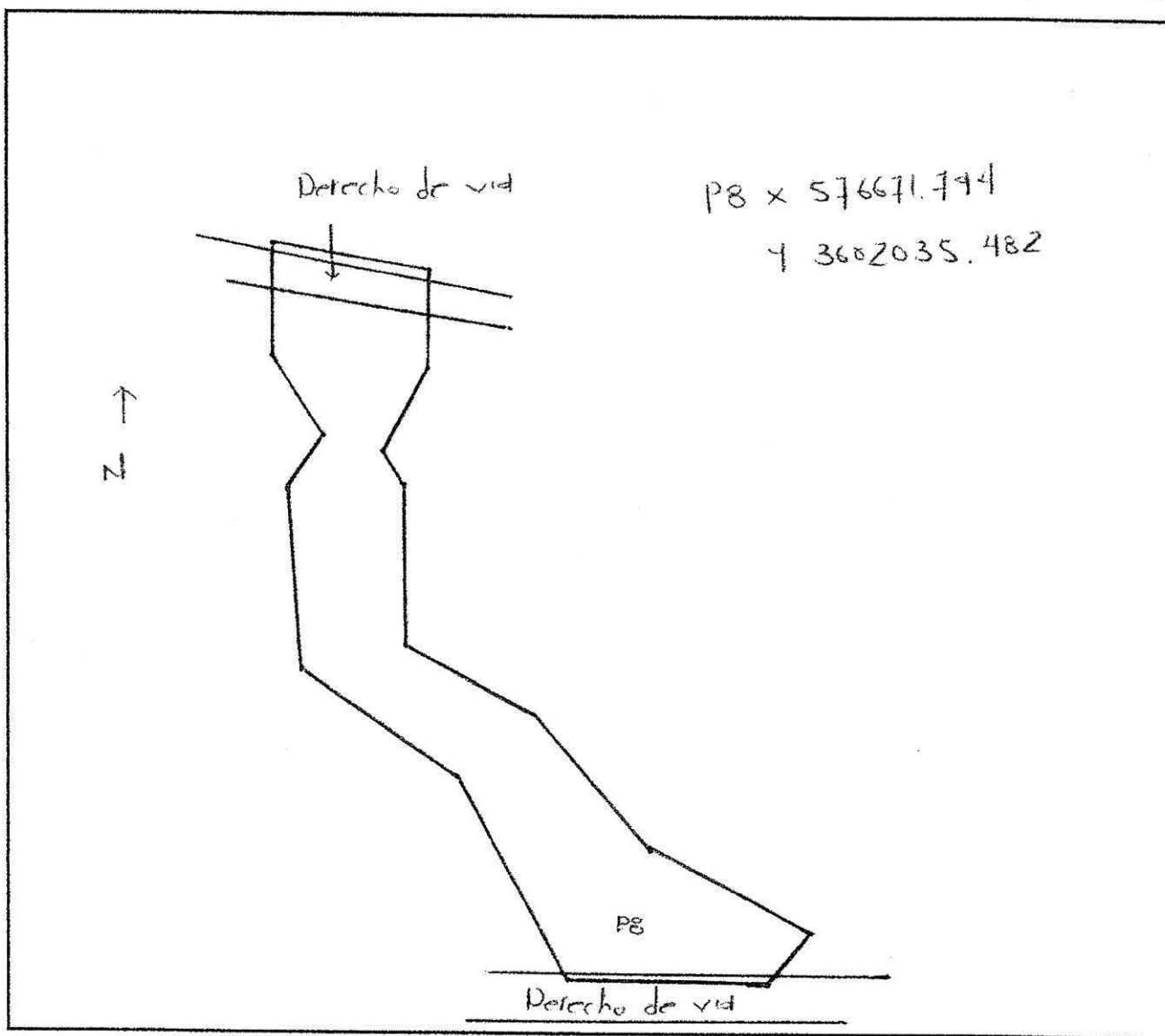
Sitio de Muestreo:

Km 95 + 003 Poliducto Rosarito - Mexicali

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de GRUPO ANALITICO ABC

HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS

F-IPM2-21

Razón Social: Pemex Refineria Sector Ductos Rosarito	OM:
Sitio del Muestreo: Km 95 + 003 Poliducto Rosarito-MEXICALI	Fecha: 01/10/14
	Hoja: 1 de 1

Identificación del sondeo: Punto 9 Hora: 15:34, 15:40

Equipo utilizado: Perforadora Neumática GPS, espátula Tipo de perforación: Mecánica 15:40, 15:40

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	
El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s)
Agua potable ☒	Se utilizó algún fluido de perforación ☒
Jabón libre de fosfatos ☒	Se tomaron fotografías del muestreo ☒
Alcohol ☒	La muestra fue homogeneizada en campo ☒
Solución ácida ☒	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra ☒
Agua purificada y/o desionizada ☒	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S ☒
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma ☒	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío ☒

Comentarios: Perforación solamente hasta 1.7m por presencia de piedra.

REGISTRO DE PERFORACION

Profundidad (m)	Identificación de la muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	Pm1-2m		Arena	Media	Color café, ^{sin} olor a hidrocarburos.	
0.5						
1.0	Pm2-1.7m		Arena	Seco	Color café, ligero olor a hidrocarburos.	X 576687.448
1.5	Pm3					Y 360209.993
2.0	Pm4					
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra: Superviso:

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE, ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60

FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

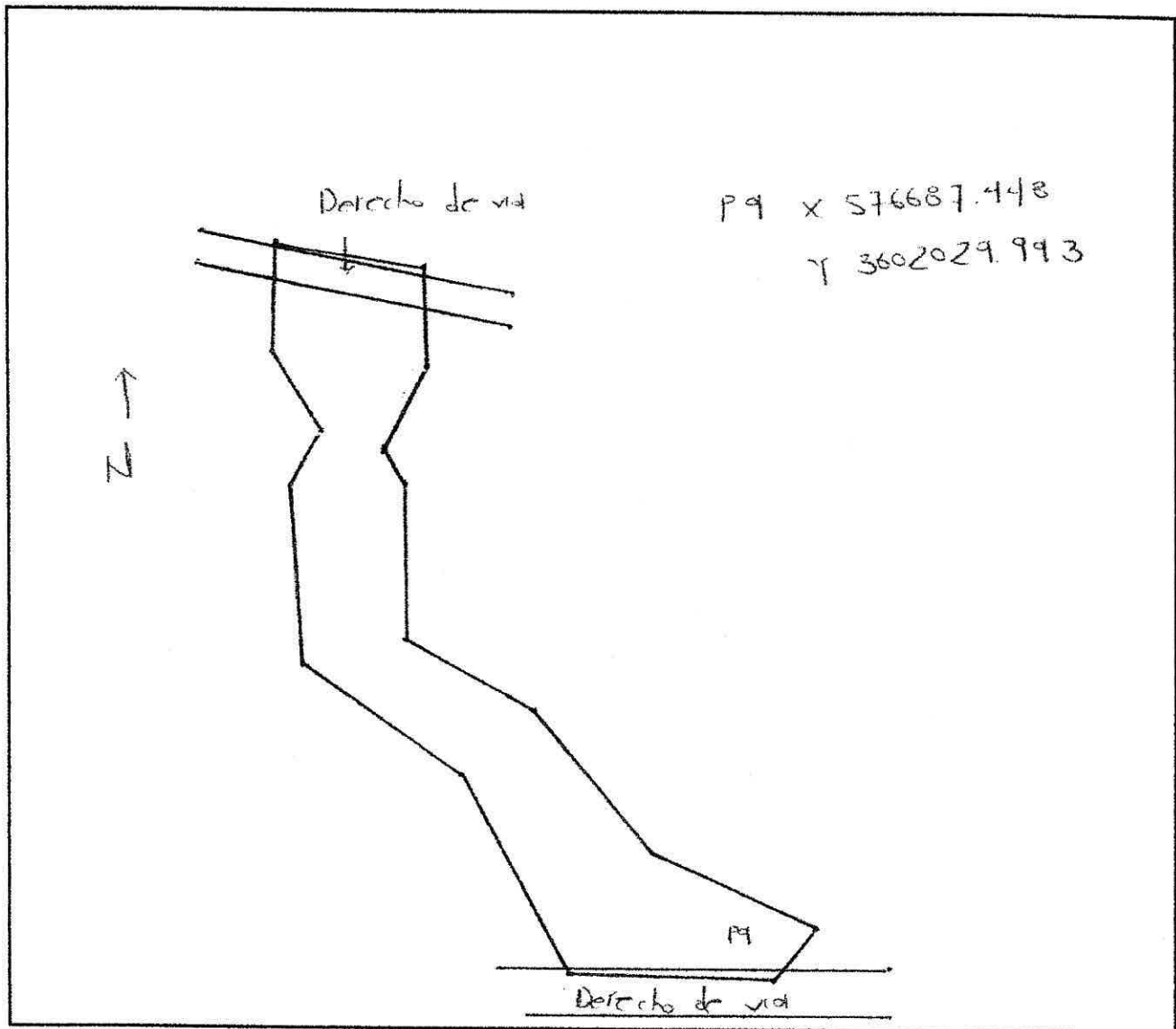
Sitio de Muestreo:

Km 95 + 003 Poliducto Rosarita-Mexicali

O.M.:

Fecha:

06/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:

**LABORATORIOS • ABC**

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC****HOJA DE CAMPO PARA MUESTREO DE SUELOS**

F-IPM2-21

Razón Social: <u>Pemex Refinación Sector Ductos Rosarito</u>	OM: _____
Sitio del Muestreo: <u>Km 95 4003 Poliducto Rosarito-Mexicali</u>	Fecha: <u>01/10/14</u>
	Hoja: <u>1</u> de <u>1</u>

Identificación del sondeo: Pun 10Hora: 15:47, 15:51, 15:56
15:47, 15:47Equipo utilizado: Perforadora Neumática, GPS, espátulaTipo de perforación: Mecánica

ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	
El equipo fue descontaminado previo a su uso con:	La(s) muestra(s) tomada(s) fue(ron) simple(s) <u>SI</u>
Agua potable <u>SI</u>	Se utilizó algún fluido de perforación <u>NO</u>
Jabón libre de fosfatos <u>SI</u>	Se tomaron fotografías del muestreo <u>SI</u>
Alcohol <u>NO</u>	La muestra fue homogeneizada en campo <u>SI</u>
Solución ácida <u>NO</u>	Se emplearon guantes nuevos para cada muestra <u>SI</u>
Agua purificada y/o desionizada <u>SI</u>	Se expuso al ambiente más de 60 seg. la muestra para COV'S <u>NO</u>
El equipo fue descontaminado entre cada muestra de la misma forma <u>SI</u>	Las muestras se preservaron inmediatamente, en frío <u>SI</u>

Comentarios: Perforación solamente hasta 1.2m por presencia de piedra.**REGISTRO DE PERFORACION**

Profundidad (m)	Identificación de la Muestra (CLAVE)	Registro gráfico	Clasificación del suelo	Apreciación de Humedad	Descripción Organoléptica	Coordenadas UTM
0.0	<u>Pu 10.1.2m</u> <u>Pu 10.2</u> <u>Pu 10.3</u>		Arena	Húeda	Color café, ligero olor a hidrocarburos.	X 576695.762 Y 3602027.676
0.5						
1.0						
1.2	<u>Pu 10.4.1.2m</u> <u>Pu 10.5</u>		Arena	Seco	Color café, ligero olor a hidrocarburos.	
1.5						
2.0						
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						

M Muestra MD Muestra Duplicada NF Nivel de fondo

Responsable de la toma de muestra: _____	Supervisó: _____
--	------------------

JACARANDAS No. 19 COL SAN CLEMENTE. ALVARO OBREGON

C.P. 01740 MEXICO D.F. CONMUTADOR: 53 37 11 60

FAX: 56 35 84 87

Nombre y Firma de persona física, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Versión 1.2



LABORATORIOS • ABC

QUIMICA INVESTIGACION Y ANALISIS S.A. de C.V.

una empresa de **GRUPO ANALITICO ABC**

CROQUIS DE LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

F-IPM2-28

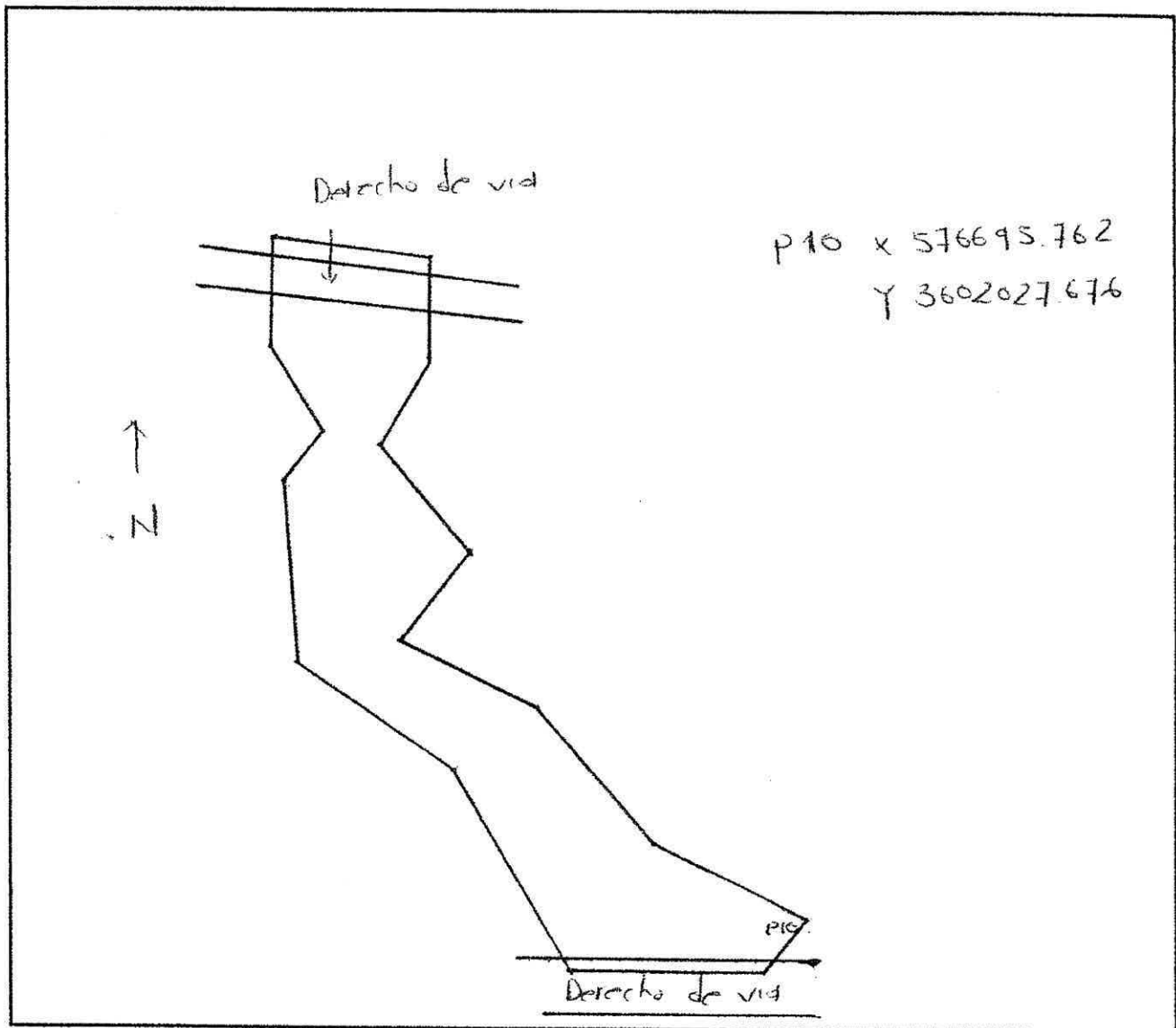
Sitio de Muestreo:

Km 95+003 Poliducto Rosarito-Mexicali

O.M.:

Fecha:

01/10/14



OBSERVACIONES:

MUESTREADOR:

SUPERVISOR:

Anexo II

"Respuesta a oficio No. ASEA/UGI/DGGTA/007/2016 del 11 de Enero 2016 por Propuesta de Remediación Modalidad A Emergencia Ambiental SEMARNAT 07-035-A, del Km DDV 95+003 Poliducto 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali."

Informe Final

**Área aledaña al km 95+003 del DDV
poliducto de 10"-8" Ø Rosarito-Mexicali,
ubicado en el municipio de Tecate, B.C.**



“ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS, DERIVADOS DE DERRAMES POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VÍA DE LOS SECTORES DE ROSARITO, GUAYMAS Y TOPOLOBAMPO ADSCRITOS A LA SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO PACÍFICO”.

CONVENIO ESPECIFICO No. PXR-SO-SCAR-SUD-GTD-E-35-14.

CONTRATO No. 4500515630

INDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	1
2. INTRODUCCION.	4
2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	4
2.2. ANTECEDENTES.	7
3. MEDIO FISICO.	7
3.1. CLIMA.....	7
3.2. TIPO DE SUELO.....	9
3.3. USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL SUELO.....	11
3.4. FISIOGRAFÍA.....	11
3.5. HIDROGRAFÍA.....	13
3.6. HIDROGEOLOGIA REGIONAL.....	14
3.7. CENSO DE POZOS Y NORIAS.....	15
3.8. GEOLOGÍA REGIONAL.....	19
3.9. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	19
3.10. DETERMINACIÓN DE PARAMETROS HIDRAULICOS.....	21
4. METODOLOGIA DE TRABAJOS DE CAMPO.	27
4.1. GEOFISICA.....	27
4.2. GASOMETRIA.....	32
4.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....	33
4.3.1. LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL.....	36
4.4. MUESTREO DE SUELO Y SUBSUELO.....	37
4.4.1. DISEÑO, PERFORACION Y MUESTREO DE SUELO.....	37
4.4.2. ENVASADO, ETIQUETADO Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	41
4.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS QUÍMICOS.....	43
4.5.1. CONTAMINANTES DERIVADOS DE HIDROCARBUROS.....	43
4.6. METODOLOGÍA DE MANEJO, ANÁLISIS Y REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN.....	44
4.6.1. SELECCION DE FUENTES DE INFORMACION.....	44
4.6.2. OBTENCION DE DATOS.....	45
4.6.3. DEPURACION, ESTANDARIZACION Y ORDENAMIENTO DE LA INFORMACION.....	46
4.6.4. CREACION DE TABLAS.....	46
4.6.6. CREACIÓN DE PLANOS.....	47
5. INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	48
5.1. GEOFISICA.....	48
5.2. GASOMETRIA.....	59
5.3. ESTATIGRAFIA LOCAL.....	61
5.4. RESULTADOS ANALÍTICOS DE SUELO.....	63

CONTRATO No. 4500515630

5.4.1. HIDROCARBUROS DE FRACCIÓN MEDIA.....	66
5.4.2. HAPS	66
5.4.3. RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOS EN SUELO.	66
6. POLIGONO DE CONTAMINACION Y BALANCE DE MASA.	68
7. CONCLUSIONES DE LA CARACTERIZACION.....	69
8. PROPUESTA DE REMEDIACION.	70
9. BIBLIOGRAFIA.....	76

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL POLÍGONO DE ESTUDIO.	4
FIGURA 2. SITIO AFECTADO EN KM 80+958 DEL DDV POLIDUCTO DE 10"-8"Ø ROSARITO-MEXICALI.	6
FIGURA 3.- CLIMATOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.	7
FIGURA 4.- PARÁMETROS CLIMÁTICOS.	8
FIGURA 5. POZOS ALEDAÑOS AL SITIO 95+003.	18
FIGURA 6. ESQUEMA DEL MÉTODO DEL POZO INVERTIDO.	23
FIGURA 7: COMPORTAMIENTO DE LA ABSORCIÓN DEL AGUA CON RESPECTO AL TIEMPO (METODOLOGÍA DEL POZO INVERTIDO).	26
FIGURA 8. ESQUEMA GRAFICO DE FUNCIONAMIENTO DEL GEORADAR.	28
FIGURA 9. ESQUEMA GRAFICO DE FUNCIONAMIENTO DEL GEORADAR	30
FIGURA 10. DIVISIÓN DE ZONAS.	34
FIGURA 11. CONFIGURACIÓN DE DATUM EN DGPS	34
FIGURA 12. UBICACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL (MODALIDAD ESTÁTICO O FIJO).	35
FIGURA 13. LEVANTAMIENTO DEL SITIO AFECTADO CON AYUDA DE ESTACIÓN TOTAL Y PRISMA.	36
FIGURA 14. PUNTOS DE MUESTREO DE SUELO.	39
FIGURA 15. EQUIPO DE PERFORACIÓN ROTATORIO APOYADO MEDIANTE COMPRESOR DE AIRE.	40
FIGURA 16. TOMA Y SELLADO DE MUESTRAS.	41
FIGURA 17. ESTRUCTURA TÍPICA DE UN GEORADAR	51
FIGURA 18. RECORRIDO DE GEORADAR EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	54
FIGURA 19. RADARGRAMA.	55
FIGURA 20. POLÍGONO CORRESPONDIENTE A LAS PRIMERAS LECTURAS DE PPM EN LA ZONA DE ESTUDIO.	60
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO DENTRO DEL POLÍGONO DE ESTUDIO.	64
FIGURA 22. PORCENTAJES DEL TIPO DE MATERIAL TEXTURAL EN MUESTRAS DE SUELO.	67

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. TABLA DE COORDENADAS QUE DELIMITAN EL POLÍGONO DE ESTUDIO.	5
TABLA 2. RESULTADOS, TOMA DE DATOS A TIEMPO DEFINIDO (30 MIN):	25
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS.	43
TABLA 4. PROPIEDADES ELECTROMAGNÉTICAS DE LOS MATERIALES	50
TABLA 5. FRECUENCIAS Y ALCANCES DE CADA UNA DE LAS ANTENAS UTILIZADAS CON EN CONJUNTO CON EL GEORADAR	51
TABLA 6. RESULTADOS DE INTERPRETACIÓN DE LÍNEAS DE RADAR	57
TABLA 7. RESULTADOS ANALÍTICOS PARA LECTURAS DE COV'S REALIZADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.	61
TABLA 8. VALORES DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE ACUERDO A LA NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	63
TABLA 9. RESULTADOS ANALÍTICOS.	65
TABLA 10. RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN MUESTRAS DE SUELO.	67
TABLA 11. POLÍGONOS DE FASE RESIDUAL.....	68

ANEXOS

ANEXO I
PLANOS

ANEXO II
ACREDITACIONES Y APROBACIONES

ANEXO III
REPORTES ANALITICOS

ANEXO IV
PROGRAMA DE ACTIVIDADES CALENDARIZADO PROPUESTO PARA EL
DESARROLLO DE LOS TRABAJOS RELACIONADOS CON LA REMEDIACION

ANEXO V
MEMORIA FOTOGRAFIA DEL SITIO

ANEXO VI
MEMORIA FOTOGRAFIA DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS

ANEXO VII
PLAN DE MUESTREO PARA VERIFICACION DE AVANCES DE REMEDIACIÓN

ANEXO VIII
PLAN DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO

1. RESUMEN EJECUTIVO.

Dentro de las actividades operativas de PEMEX Refinación, se encuentra el Transporte y Distribución de Hidrocarburos por Ducto. En el desarrollo de estas actividades ocurren afectaciones de sitios a causa de la disposición inadecuada de residuos o bien por el derrame al suelo y/o agua de los productos que se manejan; esto, a causa de fugas por corrosión, por incidentes durante las operaciones y muchos de estos derrames, ocasionados por tomas clandestinas descontroladas en el sistema de transportación por ducto.

El 17 de enero de 2012, personal de Pemex Refinación detectaron indicios de una posible toma clandestina en el km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate B.C.

Con relación a lo anterior, la Gerencia de Transporte por Ducto solicitó a la Gerencia de Protección Ambiental de PEMEX Refinación, con domicilio en Av. Marina Nacional No. 329, Torre Ejecutiva Piso 40, Col. Petróleos Mexicanos, Delegación Miguel Hidalgo, México, D.F., C.P. 11311; la gestión para realizar los estudios de caracterización ambiental, para establecer la actual presencia de impacto en el sitio, y con base a ello proponer actividades de remediación adicionales o proseguir con los trámites para la liberación del sitio ante las autoridades ambientales.

El presente estudio consiste en la "Caracterización ambiental de suelo en el derecho de vía (DDV) km 95+003 del Poliducto de 10"-8"Ø, Rosarito-Mexicali, Sector Ductos Rosarito, perteneciente al municipio de Tecate, Baja California"; realizado por la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Su objetivo consistió en realizar la caracterización ambiental de suelos, con base a la normatividad aplicable para hidrocarburos, para en su caso estimar volúmenes de material impactado y determinar los alcances de una remediación, así como definir de manera objetiva y con el fundamento técnico necesario, la afectación real de los medios ambientales o la ausencia de la misma.

Para ello se llevaron a cabo métodos indirectos de Georadar y Gasometría como apoyo para delimitar la zona de estudio para la caracterización, así como un muestreo de suelo como método directo para determinar la distribución horizontal y vertical de los potenciales contaminantes en el área afectada.

Uno de los métodos indirectos que se realizó en la zona de estudio para la caracterización del sitio fue un estudio de gasometrías, una herramienta para determinar la probable distribución de la mancha de contaminación, en donde se realizaron 10 puntos a 0.50 m de profundidad para las lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles.

CONTRATO No. 4500515630

Como resultado de las gasometrías de los 10 puntos realizados en el área de estudio, la totalidad presentaron lecturas que oscilan entre los 20 y 100 ppm de hidrocarburo, apoyando para una mejor delimitación del posible impacto en el sitio para de esta manera proponer un polígono de estudio más representativo.

Con los métodos indirectos de Georadar y Gasometrías se definieron y ajustaron los polígonos de muestreo.

Como resultado de los métodos indirectos (Gasometría y Georadar) realizados en el área de estudio se definieron 2 unidades estratigráficas principales: a) Unidad 1 de 0.00 hasta 1.20 m de profundidad (Arenas color gris, gravas, arenas finas de media plasticidad), b) Unidad 2 de 1.20 a 2.40 m de profundidad (Limos arenosos). Las cuales coinciden con el método indirecto utilizado en el área de estudio (Georadar).

El diseño de muestreo fue del tipo dirigido con 10 puntos de muestreo, desde 0.20 m hasta una profundidad máxima de investigación de 2.40 m debido a que mayor profundidad se encontraba un estrato de roca consolidada que impedía la perforación y la migración del contaminante.

La NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 establece que para áreas de 0.2 ha (1,316.535 m²) se requieren de 8 puntos de muestreo mínimo para caracterización de suelos, por lo que la densidad de muestreo establecida cumple satisfactoriamente con este criterio.

La densidad del muestreo permitió tener un análisis geoestadístico a mayor detalle que permite en su caso garantizar un mayor nivel de confianza en los datos obtenidos.

Los resultados analíticos por Fracción Media y HAPS (el producto derramado fue Px-Diesel), correspondientes al muestreo de suelos que se realizó a profundidades de, 0.20 m, 1.20 m y 2.40 m.

De los parámetros analizados en el muestreo efectuado en el sitio "área aledaña al km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø, Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate, B.C." Los Hidrocarburos de Fracción Ligera presentaron concentraciones superiores al LMP de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en las siguientes muestras:

La fracción media presenta valores máximos por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en los puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: **POZO No. 1, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 3, MUESTRA 1, 0.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 04, 1.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 05, 2.40 m; POZO No. 5, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 5, MUESTRA 04, 1.20 m; POZO No. 6, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 6, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 6, MUESTRA 04 DUPLICADA,**

Página 2

CONTRATO No. 4500515630

1.20 m, POZO No. 7, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 7, MUESTRA 02, 1.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 05, 2.40 m, POZO No. 10, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 10, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 10, MUESTRA 10, 1.20 m del polígono de estudio (**Ver Anexos Planos.- Planos de Isoconcentración B-003**).

Con respecto a los HAPS se comenta que no presentaron valores por arriba de la norma aplicable.

De acuerdo con lo anterior, se calculó el volumen total de suelo contaminado el cual es de 939.56 m³, con una superficie total de afectación de 1,316.535 m².

La tecnología que se proponen para ser utilizada en la remediación se definió con base a las características del sitio y el tipo y concentración de hidrocarburos. Se propone que el tratamiento para el suelo impactado se realice mediante bioremediación (landfarming), esto debido a los tiempos de trabajos, lo cual resulta viable para que la remediación sea de forma eficaz y en tiempo.

Durante los trabajos de caracterización del presente estudio no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

Los datos presentados en este reporte son representativos de las fechas en las que se realizaron los trabajos de muestreo de suelo en el sitio de estudio, y debido a que el subsuelo es un medio dinámico es importante realizar las actividades de remediación para evitar la migración a mayor profundidad o extensión de los contaminantes.

CONTRATO No. 4500515630

2. INTRODUCCION.

2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La zona de estudio se encuentra a una altitud de 958.39 msnm con coordenadas UTM, donde $X = 576636.5590$ $Y = 3602148.7810$; localizado en el derecho de vía (DDV) km 80+958 del Poliducto de 10"-8"Ø, Rosarito-Mexicali, Sector Ductos Rosarito, perteneciente al municipio de Tecate, Baja California (Figura 1).

La contingencia se originó por una Toma Clandestina Descontrolada, el 17 de Enero de 2012 (Figura 2).

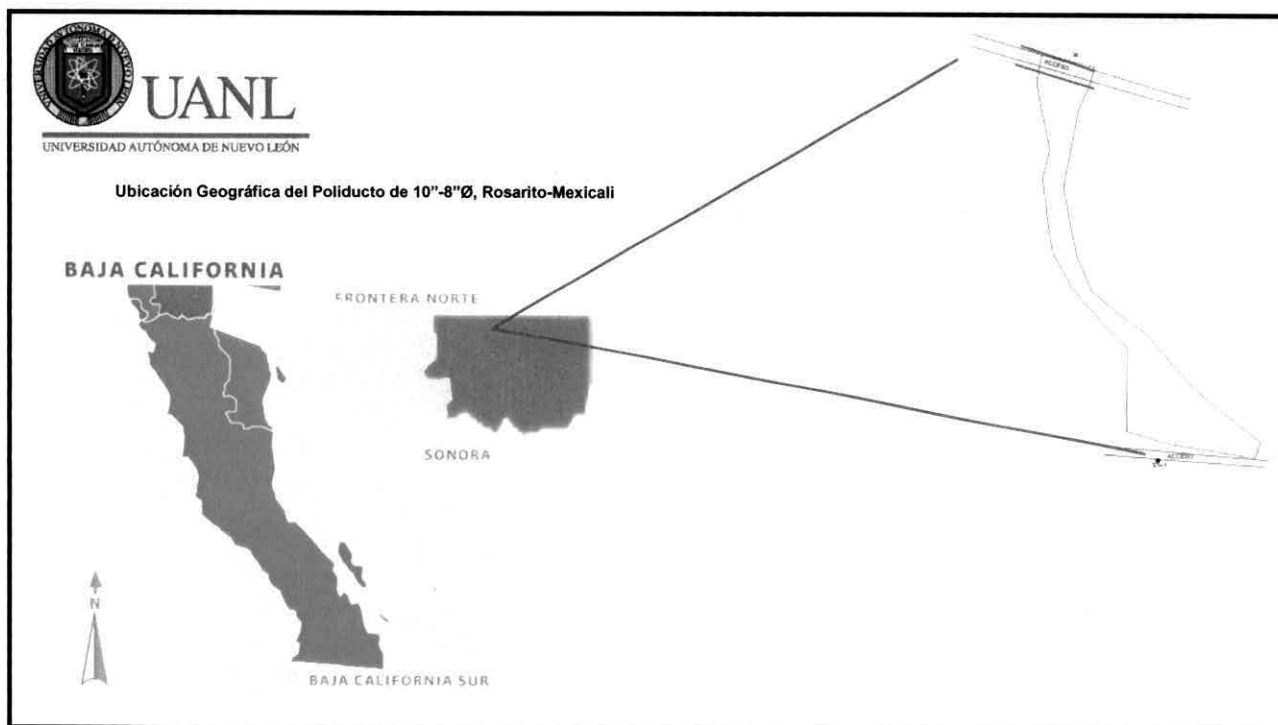


Figura 1. Localización del Polígono de Estudio.

CONTRATO No. 4500515630

Tabla 1. Tabla de Coordenadas que delimitan el Polígono de Estudio.

PUNTO	COORDENADAS	
	X	Y
1	576,642.4720	3,602,154.2010
2	576,624.4700	3,602,158.9950
3	576,622.6690	3,602,149.3720
4	576,624.2960	3,602,140.1220
5	576,627.1050	3,602,126.9910
6	576,624.7000	3,602,117.1620
7	576,626.4070	3,602,101.9570
8	576,626.4230	3,602,091.2570
9	576,634.8790	3,602,079.4550
10	576,647.4420	3,602,065.6020
11	576,653.6110	3,602,059.6290
12	576,660.2350	3,602,041.3340
13	576,667.4350	3,602,029.1910
14	576,697.1760	3,602,022.9920
15	576,710.0400	3,602,028.5050
16	576,676.6050	3,602,045.7570
17	576,659.8960	3,602,064.3330
18	576,653.2710	3,602,069.1050
19	576,641.3560	3,602,078.9340
20	576,636.3620	3,602,090.5480
21	576,633.9200	3,602,102.1570
22	576,631.8610	3,602,114.4840
23	576,634.4930	3,602,127.7820
24	576,636.9550	3,602,140.1680
25	576,640.6140	3,602,147.9820

CONTRATO No. 4500515630



Figura 2. Sitio Afectado en km 80+958 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali.

CONTRATO No. 4500515630

2.2. ANTECEDENTES.

El 17 de Enero de 2012, personal de Pemex Refinación detecto la existencia de una toma clandestina no hermética descontrolada en el área aledaña al km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate B.C.

Con relación a lo anterior, la Subgerencia de Ductos solicitó a la Gerencia de Protección Ambiental de PEMEX Refinación la gestión para realizar los estudios de caracterización ambiental, para establecer la actual presencia de impacto en el sitio, y con base a ello proponer actividades de remediación adicionales o proseguir con los trámites para la liberación del sitio ante las autoridades ambientales.

3. MEDIO FISICO.

3.1. CLIMA.

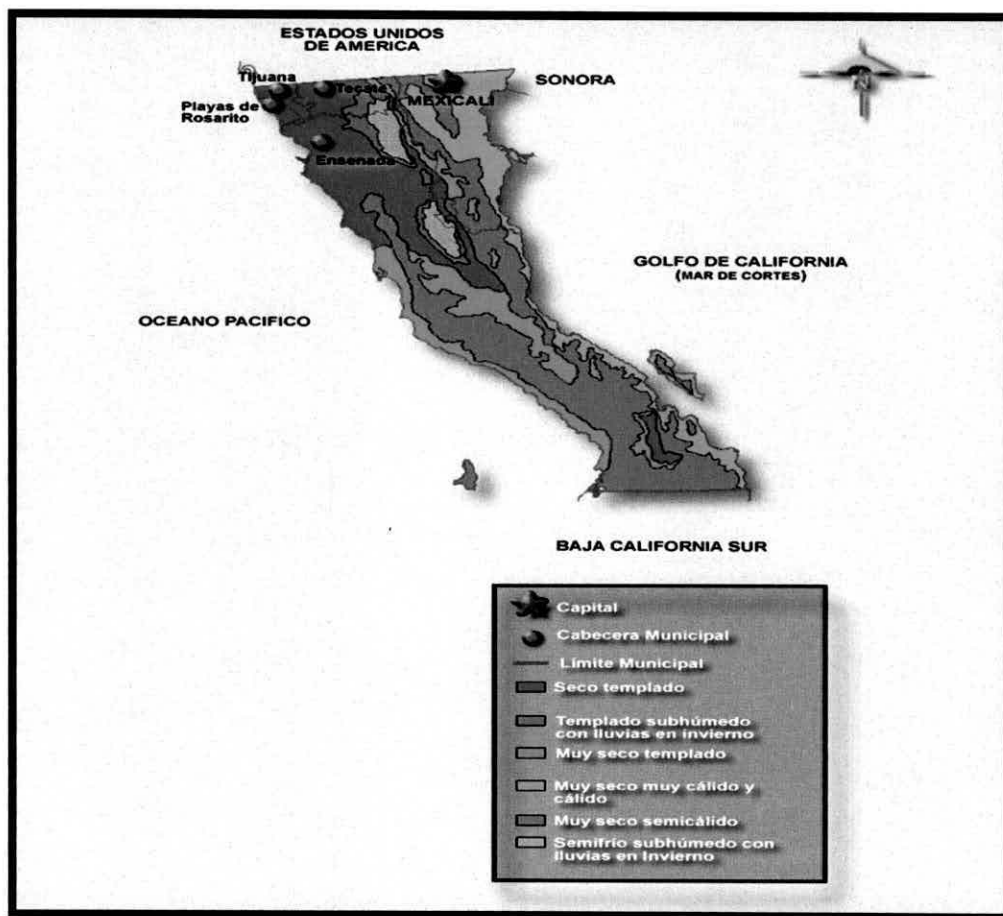


Figura 3.- Climatológica del área de estudio.

Baja California cuenta con cuatro climas diferentes que influyen preponderantemente en sus actividades productivas, agrícolas y pecuarias.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	32.5	33.0	35.0	37.0	40.5	42.8	44.0	45.0	43.0	38.0	35.0	33.0	45.0
Temperatura máxima media (°C)	18.3	20.8	22.8	23.1	25.5	28.2	30.8	30.1	27.8	24.0	22.5	18.1	22.0
Temperatura mínima media (°C)	3.9	4.8	6.8	9.2	11.4	15.3	20.5	23.5	18.1	10.0	6.8	4.9	13.7
Temperatura mínima absoluta (°C)	-10.0	-8.0	-4.0	-1.0	2.5	5.0	5.5	6.5	4.0	2.0	0.0	-5.0	-10.0
Precipitación total (mm)	50.8	40.5	42.7	17.6	4.4	0.7	0.7	5.9	6.0	7.8	33.8	40.0	260.9
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	7.1	6.1	7.5	4.2	1.8	0.8	0.8	0.5	1.4	2.8	4.0	5.4	42.4

Figura 4.- Parámetros climáticos.

Temperatura.

Tiene un clima mediterráneo, con pocas lluvias (260 mm) durante el año, las cuales ocurren principalmente en invierno y en menor medida en primavera y otoño. Los inviernos son frescos con una temperatura promedio de alrededor de 15°C; aunque es común que se presenten temperaturas bajo cero (figura 4). Es común el granizo durante las lluvias invernales. Los veranos son cálidos con una temperatura promedio 30°C, brisa por las noches y ocasionalmente tormentas eléctricas.

El clima semicálido seco extremoso cubre el 30 por ciento del área municipal, con temperaturas media anual de 10°C a 22°C y con precipitación pluvial de 300 milímetros anuales; el templado seco extremoso, el 60 por ciento del Municipio con temperaturas medias anuales de 12°C y 18°C; el templado húmedo extremoso con temperaturas de 4°C en época invernal y 20°C en verano, y el templado seco extremoso cubre el cuatro por ciento del área total, con temperaturas de 18°C y 22°C y una precipitación pluvial de 150 milímetros anuales. Los vientos predominantes provienen del sur y del oeste en la mayor parte del año.

Los inviernos son frescos con una temperatura promedio de alrededor de 15°C; aunque es común que se presenten temperaturas bajo cero. Es común el granizo durante las lluvias invernales. Los veranos son cálidos con una temperatura promedio 30°C, brisa por las noches y ocasionalmente tormentas eléctricas.

3.2. TIPO DE SUELO.

De los diferentes tipos y asociaciones de suelos con que cuenta la entidad, destacan los regosoles, los litosoles y los yermosoles; de los tres, los más abundantes son los regosoles, que representan aproximadamente el 46 por ciento de la superficie del Estado.

Regosol. Se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son de tono claro. Se encuentran en las playas, dunas y, en mayor o menor grado, en las laderas de las sierras, muchas veces acompañados de litosoles y de roca o tepetate que aflora. Su fertilidad es variable, y su uso agrícola está condicionado principalmente a su profundidad y a la pedregosidad que presenten. Se pueden desarrollar diferentes tipos de vegetación.

Litosol. Se distinguen por tener una profundidad menor a los 10 cm. Se localizan en las sierras, en laderas, barrancas y malpais, así como en lomeríos y algunos terrenos planos. Tiene características muy variables, pues pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona en donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo.

Yermosol. Se les caracteriza por tener una capa superficial de tonalidades claras y un subsuelo rico en arcilla o semejante a la capa superficial. En ocasiones presentan acumulación de cal o yeso en el subsuelo. A veces son salinos. Cuando tienen vegetación de pastizal y de algunos matorrales, es posible el desarrollo de la actividad ganadera con rendimientos moderados o bajos. En estos suelos es común la explotación de ciertas plantas de matorral, como la candelilla.

Xerosol. Se caracterizan por tener una capa superficial de tono claro y muy pobre en humus, debajo de la cual puede haber un subsuelo rico en arcillas. Algunas veces presentan manchas, polvo o aglomeraciones de cal a cierta profundidad, así como cristales de yeso o caliche. Ocasionalmente son salinos. Los xerosoles tienen baja susceptibilidad a la erosión, excepto cuando están en pendientes o sobre caliche.

Vertisol. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que presentan en época de sequía, son suelos arcillosos de color café rojizo en el Norte del país, y pegajosos cuando están húmedos, y muy duros cuando están secos. Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva, son generalmente muy fértiles, pero presentan problemas en su manejo debido a su dureza, y con frecuencia ocasionan problemas de inundación y drenaje. Ocasionalmente son salinos. En el Norte del país se usan en la agricultura de riego con buenos rendimientos, y cuando tienen pastizales son muy adecuados para la actividad pecuaria. Presentan una baja susceptibilidad a la erosión.

Feozem. Su principal distintivo es una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes. Son suelos abundantes en nuestro país, y los usos son variados, en función del clima, relieve y algunas condiciones del suelo. Muchos feozem son profundos y están situados en terrenos planos, que se utilizan para agricultura de riego o de temporal,

con altos rendimientos. Los menos profundos, o los que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Se pueden utilizar para ganadería.

Fluvisol. Suelos formados por materiales acarreados por el agua, y constituidos por materiales disgregados, es decir, son suelos poco desarrollados. Se encuentran en todos los climas y regiones de México, cercanos a los lagos o sierras, desde donde escurre agua a los llanos, así como en los lechos de los ríos.

Muchas veces presentan capas alternadas de arena, arcilla o gravas. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que lo forman.

Solonetz. Se caracterizan por tener un subsuelo arcilloso con terrones duros en forma de columnas; presentan un alto contenido de álcali. Su utilización agrícola es muy limitada y su mejoramiento difícil y costoso. Cuando presentan pastizales se utiliza para ganadería. Son poco susceptibles a la erosión.

Planosol. Se caracterizan por presentar, debajo de la capa superficial, una capa menos delgada de un material claro que es siempre menos arcilloso que las capas ubicadas arriba o abajo de él. Esta capa es infértil y ácida, y a veces impide el paso de las raíces. Debajo de la capa mencionada se presenta un subsuelo muy arcilloso e impermeable, o bien roca o tepetate, también impermeables. Se utiliza para actividades agropecuarias. Son muy susceptibles a la erosión, sobre todo en las capas superficiales que descansan sobre la arcilla o tepetate impermeable.

Solonchak. Se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en alguna porción del suelo o en su totalidad. Su uso agrícola está limitado a cultivos muy resistentes a las sales. El uso pecuario de estos suelos depende de la vegetación que sostienen; sin embargo, los rendimientos son bajos. Algunos de estos suelos se utilizan como salinas. Tienen poca susceptibilidad a la erosión.

3.3. USO ACTUAL Y POTENCIAL DEL SUELO.

Las características edafológicas, conjuntamente con la disponibilidad del recurso agua, han contribuido al desarrollo de las actividades agrícolas.

Predomina el suelo rocoso, que cubre la mayor parte del Municipio. Su fertilidad es variable, dependiendo en gran medida de la disponibilidad del agua. El de tipo Litosol, que se encuentra normalmente en las zonas montañosas del Municipio, es destinado al pastoreo y al uso forestal.

El uso del suelo está distribuido básicamente en uso, industrial, turístico, agropecuario y área urbana. En lo que respecta al uso agrícola no se desarrolla en gran escala, ya que son más las hectáreas sembradas por temporal que por sistema de riego.

El uso industrial está concentrado, básicamente, en la zona urbana de la Ciudad de Tecate, sobresaliendo la industria cervecera, la producción de refrescos embotellados y la vinícola.

En lo referente al uso turístico, existe un extenso número de lugares dedicados a ésta actividad, en el verano operan más de 30 balnearios y durante todo el año es posible acampar en sitios ubicados en la zona rural, que permiten disfrutar del bello paisaje montañoso del Municipio.

3.4. FISIOGRAFÍA.

El estado de Baja California engloba porciones de dos de las grandes provincias fisiográficas que conforman al país: La Península de Baja California, a la que pertenece la mayor parte de la entidad, y La Llanura Sonorense que penetra al noreste del estado, abarcando algunos terrenos costeros y deltaicos, entre los que destaca el Valle de Mexicali en sus porciones nororiental y oriental.

Provincia de la Península de Baja California: Representada en la entidad por la Subprovincia de las Sierras de Baja California, la Subprovincia de la Sierra de la Giganta y la Discontinuidad Fisiográfica del Desierto de San Sebastián Vizcaíno.

Subprovincia de las Sierras de Baja California: Esta subprovincia es la mayor de las tres que constituyen la provincia de la Península de Baja California en la entidad corresponde casi el 80% del área total del estado; incluye al municipio de Tijuana, la mayor parte de los de Tecate payas de rosarito y Ensenada, y cerca del 25% del de Mexicali.

A partir de la frontera con los Estados Unidos y hacia el sur, las unidades orográficas de la cordillera son las sierras de Juárez y de San Pedro Mártir. En estas dos sierras se dan las cumbres más elevadas de la cordillera con un máximo de 2,828 m s.n.m. en el Picacho del

Diablo o Cerro La Encantada, que está enclavado en la sierra de Juárez. Las cimas han sido descritas como de "mesa corrugada", de relieve poco o moderadamente pronunciado, y con cuevas marginales que se levantan de 150 a 300 m sobre el piso elevado. La cresta de la occidental es uniforme y la de la oriental es algo dentada, especialmente en la zona de La Encantada. En las cumbres de la sierra de San Pedro Mártir, cuyas altitudes disminuyen lentamente hacia el sur, hay cuevas, valles y algunas praderas intermontañas.

Subprovincia de la Sierra de la Giganta: Sólo una pequeña parte de esta subprovincia penetra en el sureste del estado, y ocupa una porción del municipio de Ensenada.

Tiene sus inicios al norte del paralelo 28, donde termina la sierra La Libertad. Sus cumbres más elevadas se ubican en el Monte Thetis (1776 msnm.) al sur de Santa Rosalía y el cerro La Giganta (1766 msnm.) cerca de Comondú. Sus altitudes disminuyen gradualmente hacia el sur hasta que en las cercanías de la región del Cabo- llegan a ser simples lomeríos. El hecho de que esta sierra, al igual que las del norte, muestre un costado abrupto al oriente con acantilados sobre el Golfo; que se tienda suavemente hacia el occidente, y que las rocas batolíticas vuelvan a aparecer en la región del Cabo, apoyan la idea de que las rocas de la sierra de La Giganta, predominantemente volcánicas, reposan sobre un sepultado bloque de batolito. Las rocas de tipo basáltico dominan en el norte, donde la morfología general es de meseta con cañadas; las del tipo piro clástico (volcánicas fragmentadas) prevalecen en el sur, asociadas con paisaje de llanura con meseta.

Las rocas basálticas se intemperizan con la liberación de bloques de buen tamaño que frecuentemente se observan regados en mantos sobre las laderas. Este tipo de evolución ha producido la característica morfología almenada de las cimas de la sierra. Los sistemas de topoformas que imperan en la subprovincia son, gran sierra con mesetas, que es propiamente el eje de la zona, así como pequeños valles y bajadas con lomeríos.

Discontinuidad fisiográfica del Desierto de San Sebastián Vizcaíno: Susceptible a ser interpretada como continuación peninsular de la plataforma continental, esta discontinuidad fisiográfica se proyecta hacia el oeste desde la cordillera bajacaliforniana, simulando un cuerno que finaliza en punta Eugenia y se continúa en la isla Cedros. De punta Eugenia a Guerrero Negro se extienden 120 km a través de la Bahía de San Sebastián Vizcaíno con su línea de costa cóncava. Las aguas de la bahía penetran en la laguna Ojo de Liebre, uno de varios criaderos balleneros que existen en la península. En línea recta desde punta Eugenia hasta el extremo sur de la discontinuidad se abarcan 280 km. El Desierto del Vizcaíno, predominantemente arenoso, presenta una superficie ondulada con pocas colinas bajas, y a menos de 100 m s.n.m. Las dunas son de tipo semilunar (barján) y están orientadas noroeste sureste, algunas son bastante activas en el norte, donde tienden a disponerse en franjas paralelas con esa orientación. Carece de un sistema de drenaje organizado ya que los arroyos que bajan desde el oriente se extinguen a poca distancia de la sierra. En el desierto, presenta un rasgo singular: la abundantísima caída de rocío en ciertos meses del año.

La llanura queda interrumpida en el oeste por la sierra de Vizcaíno y en el sur por la de Santa Clara. La primera, cuya extensión al norte es la isla Cedros, es baja (sólo en tres áreas se eleva de 700 a 1 000 m snm.), escarpada y discontinua, con rocas sedimentarias de varios tipos y rocas metamórficas. La segunda, de contorno burdamente circular y laderas tendidas es de carácter volcánico con dominancia de basaltos. Esta sierra presenta varios cráteres y en su parte central sobrepasa los 600 m snm. La línea de costa de la discontinuidad invariablemente presenta terrazas marinas.

Existe predominio de llanuras; la más extensa es la llanura desértica con salinas y dunas que es muy plana por lo cual se aprovecha principalmente para agricultura de riego. Provincia de la Llanura Sonorense: Dentro del territorio de Baja California se tienen áreas que corresponden a una sola subprovincia: la del Desierto de Altar.

Subprovincia del Desierto de Altar: Es un desierto arenoso casi en su totalidad en el que se han registrado las precipitaciones más bajas de todo el país (32.3 mm anuales); en su parte occidental presenta rasgos diferentes, como son las sierras escarpadas de Cucapás y el Mayor, ambas con cumbres que sobrepasan los 1 000 m snm. y están orientadas al nornoroeste-sursureste; y la llanura de la Laguna Salada, que en su porción norte presenta superficies inferiores al nivel del mar. En esta subprovincia se encuentra el mayor delta del país -el del río Colorado- que se extiende desde la frontera con los Estados Unidos, donde tiene un ancho aproximado a los 90 km, hasta el Golfo de California. Los campos de dunas interrumpidos únicamente al oriente del delta y al norte de la Bahía de San Jorge por lomeríos de rocas metamórficas del Precámbrico, se extienden sobre casi todo el resto de la subprovincia. Estas dunas son semilunares, tipo barján, con la ladera abrupta y los cuernos a sotavento de los vientos dominantes. Todas las llanuras del Desierto de Altar están por abajo de los 200 m snm.

Dentro del estado de Baja California, entre la Sierra de Juárez y el río Colorado, se encuentra la porción del extremo occidental de la subprovincia, que comprende, aproximadamente, 15.76% de la superficie total estatal y cubre una extensa superficie del municipio de Mexicali y pequeñas áreas de los municipios de Ensenada y Tecate.

3.5. HIDROGRAFÍA.

Este Municipio es de bajo potencial hidrológico, tanto en su hidrografía superficial como subterránea. En la primera sólo cuenta con los arroyos de Tecate. Se ubica en la porción Centro-Noroeste del Estado. Esta región comprende corrientes de carácter internacional y desemboca en el Océano Pacífico.

Presenta una amplia red hidrológica formada por ríos y numerosos arroyos, la mayoría intermitentes, como los ríos Tijuana y Tecate, y los arroyos Guadalupe, Las Palmas, Santo Tomás, San Vicente, San Telmo, San Carlos, Santo Domingo y El Rosario. Se localizan las tres presas de almacenamiento del Estado: Abelardo L. Rodríguez, El Carrizo y Emilio López

Zamora. El aprovechamiento del agua en esta región es para uso doméstico y actividades agropecuarias e industriales.

Esta región se divide en tres cuencas:

- Cuenca Arroyo Escopeta-Cañón de San Fernando: Tiene una superficie de 8,943.42 km² y su límite Sur lo marca el Cañón de San Fernando. Tiene como subcuencas intermedias la del Cañón de San Fernando, Cañón de San Vicente, Arroyo El Rosario, Arroyo del Socorro, Arroyo San Simón y Arroyo de la Escopeta.
- Arroyo de las Animas-Arroyo Santo Domingo: Drena un área de 9,889.31 km² y tiene como subcuencas la del Arroyo Santo Domingo, Río San Telmo, Río San Rafael, Arroyo Salado, Río San Vicente, Río Santo Tomás y Arroyo Las Animas.
- Río Tijuana-Arroyo de Maneadero: Tiene una superficie de 7,905.73 km² y está integrada por las subcuencas del arroyo de Maneadero, Ensenada, río Guadalupe, arroyo El Descanso, río Las Palmas y río Tijuana.

3.6 HIDROGEOLOGIA REGIONAL.

El estado de Baja California es pobre en recursos hídricos. Las corrientes fluviales son pocas y los volúmenes escurridos a través de ellas son pequeños y muy ocasionales. La mayoría de los arroyos y ríos bajacalifornianos no existen como tales, más que durante breves periodos de ciertos años. El sistema de drenaje en el área de estudio pertenece a la vertiente del Océano Pacífico.

En cuanto a las aguas subterráneas son también escasas; se distribuyen sólo en ciertas áreas relativamente pequeñas y localizadas.

Baja California cuenta con la mayor parte de uno de los distritos de riego, más importantes del país: el del río Colorado que cuenta con unos 2 650 millones de metros cúbicos anuales la mayoría provenientes de dicha corriente; la principal de la entidad. El segundo río de importancia, el Tijuana, que abastece de agua a la ciudad del mismo nombre, es una corriente poco caudalosa; sin embargo ocasionalmente ha causado siniestros graves en dicha población al desbordarse.

En el estado de Baja California quedan comprendidas cinco Regiones Hidrológicas: Baja California Noroeste, Baja California Centro-Oeste, Baja California Centro-Este, Baja California Noreste y Río Colorado.

Región Hidrológica Baja California Noroeste: Esta región hidrológica comprende algunas corrientes de carácter internacional, y en ella se encuentran dos de las ciudades más

importantes del estado: Tijuana y Ensenada. Las corrientes de esta región desembocan en las costas del Océano Pacífico y corresponden a las tres cuencas de importancia en la zona, que de norte a sur son:

Cuenca Arroyo Escopeta-Cañón San Fernando: A La cuenca le corresponde un arroyo de poca importancia (arroyo Escopeta) y el Cañón de San Fernando que marca el límite sur de la región hidrológica. Este cañón es el único accidente oro-hidrográfico de la cuenca pero sólo en raras ocasiones lleva agua.

El cauce principal del arroyo Escopeta tiene en general una dirección este-oeste con una longitud máxima de 115 km. En el tramo medio de su recorrido pasa por la Misión de San Fernando y tiene como subcuencas intermedias el Cañón de San Fernando, Cañón de San Vicente, Arroyo del Rosario, Arroyo del Socorro, Arroyo San Simón y Arroyo de la Escopeta.

Cuenca Arroyo Las Animas-Arroyo Santo Domingo: Posee dos corrientes principales, el arroyo Las Animas, que recorre 75 km a lo largo de su cauce principal, tiene una trayectoria general este-oeste y desemboca 6 km al oeste de Maneadero. El arroyo Santo Domingo nace a lo largo del parteaguas de la sierra de San Pedro Mártir y está formado por varios torrentes (entre los que destacan el arroyo Valladores, Santa Cruz y Santo Domingo) que tienen su origen a más de 2,900 m de altura. Esta cuenca tiene como subcuencas intermedias la del Arroyo Santo Domingo, Río San Telmo, Río San Rafael, Arroyo Salado, Río San Vicente, Río Santo Tomás y Arroyo las Ánimas.

Cuenca Río Tijuana-Arroyo de Maneadero: En ella se encuentra una de las corrientes bajacalifornianas de mayor longitud: el río Tijuana. Sobre el cauce de este río se encuentra la presa Abelardo L. Rodríguez, cuyas aguas se utilizan para abastecer a la ciudad de Tijuana, al igual que la que proviene de los pozos ubicados en el lecho del mismo río y del río Alamar, y la que se destila en la planta desaladora de Rosarito. La cuenca del río Tijuana está integrada por las subcuencas intermedias del Arroyo de Maneadero, Ensenada, Río Guadalupe, Arroyo El Descanso, Río Las Palmas y Río Tijuana.

3.7. CENSO DE POZOS Y NORIAS.

El presente informe muestra el censo hidráulico de pozos y norias aledaños al área mencionada, se realizó un análisis de la zona el cual se tuvo un radio de 1 kilómetro de distancia a los pozos más cercanos del sitio afectado por el derrame de hidrocarburos provenientes de fugas clandestinas.

Se consideraron 2 pozos cercanos al área aledaña.

El alcance del este censo es cuantificar y evaluar el mayor número de pozos y norias que se encuentran en el área afectada por derrames de tomas clandestinas. Así como describir las características importantes del pozo al sito 95+003.

CONTRATO No. 4500515630

Descripción de las actividades de campo:

- Censar los pozos más cercanos al área afectada.
- Conocer las características de producción del pozo o noria.
- Determinar mediante exploraciones de campo los pozos cercanos al área afectada.
- Determinar la ubicación.
- Determinar la localidad.
- Determinar la profundidad.
- Determinar el uso que se le da al agua extraída del pozo o noria.
- Determinar el volumen.
- Determinar el gasto.

TIPOS DE POZOS: El tipo de pozo depende principalmente del propósito de la perforación con lo cual básicamente solo existen 3 tipos de pozos los cuales son:

- Exploratorios.
- Evaluación.
- Desarrollo.

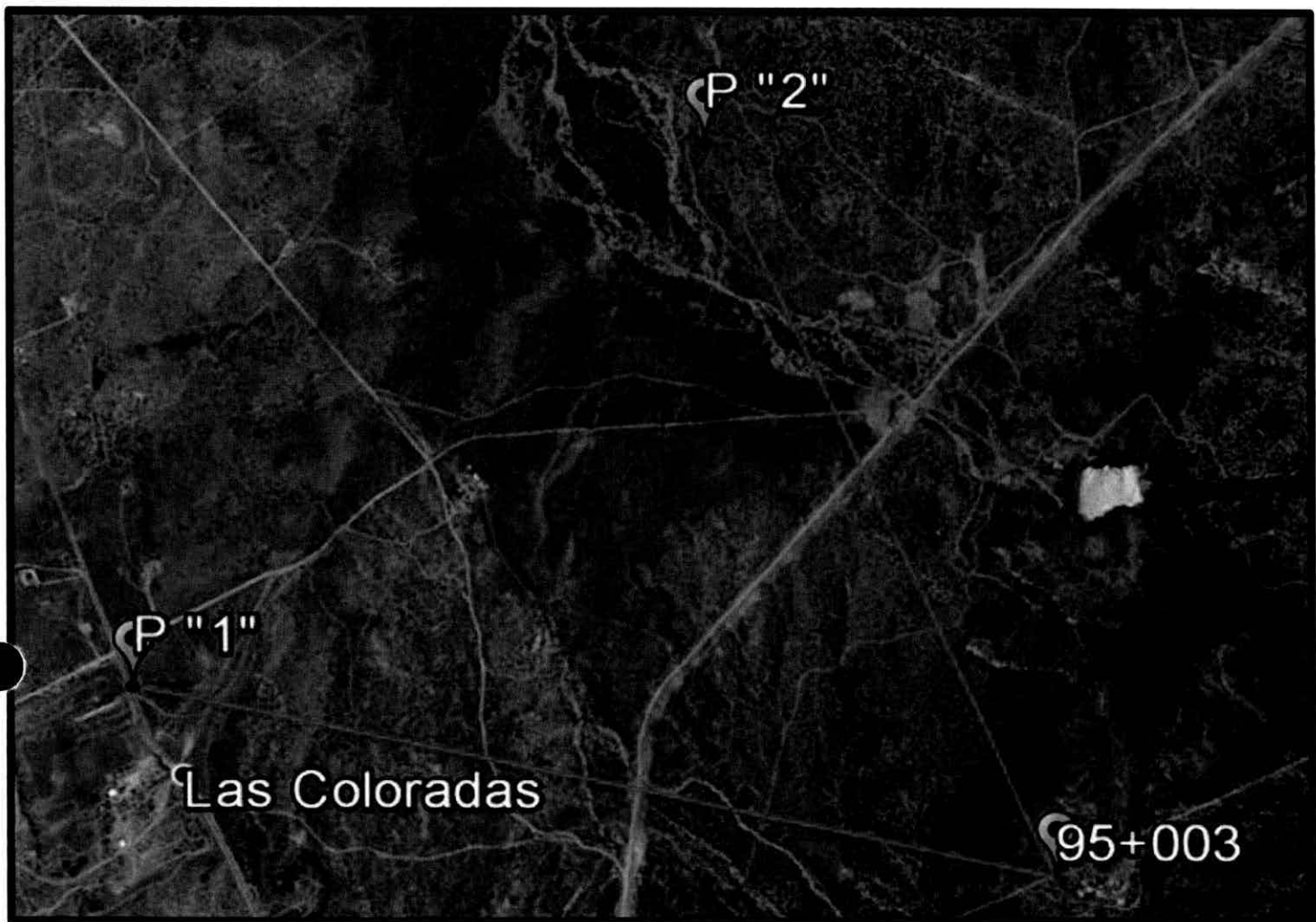


Figura 5. Pozos aledaños al sitio 95+003.

POZO "1" Este pozo se ubica a 2.44 km del Area de estudio al Noreste de Tecate Baja California.

POZO "2" Este pozo se ubica a 2.21 km del Area de estudio al Noreste de Tecate Baja California..

3.8. GEOLOGÍA REGIONAL.

El estado de Baja California, se encuentra recorrido en el sentido de su eje mayor, por una serie de sierras que en conjunto constituyen la Cordillera Peninsular y que están formadas básicamente por un núcleo granítico de gran tamaño formado en el interior de la corteza terrestre; hoy se encuentra expuesto a la superficie o recubierto por las rocas sedimentarias y volcánicas más recientes.

A tal núcleo intrusivo se le denomina batolito, y constituye la estructura geológica más importante de la entidad y de la península entera.

La entidad está constituida litológicamente por una gran variedad de rocas de los tres tipos fundamentales, es decir; ígneas, sedimentarias y metamórficas cuyas edades abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario.

La Provincia de la Península de Baja California se caracteriza por su complejidad litológica y estructural, y por la predominancia en los núcleos serranos de rocas intrusivas batolíticas que afloran sobre todo en el norte de la entidad.

Esta provincia está caracterizada por una gran diversidad de estructuras geológicas entre las cuales pueden mencionarse las fallas normales, las fracturas de diferentes dimensiones, así como aparatos y derrames volcánicos y grandes cuerpos intrusivos.

También existen pliegues en rocas sedimentarias (anticlinales y sinclinales) que son el producto de la deformación plástica de las mismas.

El rasgo estructural más significativo lo constituye, sin duda, el sistema de fallas que conforma el límite oriental de la sierra con las llanuras del desierto sonorense que han producido las abruptas escarpas orientales de La Rumorosa, Juárez y San Pedro Mártir.

3.9. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

En el estado de Baja California se tiene un contexto geológico en el que las rocas que afloran varían en edad del Paleozoico al Reciente. Los cuerpos intrusivos de dimensiones batolíticas que se emplazaron a finales del Mesozoico, causaron una gran complejidad estructural generando condiciones favorables para el emplazamiento de un buen número de yacimientos minerales tanto metálicos como no metálicos.

Destacan por sus dimensiones e importancia el pórfido cuprífero de El Arco, con su mineralización de cobre oro y el yacimiento de oro-plata de San Felipe.

Así mismo, se encuentran depósitos de cromo en la Isla de Cedros, yacimientos ferríferos como los de Santa Úrsula y El Manzano; vetas de oro y plata en diferentes localidades del

Estado, como las de El Álamo, Chapala, Pionner; y placeres auríferos en Calmalli, El Socorro y Real del Castillo, entre otros. Se cuenta con la presencia de diferentes tipos de yacimientos de minerales no metálicos, como los de caliza, yeso, diatomita, sal, arenas negras, talco, mármol, zeolita, barita, agregados pétreos, etc., siendo los de mayor importancia los de caliza, arena y grava.

En los últimos años, la principal mina productora de oro y plata fue Sinai, de la Minera San Felipe, S.A. de C.V., la cual dejó de operar durante el año 2001, ocasionando que la producción de oro y plata del estado de Baja California se desplomara; desde el año 2002 a la fecha se explotan de manera intermitente algunos prospectos a pequeña escala como El Mezcal, en la región de El Álamo; La Fortuna, en la región de Valladares; La Resolana, en la región de Calamajue y Rosarito-La Unión, en la región de San Borja.

Rocas Pre-Batolíticas - Paleozoico –Neocomiano.

Gordon Gastil y otros (1975), informan que las rocas Pre-Batolíticas de la Porción Norte han sido metamorfizadas e intrusionadas por extensas cadenas de batolitos.

Muchas de las cuales quedaron sumergidas tanto en el Océano Pacífico como en el Golfo de California. Para fines prácticos se dividió en tres cadenas: Estratos Paleozoicos, Rocas Metasedimentarias Mesozoicas y Rocas Metavolcánicas Mesozoicas. estando distribuidas de Este a Oeste en el orden que se describe.

Otra cadena adicional que estaría en la Plataforma Marina (Borderland) al W de la Península, no aflora aunque probablemente se encuentra debajo del mar.

Estas rocas son comparadas con el conjunto Franciscan de la parte central y norte de California EUA e incluye grauvaca, pedernal estratificado, serpentita y glaucafano, así como esquistos.

Muchas de estas rocas fueron expuestas en el Terciario, erosionándose y dando lugar a clásticos tanto de origen continental como marino.

Rocas que son muy parecidas a las capas Franciscan en el basamento costero se encuentran al norte del Arroyo San José (100 Km. al NW de Santa Rosalía).

Aquí predominan capas Vulcano-clásticas Jurásicas que contienen fauna de aguas profundas, incluyendo pedernal estratificado derivado de cenizas volcánicas silíceas. La edad de las rocas muy semejantes a la Franciscan en la Plataforma Continental (Borderland) de acuerdo con información radiométrica es la siguiente:

Al norte de la frontera con EUA en la Isla de Santa Cruz, el esquisto es intrusionado por una diorita con una edad (K-Ar) de 145 ma. (Jurásico), en la Isla de Catalina se han encontrado esquistos con edades de 95 a 109 ma (Cretácicos). De la Isla de San Benito al Este, se han encontrado dos anfibolitas azules con edades de 148 a 104 ma. (Jurásico-Cretácico).

En rocas estudiadas por Kilmer y otros (1969-1972) en la Isla de Cedros informan de edades entre 145 ma. (hornblenda) cuarzo diorita, 94ma. (Anfibol Azul) y 109 ma. En esquisto azul. Yeats y otros (1971) -informan de edades de 134 a 176 ma. (Jurásico Superior) en rocas de Bahía Magdalena (ya en el Estado de Baja California Sur).

En resumen puede decirse que rocas parecidas a la Franciscan, que incluyen, facies de glaucofano, esquistos y otras rocas metamórficas, están presentes en la Plataforma Continental y el tiempo de metamorfismo aparentemente es del Mesozoico Superior.

3.10. DETERMINACIÓN DE PARAMETROS HIDRAULICOS.

DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA MEDIANTE EL MÉTODO DE POZO INVERTIDO.

La conductividad hidráulica es una característica de mucha importancia en estudios de riego, drenajes, conservación y recuperación de suelos, ya que cuando su valor decrece hasta 0.12cm/h, el riego y el drenaje pueden dificultarse; lo que a su vez reduce considerablemente el potencial agrícola de los suelos.

Los problemas de riegos o drenajes, siempre se complican cuando se presentan en las capas superficiales o sub-superficiales, obstáculos de carácter textural o estructural que impide la entrada del agua por infiltración o limita su movimiento, después de recorrida cierta distancia vertical en los suelos por el fenómeno de la "dispersión de las partículas coloidales"

La conductividad hidráulica, además de influir sobre la distribución de las aguas en el perfil del suelo y la facilidad de drenarlos terrenos encharcados, puede también contribuir notablemente a elevar el grado de erosión al aumentar las aguas de escorrentía por una disminución de la capacidad de infiltración de los suelos.

Calcular la Conductividad Hidráulica del suelo mediante el uso de metodologías conocidas para estimar la velocidad de desplazamiento de los líquidos (hidrocarburos) en el suelo sobre tiempo; permitiendo conocer el grado de permeabilidad del área de estudio.

Ya que el suelo es un sistema dinámico con transporte de elementos y compuestos químicos en sentido vertical, especialmente en presencia de un medio filtrante (porosidad); y de manera lateral a lo largo de las pendientes, sobre todo cuando la topografía es accidentada y el medio poco permeable.

La Conductividad hidráulica es la facilidad con la que un material permite el paso del agua a través de él, y está representando por el volumen de agua que escurre a través de un área unitaria de un acuífero bajo una gradiente unitaria y por unidad de tiempo. También se le conoce como coeficiente de permeabilidad.

La medición de la conductividad hidráulica por cualquier método produce un valor equivalente para cada patrón particular de flujo producido en un suelo uniforme por las condiciones de frontera del método utilizado.

MATERIALES Y METODOLOGIA.

Los materiales que se utilizaron para este estudio son:

- ✓ Barreno
- ✓ Dispositivo para medir el nivel freático (tubo de PVC)
- ✓ Recipiente con agua
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Pala
- ✓ Cronómetro

Selección del área y limpieza de la superficie.

Primeramente se determinó un área que presentara características de frecuente inundación, debido a que el suelo está formado por algún estrato impermeable e impide la infiltración del agua a capas más profundas.

Una vez determinada el área delimitamos una pequeña superficie de aproximadamente 30 cm x 30 cm, se prosigue con la limpieza de esta superficie donde se realizará la perforación.

Toma de datos para medir la conductividad hidráulica.

Primeramente utilizamos el barreno para perforar un agujero de aproximadamente un metro de profundidad y un diámetro de acuerdo a la envergadura del barreno.

Luego llenamos el agujero con agua hasta una altura " h_0 " momento en que se pone en marcha el cronómetro " t_0 ", cuando el nivel a descendido a " h_n " se lee el tiempo " t_n ".

Pozo Invertido.

Si el suelo está saturado, el gradiente hidráulico puede ser supuesto igual a la unidad. Al igual que el doble anillo el método se basa en lecturas del desnivel del agua dentro del pozo en función del tiempo, estas lecturas se realizan una vez logrado que el suelo haya sido saturado previamente.

En estas condiciones, se asume que la tasa de infiltración a través de las paredes del agujero, es aproximadamente igual a K_s . El esquema del método de pozo invertido se presenta en la Figura 6.

CONTRATO No. 4500515630

MEMORIA FOTOGRAFICA.



Construcción del pozo para la prueba de conductividad.



Tubo de (PVC) para la medición de parámetros hidráulicos.

Para la obtención del valor de K_s que corresponde al valor dado para la conductividad saturada horizontal del suelo, se tomaron en cuenta los siguientes datos:

$$V=20 \text{ lts} = 0.02\text{m}^3$$

$$r = 5 \text{ cm}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

$$t = 30 \text{ min}$$

Los resultados obtenidos de la aplicación del método del pozo invertido (Tabla 2) se empleó de la ecuación de Darcy, se describe de manera gráfica la capacidad de absorción del suelo en un periodo determinado (30 min), la cual denominaremos capacidad de saturación o conductividad hidráulica (Figura 7).

Tabla 2. Resultados, toma de datos a tiempo definido (30 min):

TIEMPO (min)	Columna de agua descenso (100 cm)
0.30	50
1.00	39
1.30	30
2.00	20
2.30	19
3.00	18
3.30	16
4.00	15
4.30	14
5.00	11
10.00	9
20.00	7
30.00	4

Conductividad hidraulica saturada

Ecuación de Darcy $K_s = 1.15 \cdot r \cdot s$

Donde:

$r = 5 \text{ cm}$

$h = 9 \text{ cm}$

$t = 30 \text{ min}$

Por lo tanto la Conductividad Hidráulica para el área aledaña al km 95 + 003 del DDV del poliducto de 10-8"Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate, B.C. es: $K_s = 4.07$.

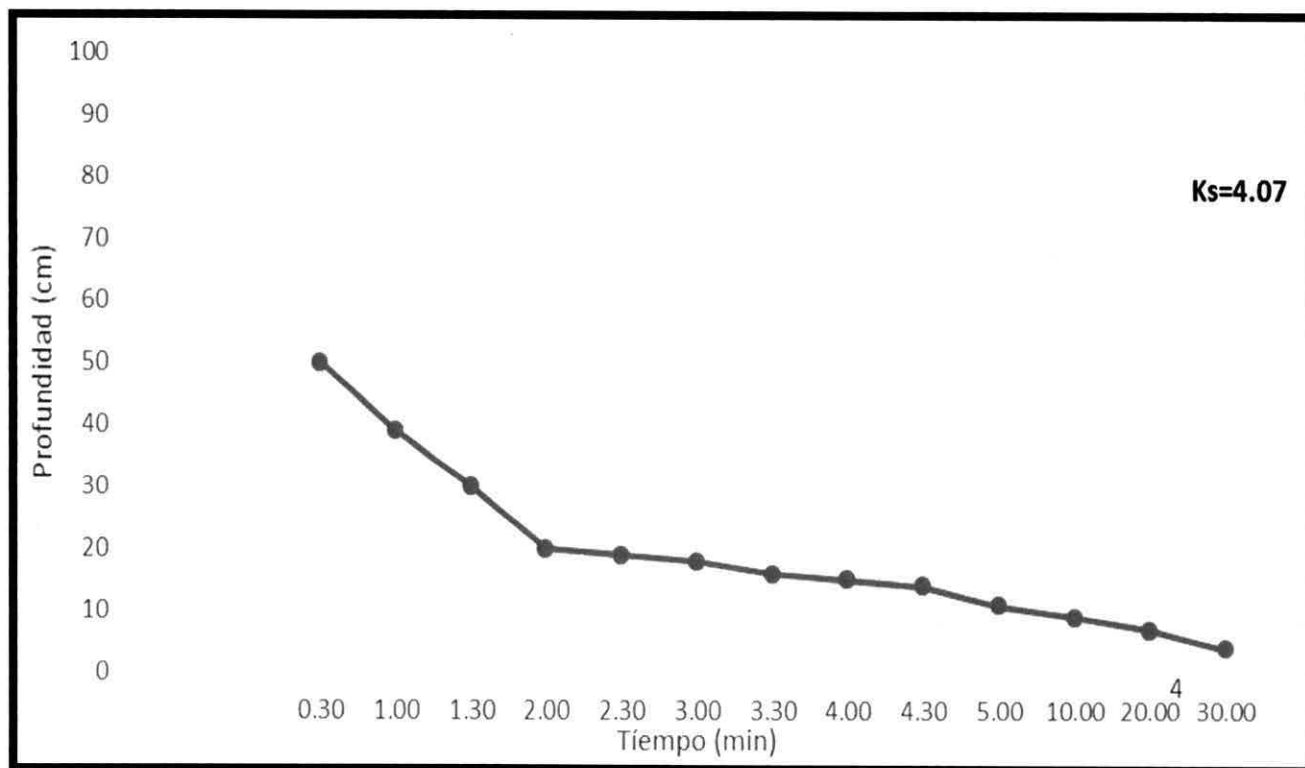


Figura 7: Comportamiento de la absorción del agua con respecto al tiempo (metodología del pozo invertido).

Con base en el resultado obtenido a partir de la aplicación de la Ecuación de Darcy, el promedio de desplazamiento de líquidos en el suelo correspondiente al sitio "... 95+003...", es de $k = 4.07$.

Teniendo un Rango (Moderada) que va de **2.0 - 6.0 cm/h** valor planteado por la U.S Soil Conservation Service lo cual comprende hasta este punto que el material geológico fue homogéneo e isótropo, lo que implica que el valor de conductividad hidráulica es la misma en todas las direcciones. Sin embargo, esto no suele ser el caso, en particular para materiales aluviales inalterados no consolidados.

4. METODOLOGIA DE TRABAJOS DE CAMPO.

4.1. GEOFISICA.

La investigación con georadar es utilizada para la búsqueda y la reconstrucción geométrica de redes subterráneas, tanques, manufactura subterránea, restos arqueológicos y estructuras en general, últimamente el campo de estudio en áreas contaminadas ha estado teniendo gran importancia en el mercado ambiental.

El principio se basa en la propagación de ondas electromagnéticas de la superficie a través de una antena transmisora y en su reflexión sobre las interfases presentes en el subsuelo; para que ocurra la reflexión es necesario que exista una diferencia en términos de permeabilidad dieléctrica y conductibilidad eléctrica entre el objeto enterrado y la matriz circundante. Las antenas transmisoras y receptoras son de frecuencia variada, y generalmente están comprendidas en el intervalo de 40 MHz a 2 GHz.

Las interfases de las reflexiones pueden ser interfases suelo, roca, objetos enterrados o cualquier otra interfase que posea un contraste de las propiedades dieléctricas. La señal de radar se dirige hacia el subsuelo a través de una antena colocada sobre la superficie de estudio. Las señales reflejadas son detectadas por un transmisor situado en el mismo cuerpo de la antena. La señal recibida es procesada y mostrada gráficamente en un monitor.

Debido a que la antena se mueve a lo largo de la superficie de estudio. El GPR posee una longitud de onda muy corta en la mayoría de los materiales, por lo que la resolución que se obtiene de las diferentes interfases de los materiales de subsuelo es muy grande, así mismo se puede entender que a mayor alcance menor resolución y menor alcance mayor resolución, es por eso que se debe de tener concretamente el criterio para donde será aplicado cada caso.

En los últimos años, se han hecho muchos avances innovadores que han permitido mejorar notablemente los resultados obtenidos con estos métodos en numerosas aplicaciones. Estas innovaciones incluyen tanto el desarrollo de equipos y antenas, como la introducción de mejoras en las técnicas de adquisición, procesamiento e interpretación de datos.

De modo particular, el georadar permite localizar, con buena precisión y detalle, cualquier tipo de anomalía presente en los primeros metros del subsuelo del sitio en análisis, garantizando, al mismo tiempo, costos contenidos y rapidez de intervención.

El georadar es un método indirecto cualitativo más sin embargo también adopta un cierto nivel cuantitativo de precisión que hasta la fecha ningún otro método ha podido superar.

De este modo es posible indagar áreas de dimensiones notables y localizar las zonas en donde concentrar eventuales investigaciones dirigidas (Figura 8. Excavaciones sondeos y similares).

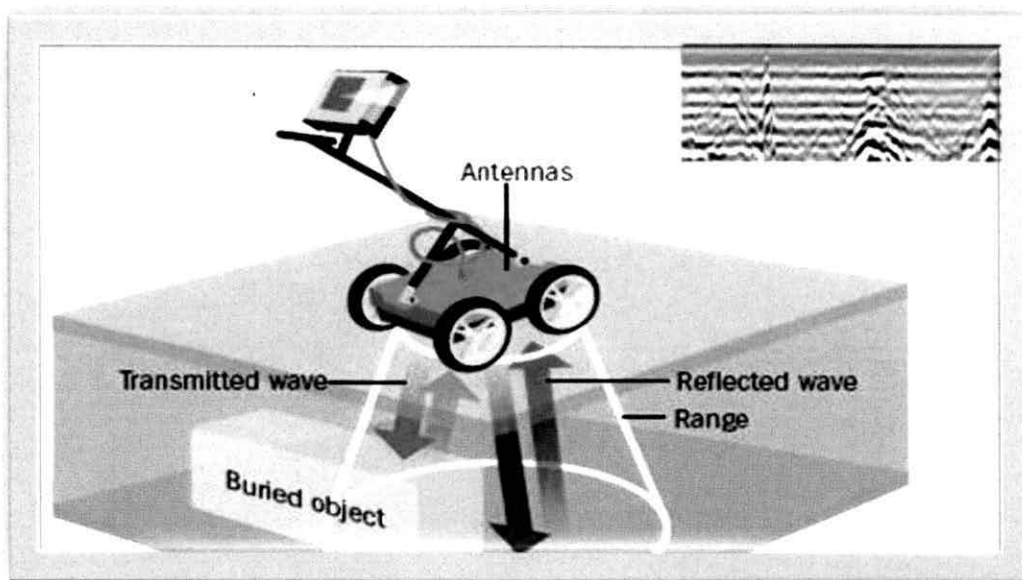


Figura 8. Esquema grafico de funcionamiento del Georadar.

El georadar en la actualidad es una técnica de múltiple uso en la investigación, antes de iniciar o empezar a trabajar con un equipo GPR debe conocer muy bien el medio a explorar, en caso contrario será necesario obtener información como fotografías del sitio de estudio.

Sin embargo podemos considerar los siguientes cuatro aspectos para saber cómo se debe de manejar el trabajo dependiendo el área.

Una de las primeras cosas que se consideraran en una nueva área a explorar es la topografía. En primer lugar, necesitamos que se pueda mover fácilmente la antena sobre el área a explorar de una manera uniforme o pareja, las áreas que están llenas de zanjas o muy inclinadas dificultan el trabajo, podemos realizar de cualquier manera el trabajo pero necesitaremos recolectar mucho más datos puntuales en lugar de perfiles continuos.

La energía del radar viaja hacia el suelo perpendicularmente a la superficie, esto significa que si la antena está en un lugar plano/llano, estaremos obteniendo información exactamente debajo de la antena, en el caso contrario si tenemos una zona muy inclinada la información que recolectara será delante de la antena (no debajo de ella), aunque en los registros aparecerá que la localización exacta es debajo de la antena, esta última forma puede darnos dificultades al momento de recabar información si no se tiene el debido criterio.

Se recabara información sobre el tipo de suelo a estudiar, de manera general, la arcilla y el

agua causan atenuación e impide el viaje de la onda electromagnética en algunos casos, encontrar el tamaño de grano del suelo ayudara a determinar la constante dieléctrica del material para ayudar a fijar los parámetros de exploración y al mismo tiempo hacer estimaciones de la profundidad.

Dependiendo del tipo de objetivo que se trate de encontrar gobernara sobre el tipo de antena a elegir, parámetros de configuración o la posibilidad de utilizar el radar, existen dos criterios principales que tenemos que considerar que son:

La elección del tamaño del objetivo determina que tan profundo puede penetrar y el tamaño mínimo que puede observarse, las antenas de baja frecuencia penetran profundamente pero el tamaño del objetivo mínimo a ver es grande, el objetivo o foco que puede ver cada antena, en la siguiente tabla se muestran las antenas por uso y profundidad de penetración.

Las antenas de baja frecuencia algunas veces no retratan bien objetivos a la superficie, dependiendo el medio a explorar, es por eso por eso el operador debe de saber bien el tipo de medio a explorar y el tipo de objetivo, no se trata solamente de escanear el sitio, hay múltiples factores que afectan en proporciones grandes si no se sabe bien el funcionamiento del equipo.

La capacidad para ver un objetivo depende del contraste entre el valor del dieléctrico del material del objetivo y el material en el cual la energía del radar viaja antes de tocar el objetivo.

Cuanto mayor sea el contraste entre los valores del dieléctrico, más visible será el objetivo.

Para aplicaciones que implican encontrar objetivos metálicos como tuberías y barriles, esto no es difícil porque siempre habrá grandes contrastes, los dieléctricos de los metales son tan altos que no causan problemas.

En la siguiente figura (Figura 9) mostramos los componentes principales de los que está compuesto un equipo de georadar, cada componente realiza una función específica al momento de recolectar los datos.

CONTRATO No. 4500515630

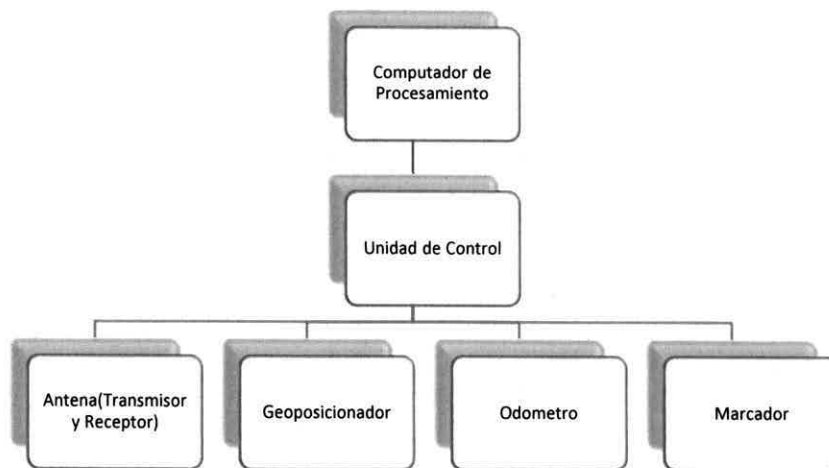


Figura 9. Esquema grafico de funcionamiento del Georadar

COMPUTADOR DE PROCESAMIENTO:

Es el encargado de reprocesar los datos del sitio mediante el software, aquí el especialista es el encargado y responsable de aplicar los filtros correspondientes a los radargramas que fueron recolectados en sitio.

UNIDAD DE CONTROL:

Es la parte que se encarga de convertir las señales adquiridas en el sitio en archivos digitales los cuales una vez realizado el levantamiento se almacenan en la memoria interna de la unidad central, estos pueden ser pasados por medio de USB a cualquier computador que soporte dicho puerto.

ANTENA:

Es la encargada de transmitir y recibir las ondas electromagnéticas en el medio a explorar, existen dos tipos de antenas, las monoestaticas y las biestaticas, las monoestaticas son las que almacenan transmisor y receptor en un solo elemento, las biestaticas son aquellas en las cuales el transmisor y receptor están en elementos separados.

GEOPOSICIONADOR:

Comúnmente llamado GPS, es el que nos da la ubicación de inicio y termino en coordenadas geográficas, es muy útil al momento de querer representarlo en algún plano topográfico y ver la localización exacta de los perfiles adquiridos.

ODOMETRO:

Es el encargado de Medir la distancia de recorrido, previamente calibrado de acuerdo a las unidades longitudinales resulta útil al momento de medir la longitud del perfil explorado.

MARCADOR:

Es un elemento muy útil al momento de localizar objetos a lo largo de un recorrido, este es conectado a la antena que se vaya a utilizar, manda un pulso a la antena la cual a su vez lo dirige a la unidad de control la cual marca representándolo como una línea punteada en el radargrama obtenido.

Los radargramas son una representación gráfica de las trazas generadas cada vez que se produce un pulso electromagnético, durante la medición. Como ya se describió, las trazas corresponden a un vector de energía recibida por reflexión vs tiempo transcurrido desde la generación del pulso.

En un radargrama se utiliza una paleta de colores para agrupar los rangos de energía recibidos, en ocasiones es posible realizar las interpretaciones directamente en campo, pero generalmente es necesario realizar un largo proceso de interpretación. En este proceso se busca resaltar anomalías que corresponden a las señales de interés y disminuir o eliminar el ruido. Es de suma importancia anotar que el trabajo realizado en campo, si se tiene una buena información de campo, donde se describa todas las posibles anomalías que fueron registradas, el trabajo de oficina se hace mucho más sencillo y eficaz.

El procesamiento de la información se resume en los siguientes pasos:

- 1.-Ubicar radargramas para las zonas de interés.
- 2.-Descartar anomalías producidas durante la medición.
- 3.-Selección de escala y paleta.
- 4.-Aplicación de filtros pasa banda.
- 5.-Correcciones estáticas.
- 6.-Aplicar ganancias a la señal (filtros transversales).
- 7.-Realizar stacking (filtros longitudinales).
- 8.-Obtención de tiempos de propagación para cada anomalía.
- 9.-Cálculo de profundidades a partir de la velocidad en los medios.
- 10.-Correlación de resultados con la información existente, o resultados de otros métodos
- 11.-Interpretación final de los resultados.

Existen múltiples factores que limitan el desempeño del equipo, como los ruidos externos, así como las ondas irradiadas cercanas al área de operación. La recolección de datos obtenidos con el georadar se hizo realizando los escaneos en tiempo real en el sitio con la unidad de control del SIR-3000 a la cual podemos configurar parámetros como los son ganancias filtros y frecuencias de muestreo hasta que se concluye el recorrido y este es guardado en la memoria de la unidad.

Para el filtrado en gabinete se utilizó el software RADAN 7 para realizar un reproceso más fino definiendo los rangos de frecuencia de interés así como los ajustes de ganancias, offset, filtros, además para definir los reflectores de alta densidad o estructuras mediante el proceso de datos, definiendo las paletas de colores existentes, generando nuevas paletas y analizando la señal analógica del radar para finalmente presentar los radargramas.

4.2. GASOMETRIA.

Este procedimiento es una herramienta que permite determinar las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV's) y semivolátiles en el suelo y subsuelo, al igual, determina el porcentaje de explosividad (%LEL).

Permite identificar de forma rápida y simple la extensión de un derrame de hidrocarburos de forma horizontal, como apoyo para definir puntos de muestreo.

Este método indirecto nos proporciona la suficiente información para estimar de manera preliminar un área de estudio impactada.

Este estudio se basa en el hecho de que algunos hidrocarburos son sumamente volátiles, por lo tanto se evaporan y desprenden compuestos orgánicos volátiles (VOC's).

Dichos compuestos son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Los COV's son liberados al ambiente a través de la porosidad y grietas que pueda presentar el suelo en la zona, llegando hasta la superficie.

Con la finalidad de determinar la distribución espacial de los vapores en el área de estudio, se tomaron lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), obteniendo con esto una mejor idea del probable comportamiento de la mancha de contaminación, donde a continuación se describe la metodología utilizada.

Primeramente se cuadricula la zona afectada, teniendo en cada nodo del cuadrado un punto para perforar, utilizando para esta actividad un Rotomartillo marca DEWALT, con broca de acero de 1" de diámetro y 0.5 m de longitud conectado a un generador eléctrico.

Cada nodo tiene una separación variable y se va modificando según se extienda la mancha de contaminación, dando como resultado un arreglo de 10 puntos para la toma de lecturas de COV's., las lecturas para la determinación de estos parámetros se tomaron con un Detector Photo Ionizador (gasómetro) con límite de detección de 1 a 10,000 ppm, marca GASTECH modelo GT-402, equipado con una sonda de teflón, para introducirla directamente en cada perforación a 0.5 m de profundidad.

4.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

En este apartado se describen los trabajos de topografía realizados para la obtención de datos coordinados en "X", "Y" y "Z", necesarios para la generación de la planta topográfica y trabajos realizados en el sitio.

Para poder trabajar las coordenadas obtenidas en campo en un sistema, en que el factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano sean iguales y que la unidad de medida sea el metro, se utilizó un sistema cartesiano; utilizando coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator).

La utilización de coordenadas UTM Es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de mercator, que se construye como la proyección de mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al ecuador, se la hace tangente a un meridiano.

A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

El sistema de coordenadas UTM fue desarrollado por el cuerpo de ingenieros del ejército de los estados unidos en la década de 1940.

El sistema se basó en un modelo elipsoidal de la tierra. Se usó el elipsoide de Clarke de 1866 para el territorio de los 48 estados contiguos. Para el resto del mundo –incluidos Alaska y Hawái– se usó el elipsoide internacional.

Actualmente se usa el elipsoide wgs84 como modelo de base para el sistema de coordenadas UTM.

La "proyección transversa de mercator" es una variante de la "proyección de mercator" que fue desarrollada por el Geógrafo Flamenco Gerardus mercator en 1659. Esta proyección es "conforme", es decir, que conserva los ángulos y casi no distorsiona las formas pero inevitablemente sí lo hace con distancias y áreas. El sistema utm implica el uso de escalas no lineales para las coordenadas x e y (longitud y latitud cartográficas) para asegurar que el mapa proyectado resulte conforme (Figura 10).

CONTRATO No. 4500515630

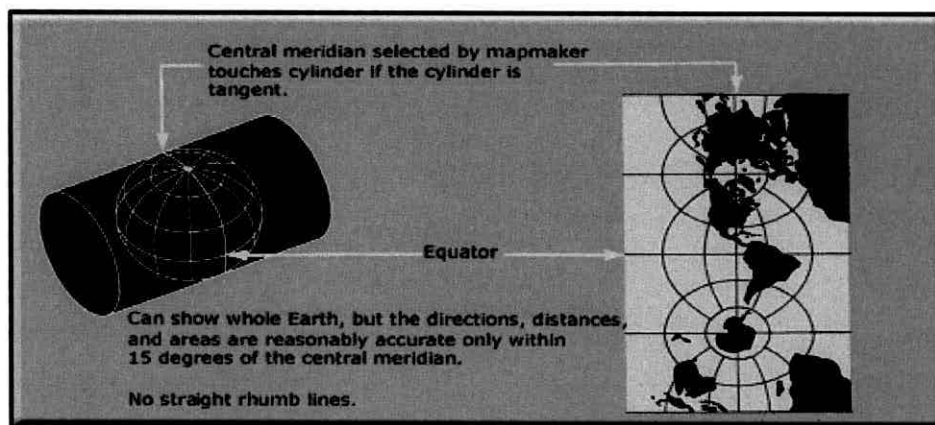


Figura 10. División de Zonas.

El DATUM del Mapa utilizado para la zona de estudio, fue configurado al sistema NAD 27 México, que es el sistema de coordenadas para México (Figura 11.).



Figura 11. Configuración de Datum en DGPS

Un punto de tener una latitud y longitud dada en NAD27 pueden ser desplazados en el orden de varias decenas de metros de otro punto que la latitud y longitud en idénticas NAD83, así que es importante precisar el dato, junto con las coordenadas.

La North American Datum de 1927 se define por la latitud y la longitud de un punto inicial (Meade rancho en Kansas), la dirección de una línea entre este punto y un segundo punto se especifica, y dos dimensiones que definen el esferoide.

Página 34

CONTRATO No. 4500515630

La North American Datum de 1983 se basa en un nuevo definido esferoide (GRS 80), es una centrada en la Tierra (o "geocéntrica" sin punto de referencia inicial o dirección inicial).

Una vez recorrido el área de estudio, se procede a establecer una red de puntos de control geodésico con el fin de tener información horizontal y vertical que permita la sectorización de las zonas para los levantamientos de trabajos topográficos.

Es decir, se ubica una línea base (dos puntos de control) para iniciar el levantamiento. Para dicha acción se utiliza un equipo de geoposicionamiento satelital diferencial de 1 banda marca Garmin eTREX (Figura 12), empleando el método Estático Post Proceso, el cual consiste en colocar un equipo DGPS fijo sobre la marca y con otro equipo DGPS móvil se va colocando sucesivamente en los puntos de control con un tiempo de hasta 1 hora de observación en cada uno.

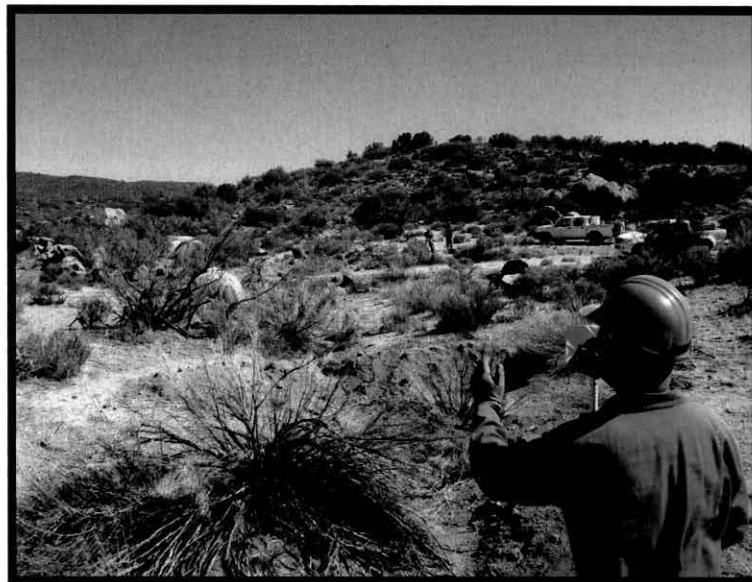


Figura 12. Ubicación de puntos de control (Modalidad estático o fijo).

La recolección de datos se realiza a cada 1 segundo para poder obtener la precisión:

Horizontal: 3mm + 1 ppm

Vertical: 10mm + 2 ppm

Para el procesamiento de la información almacenada en ambos equipos DGPS se usa el software de post proceso Topcon Link V.7.2.3.

Una vez conocidos los valores de los puntos de control se procede al levantamiento taquimétrico.

4.3.1. LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL.

Partiendo de los puntos de control geodésicos previamente establecidos mediante el sistema de posicionamiento satelital diferencial, se efectúa el levantamiento topográfico de todos los trabajos realizados, tales como la ubicación de:

Ductos y punto de derrame,
Configuración del terreno donde ocurrió el incidente,
Derecho de Vía (D.D.V.),
Planta Topográfica (infraestructura más representativa y cercana al área de estudio).
Líneas de Geofísica (Georadar).
Gasometrías.
Puntos de Muestreo.
Planta Topográfica (infraestructura más representativa y cercana al área de estudio).

Para el desarrollo de los levantamientos topográficos de los sitios en los diferentes sectores, se utiliza el equipo de medición Marca Topcon Modelo GTS 236W (Figura 13).

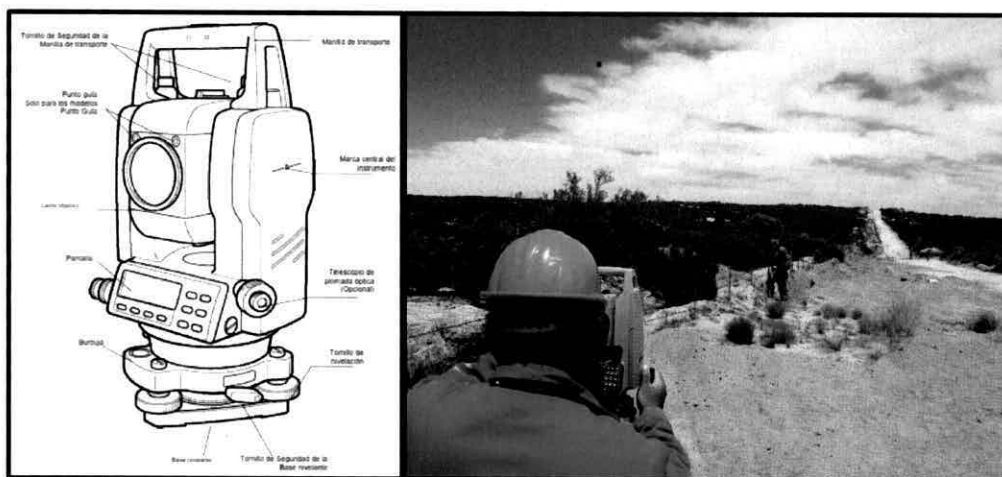


Figura 13. Levantamiento del sitio afectado con ayuda de Estación Total y Prisma.

Como se sabe, una estación total a diferencia del teodolito, permite el almacenamiento de la información en una libreta electrónica interna así como su procesamiento con el software del equipo.

El método de trabajo por radiaciones, el cual consiste en leer ángulo y distancia de los puntos medidos; en lo que respecta al cálculo de las coordenadas y la altura correspondiente, se encarga de efectuarlo el mismo software interno de la estación total.

Una vez almacenados todos los datos en la libreta electrónica, se transfirieron al equipo de cómputo mediante el software Topcon Link V.7.2.3, para su procesamiento y generación de

archivos en formato SDR, los cuales son manipulados y plasmados gráficamente por medio del Software Autocad y Civil Cad 2014, y con el cual se generan los planos correspondientes.

4.4. MUESTREO DE SUELO Y SUBSUELO.

4.4.1. DISEÑO, PERFORACION Y MUESTREO DE SUELO

La finalidad de muestreo de suelo es determinar cuantitativamente y cualitativamente la distribución horizontal y vertical de los hidrocarburos en el sitio de estudio conforme a lo establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

La densidad de puntos se estableció según lo señala la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Dicha normatividad establece que para el área de estudio de entre 0.10 ha hasta 0.20 ha (1,786.544 m²) se requiere un mínimo de 8 puntos de muestreo.

De acuerdo a lo propuesto en el plan de muestreo se cumple al tener una mallado sistemático de 10 puntos.

El método de muestreo fue dirigido, lo cual permite tener un análisis a detalle que permite en su caso garantizar la ausencia o presencia de impacto residual, con un mayor nivel de confianza.

Para la cuestión de presentación de los resultados considero un polígono mayor (Figura 14).

CONTRATO No. 4500515630

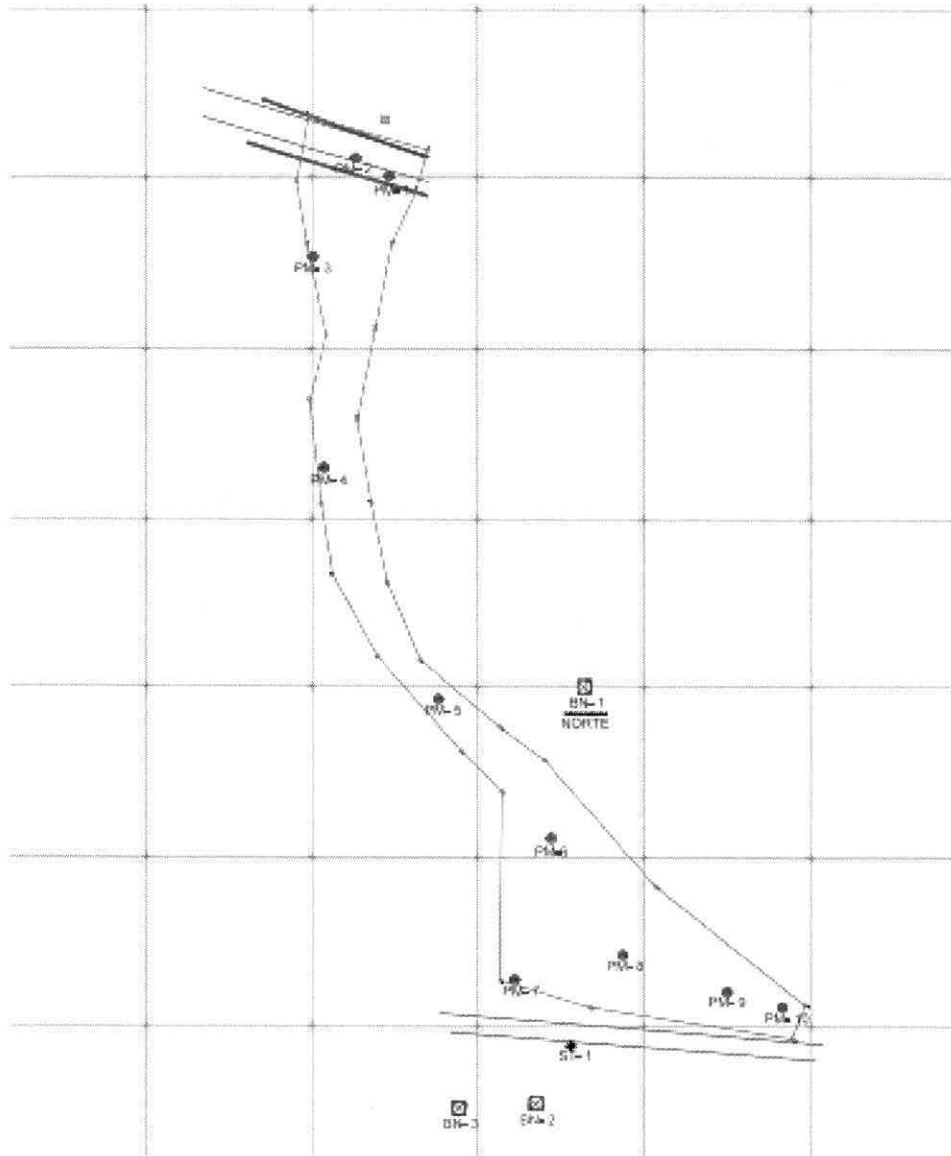


Figura 14. Puntos de muestreo de suelo.

CONTRATO No. 4500515630

En campo se ubicaron los puntos de muestreo con el equipo de medición Marca Topcon Modelo GTS 236W, para obtener una mayor precisión.

Como medida de precaución se verifico la existencia de tubería con detectores de metal.

Para la perforación se utilizó una maquina Airmobil 432 HP, perforadora tipo Wagon Drill, con dos ruedas neumáticas para su traslado, en camioneta pick up.

La columna está fabricada en acero de alta resistencia y está reforzada para uso rudo, que perfora con martillo de fondo de 2" a 6" en diámetros desde 2 ½ "(64 mm) hasta 8" (152mm) puede perforar hasta 80 mts.

Todo esto dependió de la formación geológica existente en el sitio, además del apoyo de un compresor Atlas Copco XA-500 CD6 y el peso necesario de la herramienta para el diámetro a perforar (Figura 15), equipado con tubos de acero huecos de 2" de diámetro al que se le coloca un nucleador donde se introducen liners de PVC para recuperar la muestra, de tal manera que la maquina se coloca en el punto de muestreo e hinca los tubos de acero hasta la profundidad deseada por medio de empuje.



Figura 15. Equipo de perforación rotatorio apoyado mediante compresor de aire.

Una vez recuperada la muestra personal acreditado retira los liners de PVC del nucleador y se le colocan tapas de politetrafluoretileno en cada extremo, realiza la identificación de la muestra y la prepara para su transporte al laboratorio acreditado.

Al mismo tiempo el personal del Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) realizó la descripción estratigráfica por geólogos expertos y registro fotográfico.

4.4.2. ENVASADO, ETIQUETADO Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS.

La colecta y envasado de muestras (Figura 16) se llevó a cabo por personal acreditado para dicha actividad, ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Se obtuvieron muestras simples del suelo de acuerdo a los criterios de colección y transporte establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA-2003, se utilizó como contenedor de muestra tubo liner de plástico PVC de 1 ½" Ø, evitando así, una excesiva manipulación de la misma.

Otra medida de control de calidad para el equipo utilizado fue la descontaminación para

CONTRATO No. 4500515630

cada una de la toma de muestras por punto:

Se lavaron con detergente biodegradable (libre de fosfatos), agua corriente y cepillo de cerda suave o de mangos largos para remover contaminantes. Se enjuagaron con agua desionizada.



Figura 16. Toma y sellado de muestras.

Cada muestra contenida en liner fue etiquetada con los siguientes datos:

- Identificación de la muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Iniciales de quien toma la muestra.
- Sitio de muestreo.
- Parámetros a analizar.
- Conservación de la muestra.

La toma de las muestras se registró en hojas de campo y en cadenas de custodia, donde se especifica sitio de muestreo, el día, la hora, la matriz de la muestra y parámetros a analizar, los cuales fueron:

- Hidrocarburos Fracción Media NMX-AA-145-SCFI-2008
- HAP'S NMX-AA-146-SCFI-2008

Posteriormente se sellaron y se guardaron para preservación.

Las muestras envasadas se mantuvieron en refrigeración a una temperatura de aproximadamente 4°C con hielo para su preservación durante su traslado al laboratorio en donde se efectuarían los análisis y respetando la caducidad de las muestras, que en este caso será de hasta 14 días que es el tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro, de acuerdo a la tabla No. 5 (recipientes para las muestras, temperaturas de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro) de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Las muestras se analizaron en Laboratorios ABC Química, Investigación y Análisis S.A. de C.V. Como aseguramiento de calidad en el muestreo, se tomó 1 muestra duplicada por cada 10 y se llenaron las respectivas cadenas de custodia.

El técnico de muestreo acreditado es el encargado de coleccionar las muestras en campo y llevarlas junto con toda la documentación (hojas de campo y cadenas de custodia) al laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación y aprobación PROFEPA. De esta manera se obtendrán muestras simples de suelo de acuerdo a los criterios de colección y transporte establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

CONTRATO No. 4500515630

La toma de las muestras se registró en hojas de campo y en cadenas de custodia, donde se especifica sitio de muestreo, el día, la hora, la matriz de la muestra y parámetros a analizar, los cuales fueron:

- Hidrocarburos Fracción Media NMX-AA-145-SCFI-2008
- HAP'S NMX-AA-146-SCFI-2008

Posteriormente se sellaron y se guardaron para preservación, el cual consistió en ponerlas en una hielera con suficiente hielo para mantenerlas aproximadamente a 4°C hasta su traslado y entrega al laboratorio de análisis, acompañadas por sus respectivas cadenas de custodia.

Las muestras se analizaron en Laboratorios ABC Química, Investigación y Análisis S.A. de C.V. Como aseguramiento de calidad en el muestreo, se tomó 1 muestra duplicada por cada 10 y se llenaron las respectivas cadenas de custodia.

El técnico de muestreo acreditado es el encargado de coleccionar las muestras en campo y llevarlas junto con toda la documentación (hojas de campo y cadenas de custodia) al laboratorio acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación y aprobación PROFEPA. De esta manera se obtendrán muestras simples de suelo de acuerdo a los criterios de colección y transporte establecidos por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

CONTRATO No. 4500515630

4.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS QUÍMICOS

4.5.1. CONTAMINANTES DERIVADOS DE HIDROCARBUROS

Tabla 3. Descripción de los métodos analíticos.

Hidrocarburos Fraccion Media	HC cuyas moléculas cubran el intervalo de número de átomos de carbono de C10 a C28	236.533	NMX-AA-145-SCFI-2008 Suelos-HC Fraccion Media por cromatografía de gases con detector de ionización de flama-Metodo Prueba.	LPC = 96.00	Depende del instrumento en que se analice y de la eficiencia de la extracción	1200
------------------------------------	--	---------	---	-------------	---	------

PAH's: Benzo (a) antraceno, Benzo(a) pireno, Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Dibenzo(a,h) antraceno, Indeno(1,2,3,-cd) pireno	C ₁₈ H ₁₂ C ₂₀ H ₁₂ C ₂₀ H ₁₂ C ₂₀ H ₁₂ C ₂₂ H ₁₄ C ₂₂ H ₁₂	228,3 252,3 252,3 252,3 278,3 276,3	NMX-AA-146-SCFI-2008 SUELOS- HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP) POR CROMATOGRFÍA DE GASES/ESPECTROMETRÍA DE MASAS (CG/EM) O CROMATOGRFÍA DE RESOLUCIÓN CON DETECTORES DE FLUORESCENCIA Y ULTRAVIOLETA VISIBLE (UV-VIS) - MÉTODO DE PRUEBA.	LPC = 0,43	Depende del instrumento en que se analice y de la eficiencia de la extracción. El método de extracción por sonicación es altamente dependiente de la concentración	Benzo (a) antraceno: 2 Benzo(a) pireno: 2 Benzo (b) fluoranteno: 2 Benzo (k) fluoranteno: 8 Dibenzo(a,h) antraceno: 2 Indeno(1,2,3,-cd) pireno: 2
---	--	--	---	------------	--	--

4.6. METODOLOGÍA DE MANEJO, ANÁLISIS Y REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN.

Durante el desarrollo de un proyecto, existe una gran cantidad de información que se genera como resultado de diversas fuentes de datos, esto representa el reto de manejar los datos de manera que no se conviertan en algo complejo y en lugar de ello, que cada parte de la información con la que se cuenta, aporte algo útil para el proyecto.

El manejo de datos debe de tener contemplado un acomodo y ordenamiento que posteriormente permita un análisis eficiente de la información y una representación que sea fácil de entender y que ayude a sintetizar la información.

Actualmente se cuenta con herramientas que permiten acumular y procesar grandes volúmenes de información digital, esto trae consigo grandes ventajas al concentrar la información de manera digital, así como también permite la síntesis de toda la información en esquemas, gráficas, mapas, diagramas, animaciones o alguna representación que permita entender los datos de manera fácil y rápida.

Para poder llegar a representar la información se debe de pasar por un proceso de análisis para encontrar sus similitudes, asociaciones y relaciones, así como sus contrastes y diferencias que permitan comprender el fenómeno que se estudia y encontrar las mejores formas de representación.

Al llegar a comprender el fenómeno estudiado y obtener conclusiones en base a toda la información que fue manejada, analizada y representada, se habrá logrado un gran avance dentro del proyecto que se está desarrollando.

4.6.1. SELECCION DE FUENTES DE INFORMACION.

Para la obtención de datos útiles para el proyecto se comenzó con la delimitación de los alcances espaciales, ya que con esto fue posible hacer la discriminación entre los datos que están comprendidos dentro de la zona de estudio y los que están fuera.

Habiendo definido el área de estudio, se pudo seleccionar la información que fuera confiable y útil para el propósito del proyecto.

La información que se obtuvo fue de las siguientes fuentes de información:

- Cartografía digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía(INEGI)
- Cartografía digital del Servicio Geológico Mexicano (SGM).
- Trabajo de campo:
 - a. Perforación y muestreo de contaminantes en suelo.
 - b. Medición de COV's mediante gasometrías.

4.6.3. *DEPURACION, ESTANDARIZACION Y ORDENAMIENTO DE LA INFORMACION.*

Para la incorporación de la información a las distintas Tablas de datos fue necesario hacer una depuración y estandarización de los datos para posteriormente lograr una correcta interpretación.

Dentro de la estandarización de los datos fue necesario asignar claves para aquellas columnas (campos) en las que carecía de información y era necesario establecer algún valor, de esta manera se pudo preservar la estructura de las Tablas.

La asignación claves se hizo exclusivamente para campos de tipo numérico y dicho valor se definió previamente para ser reconocido como una representación en caso de ausencia de datos.

Una parte importante para discriminar la información se basó en la distribución espacial de los datos, ya que esto permitió identificar la información que pertenecía o tenía alguna influencia en la zona de estudio y debía de ser incluida.

Dentro de la estandarización de los datos fue necesario asignar claves para aquellas columnas (campos) en las que se carecía de información o los resultados de laboratorio no habían detectado algún valor.

El manejo de este tipo de valores permite la preservación de las estructuras de las tablas de datos utilizadas en software especializado, esto con el propósito de poder reconocer esta información y ser discriminada en el manejo posterior en cuestiones estadísticas y de elaboración de planos.

La asignación claves se hizo exclusivamente para campos de tipo numérico y dicho valor se definió previamente para ser reconocido como una representación en caso de ausencia de datos.

4.6.4. *CREACION DE TABLAS.*

Para la creación de las tablas se tomó en cuenta el tipo de información que se manejaba en cada campo para poder identificar si era numérico y en tal caso, si contenía decimales, si era texto y hasta cuantas letras podría contener o si era un carácter, con estos datos como referencia se pudieron generar las distintas tablas de datos que fueron elaboradas acordes a la forma información que se iba a almacenar.

La importancia de las coordenadas para este proyecto radica en la dependencia de la ubicación espacial de la información ya que así es posible definir la pertenencia de los datos a la zona de estudio o en caso contrario ser discriminados.

4.6.5. MANEJO Y REPRESENTACION DE DATOS.

Habiendo construido las Tablas de datos correspondientes, fue posible manejar y representar los datos de diversas maneras.

Una forma de representación de los datos fue por medio de planos, cuyo papel es muy importante en la visualización y constituye un elemento de apoyo fundamental para la selección e interpretación de datos.

Para la elaboración de los planos se recurrió al software de manejo de diseño de planos y vaciado de datos, ya que dicho software tienen una gran cantidad de herramientas que ayudan al análisis y generación de información, además de la edición final de los planos.

Para el manejo, análisis e interpretación de los datos es bastante útil la obtención de sus estadísticas, ya que permiten determinar los rangos para la representación de información y poder reconocer el comportamiento espacial de los datos.

Para la obtención de las estadísticas básicas de los resultados analíticos de concentraciones de los diferentes parámetros analizados, se aprovechó la depuración previa de la base de datos de los resultados analíticos, ya que también es necesaria para la mayoría del software (surfer) de modelación.

El manejo de la información se hace de manera directa con el formato de xls, ya que la mayoría del software para manejo estadístico, solo se debe de establecer en su lectura que el primer renglón corresponde a encabezados.

Habiendo cargado los datos, se realizó una rápida revisión para verificar que los datos estuvieran almacenados de manera correcta, ya que en ocasiones algunas omisiones de datos o el establecer valores de tipo texto impiden posteriormente ejecutar operaciones numéricas y por ende cualquier cálculo estadístico.

4.6.6. CREACIÓN DE PLANOS.

Para la creación de planos es necesario contar con los datos estadísticos, de esta manera se tomó la Tabla de datos depurada en formato xls de la información obtenida en campo y los resultados obtenidos del análisis en laboratorio y se procedió a cargar la información puntual en un software especializado de manejo de cartografía, para comenzar con el análisis espacial de la información.

A partir de la información de tipo puntual y de sus datos estadísticos, se pudieron buscar distintas representaciones que ayudaran en la generación de los planos.

Para este proyecto se generaron dos tipos planos; **i) tipo puntual y ii) los interpolados**, con ambos se pudieron representar la mayor parte de los datos obtenidos en campo de manera visual y referida espacialmente para una mejor comprensión.

- i) Los planos de tipo puntual se realizaron tomando su posición en "X" y "Y", con ello fue posible ubicarlos en la zona de estudio, tomando en consideración las estadísticas previamente obtenidas (Ver anexo de planos, Plano B001).
- ii) Para la representación de los planos interpolados, se hizo uso de la geoestadística. Por medio de esta herramienta y métodos de interpolación de datos, fue posible establecer los valores a lo largo y ancho de las zonas que se fueron delimitando para cada uno de los parámetros que se elaboraron planos, así como también se fueron creando los límites con base en las estadísticas al igual que en los planos de tipo puntual (Ver anexo de planos, Plano B003).

Se usó del método de interpolación Natural Neighbor, que fue derivado de una intensa búsqueda para reconocer cuál de diversos softwares brindaban mejores resultados y tenían una mejor aproximación a los resultados obtenidos en campo, de tal forma que se descartaron los métodos de cokriging, global polynomialinterpolation, local polynomialinterpolation y radial basisfunctions.

Como parte de la generación de los planos, hubo una continua retroalimentación entre los datos que eran representados en los planos y las verificaciones que se llevaban a cabo en campo, permitiendo ajustar los parámetros y el tipo de representación de la información, validando de esta manera los datos, las formas y extensiones en las que estos eran representados.

5. INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. GEOFISICA.

Como se ha mencionado, para este estudio se realizó un levantamiento geofísico con el método de Georadar.

El radar de subsuelo o Georadar es una técnica no destructiva, que está basada en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades.

El Georadar se ha convertido en una herramienta tecnológica con un gran presente de

CONTRATO No. 4500515630

aplicaciones de ingeniería civil y en muchas otras áreas de investigación que necesitan un conocimiento preciso del subsuelo.

Una de las aplicaciones que también se le da al uso de Georadar es la identificación de materiales contaminantes en el subsuelo, esto se identifica con la reflexión de la onda electromagnética ingresada al subsuelo.

Con el Georadar se mide la profundidad de la contaminación y posible migración dentro del subsuelo. Este método indirecto nos ayuda a identificar las averías ocasionadas dentro del subsuelo y conocer el grado de afectación producida por el escurrimiento del hidrocarburo dentro del subsuelo.

Existen factores que limitan el desempeño del Georadar, como la atenuación de ondas irradiadas, ruidos externos e instrumentales, etc. Para realizar un proceso aceptable se toman notas en campo sobre la presencia de cualquiera de estos elementos generadores de ruido para saber a qué corresponden, como es el caso de las raíces, movimientos de la antena del radar por obstáculos, cambios de dirección, etc.

El proceso de los datos obtenidos con el radar se realizó en dos etapas, utilizando el software operativo Radan versión 7, la primera fue un proceso preliminar en campo, en tiempo real durante la adquisición de datos definiendo offsets, ganancias, filtros, así como la frecuencia de muestreo, la separación entre trazas y el tiempo de grabación.

El objetivo fundamental de la aplicación de este método fue el de Identificar la profundidad de la contaminación mediante uso de Georadar de penetración de suelo del sitio contaminado con hidrocarburo a causa de toma clandestina descontrolada en " el área aledaña al km 80+958 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate B.C.". Así como identificar los estratos afectados por la supuesta contaminación originada por dicho derrame.

Todo esto fue fundamentado mediante la unidad central se programa un pulso electromagnético generando por medio de la antena emisora/receptora una onda electromagnética con una frecuencia característica (MHz o GHz).

La onda electromagnética se va propagando por el medio, hasta que alcanza una zona u objeto cuyas propiedades electromagnéticas son diferentes respecto a las circundantes o adyacentes (anomalía: contraste de las propiedades electromagnéticas).

Parte de la energía electromagnética de la onda sigue transmitiéndose y parte se refleja hacia la superficie, mientras que el resto de energía continúa propagándose, pudiéndose generar sucesivas reflexiones.

La onda electromagnética reflejada se recibe a través de la antena receptora y se registra en la unidad central para su posterior tratamiento e interpretación.

Cabe destacar que dependiendo del tipo de problema a resolver, es decir de la auscultación

hasta la profundidad deseada (por ejemplo 25 cm, 50 cm, 1 m, 5 m, 10 m, 30 m,...), debe utilizarse una o varias antenas de emisión y recepción, teniendo en cuenta que la frecuencia de emisión de los pulsos (KHz), la duración de éstos (nanosegundos) y la amplificación de la señal a aplicar depende de cada tipo de problema a tratar y de las características de los materiales y/o terrenos a investigar.

El actual modus operandi del Georadar puede originar secciones verticales continuas (llamadas registros radar o radargramas) del subsuelo, similares en apariencia e interpretación a una sección sísmica.

Las operaciones de campo con Georadar son sencillas y la adquisición de datos es muy rápida. Estas mediciones se realizan desplazando las antenas del Georadar en vehículos, plataformas o manualmente.

Tabla 4. Propiedades electromagnéticas de los materiales

Material	Conductividad σ (mS/M)	Velocidad v (m/ns)	Atenuación α (dB/m)
Aire	0	0.3	0
Agua	0.01	0.033	$2 \cdot 10^{-3}$
Arena Seca	0.01	0.15	0.01
Caliza	0.5-2	0.12	0.4-1
Granito	0.01-1	0.13	0.01-1

La elección de la antena determina qué tan profundo puede penetrar y el tamaño mínimo de los objetivos que puede ver.

Las antenas de baja frecuencia penetran profundamente, pero el tamaño del objetivo mínimo a ver es grande.

El objetivo o foco que puede ver cada antena, se presenta en la siguiente tabla 5 para elegir la antena apropiada por el uso y la profundidad de penetración.

Tabla 5. Frecuencias y alcances de cada una de las antenas utilizadas con en conjunto con el Georadar

FRECUENCIAS	APLICACIONES	PROFUNDIDAD MAXIMA TIPICA EN PIES (METROS)	RANGO TIPICO EN (NS)
1.5 GHZ	Estructura de concreto, caminos, cubiertas de puentes	1.5 (0.5)	10-15
900 MHZ	Concreto, suelos superficiales, arqueología	3.0 (1.0)	10-20
400 MHZ	Geología poco profunda, utilidad, medio ambiente arqueología.	12.0 (4.0)	20-100
270 MHZ	Geología, medio ambiente	25.0 (8.0)	70-300
100 MHZ	Geología, medio ambiente	60.0 (20.0)	300-500

La información que estos radargramas aportan es variada, pero principalmente se trabaja con tiempos de llegada.

El tipo de estudio de subsuelo más básico consiste en determinar velocidades de propagación promedio, y junto con los tiempos de propagación promedio, y registrados para cada evento, localizar la discontinuidad.

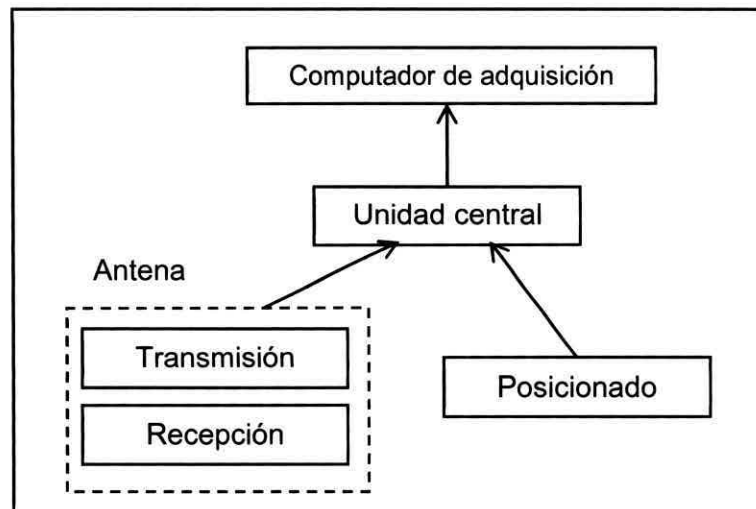


Figura 17. Estructura típica de un Georadar

Antena: Es la encargada de generar los pulsos electromagnéticos y recibir las reflexiones ocasionadas. Existen dos tipos de antenas: las mono estáticas y diastáticas. Las primeras están compuestas por un solo elemento encargado de transmitir, conmutador y recibir, mientras las diastáticas la componen dos elementos separados.

Unidad central: Controla el comportamiento de la antena y realiza la transmisión de datos a algún medio de grabación.

Sistema de posicionado: Posicionan al Georadar de acuerdo a una referencia topográfica dada. Generalmente se utilizan dos métodos: Odómetros para ubicación lineal o GPS para tener una ubicación tridimensional.

Computador de adquisición: Su función principal es la de almacenar los datos en un medio magnético y mostrar las mediciones realizadas.

Procesamiento de datos: Los registros almacenados de las mediciones de un computador, son conocidos como RADARGRAMAS. Los radargramas son una representación gráfica de las trazas generadas cada vez que se produce un pulso electromagnético, durante la medición. Como ya se describió, las trazas corresponden a un vector de energía recibida por reflexión vs tiempo transcurrido desde la generación del pulso. En un radargrama se utiliza una paleta de colores para agrupar los rangos de energía recibidos en ocasiones es posible realizar las interpretaciones directamente en campo, pero generalmente es necesario realizar un largo proceso de interpretación. En este proceso se busca resaltar anomalías que corresponden a las señales de interés y disminuir o eliminar el ruido. Es de suma importancia anotar que el trabajo realizado en campo, si se tiene una buena información de campo, donde se describa todas las posibles anomalías que fueron registradas, el trabajo de oficina se hace mucho más sencillo y eficaz.

El procesado de la información puede ser resumido en los siguientes pasos:

- 1.-Ubicar radargramas para las zonas de interés.
- 2.-Descartar anomalías producidas durante la medición.
- 3.-Selección de escala y paleta.
- 4.-Aplicación de filtros pasa banda.
- 5.-Correcciones estáticas.
- 6.-Aplicar ganancias a la señal (filtros transversales).
- 7.-Realizar stacking (filtros longitudinales).
- 8.-Obtención de tiempos de propagación para cada anomalía.
- 9.-Calculo de profundidades a partir de las velocidades de los medios.
- 10.-Correlación de resultados con la información existente, o resultados de otros métodos.
- 11.-Interpretación final de los resultados.

Desarrollo de trabajo de Georadar

Existen múltiples factores que limitan el desempeño del equipo, como los ruidos instrumentales y externos, así como las ondas irradiadas, etc.

La recolección de datos obtenidos con el Georadar se realizó en 2 etapas, realizando los escaneos en tiempo real con el software SIR-3000 de manera preliminar en campo obteniendo ganancias, filtros, así como la frecuencia de muestreo y el tiempo de grabación.

Para el filtrado en gabinete se utilizó el software RADAN 7 para realizar un reproceso más fino definiendo los rangos de frecuencia de interés así como los ajustes de ganancias, offset, filtros, además para definir los reflectores de alta densidad o estructuras mediante el reproceso de datos definiendo las paletas de colores existentes, generando nuevas paletas y analizando la señal analógica del radar, para finalmente presentar los radargramas.

El geo-radar es una técnica no destructiva orientada al estudio del subsuelo superficial y que se fundamenta en la capacidad de las ondas de radar de baja frecuencia para propagarse a través de medios poco conductivos.

El método emplea una antena emisora para dirigir pulsos electromagnéticos de 1-20 ns de duración hacia el interior del terreno.

Este frente de ondas es parcialmente reflejado al encontrar una discontinuidad o un cambio de material en el subsuelo, pudiendo ser detectado en la superficie mediante una antena receptora dispuesta a tal efecto.

Al ir desplazando el sistema sobre la superficie del terreno será posible registrar la historia de reflexiones detectadas en el subsuelo bajo la línea de desplazamiento.

Para alcanzar el objetivo de la delimitación del suelo impactado con hidrocarburo se realizó la lectura de manera que se cubriera la mayor parte de la superficie delimitada como probable afectación al subsuelo.

Los datos de campo fueron recogidos por un geo-radar modelo SIR-3000 de Geophysical Survey System Inc. El sistema utilizado fue un sistema biestático con una antena de frecuencia 400 MHz con un tiempo de scan de 120 nanosegundos.

CONTRATO No. 4500515630

Nombre del Área: AREA ALEDAÑA AL KM 95+003 DEL DDV DEL POLIDUCTO DE 10"-8" Ø ROSARITO-MEXICALI, EN EL MUNICIPIO DE TECATE, B.C.

Disponibilidad del Terreno: Accesible

Equipo: SIR-3000 Antena de 400 Mhz

Líneas: 3 Líneas

Ubicación de Área: TECATE, B.C

Características del Terreno: Suelo Árido

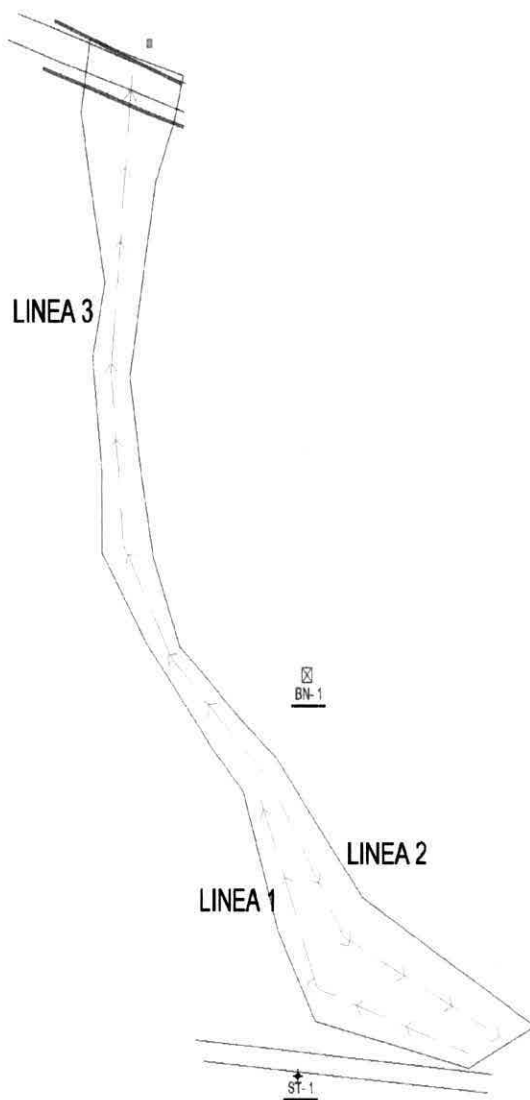


Figura 18. Recorrido de Georadar en el área de estudio

CONTRATO No. 4500515630

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SONDEO

Nombre del Archivo: ENRVI__001

Fecha de Creación: JUN, 12 2014, 09:20:00

Fecha de Modificación: JUN, 12 2014, 10:11:11

Canales: Channel(s) 1

Muestras x Escaneo: Samples/Scan 512

Bits x Muestra: Bits/Sample 16

Escaneos x Segundo: Scans/Second 100

Escaneos x Metro: Scans/Meter 50

Marcas x Metro: Meters/Mark 2

Dieléctrico: Diel Constant 23.5

Structure ID

Time Zero Adj. (Thres. 3000)

Background Removal

Antenna Type = 5103

Canal: CHANNEL 1 400MHz

Posición: -1.025 nS

Rango: Range 140 ns

Rango de Ganancia: -20.0, 38.0, 45.0, 52.0

Corrección de Posición: 9.18 nS

Vert IIR LP N=1 F= 800 MHz

Vert IIR HP N=1 F= 100 MHz

Horz IIR Stack TC= 2

Range Gain (L)

1.0 1.0 1.0

3.5 2.2 1.0

1.0 1.0 1.0

1.0 1.0 1.0

1.0 1.0 1.0

1.0

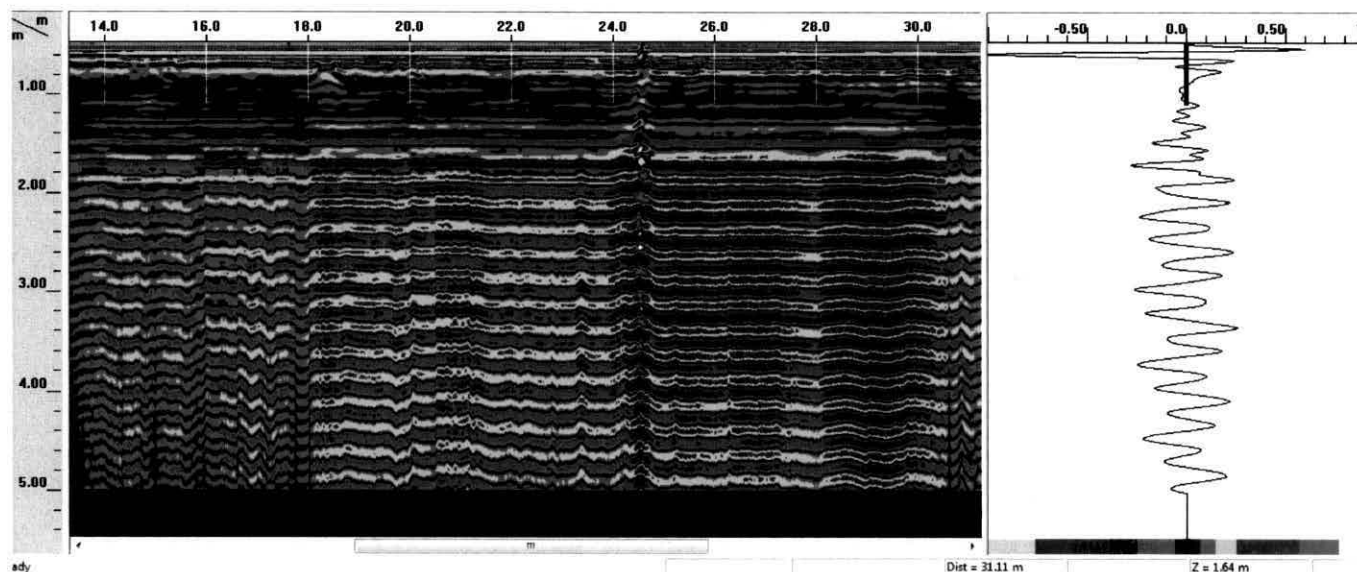


Figura 19. Radargrama.

CONTRATO No. 4500515630

Figura 1 Línea 1

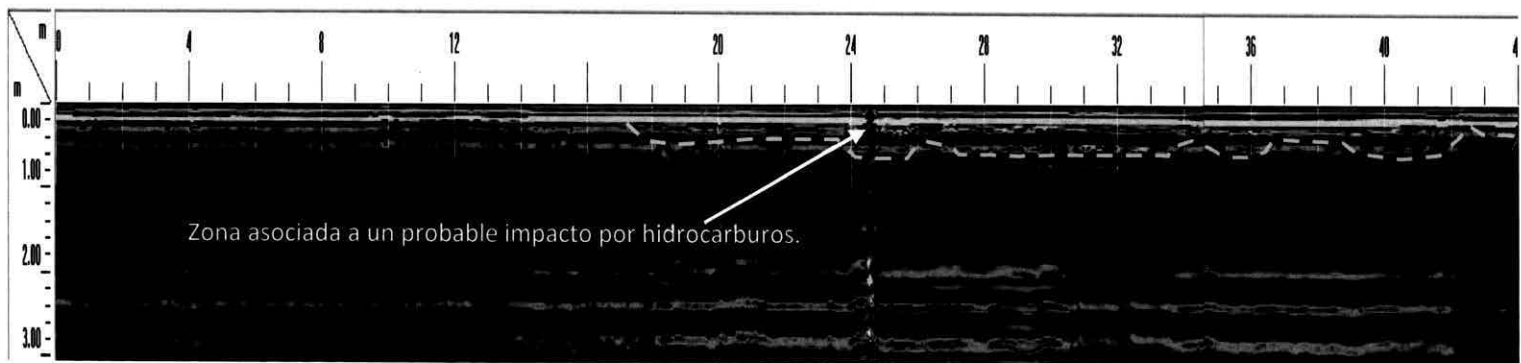


Figura 2 Línea 2

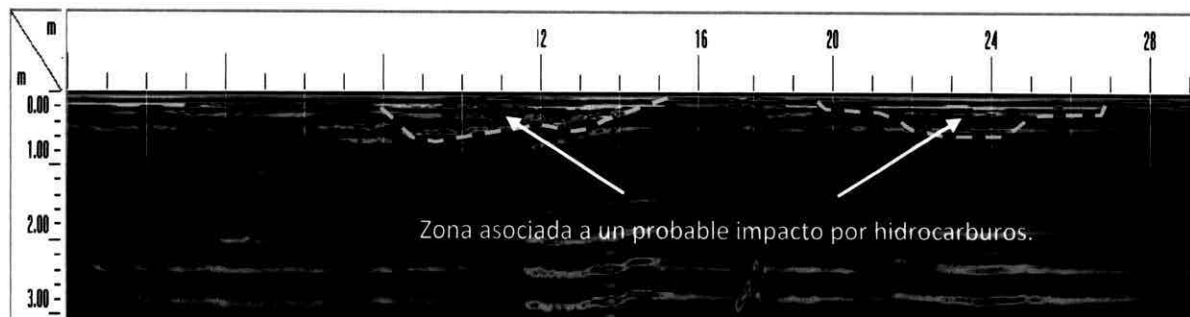
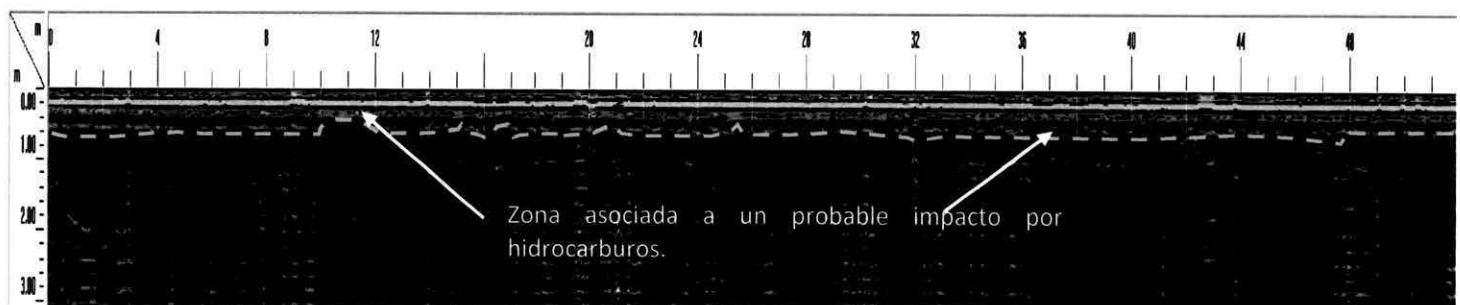


Figura 3 Línea 3 primer tramo



CONTRATO No. 4500515630

Figura 4 Línea 3 segundo tramo

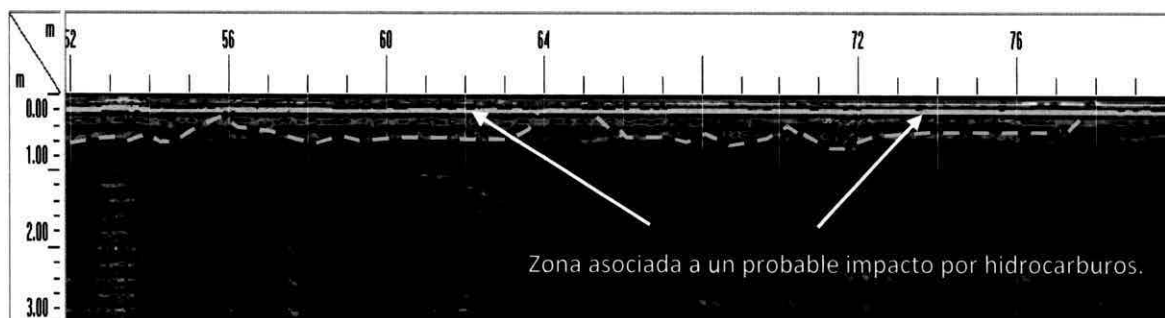


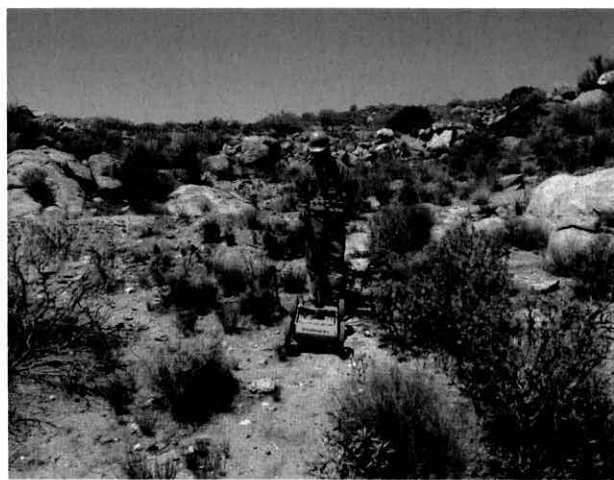
Tabla 6. Resultados de interpretación de líneas de Radar

ESPEORES PROMEDIO DEL SONDEO CON COORDENADAS

AREA ALEDAÑA AL KM 95+003 DEL DDV DEL POLIDUCTO DE 10"-8" Ø ROSARITO-MEXICALI, EN EL MUNICIPIO DE TECATE, B.C.

Perfil	Longitud	Profundidad	Coordenadas			
			Inicial		Final	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
Línea 1	58	0.4 / 1.3	576697	3602025	576657	3602059
Línea 2	52.9	0.65 / 1.41	576661	3602059	576701	3602028
Línea 3	103	0.33 / 1.5	576657	3602062	576632	3602154

EVIDENCIA FOTOGRAFICA DEL SONDEO CON GPR



CONCLUSION DEL ESTUDIO REALIZADO CON GEORADAR

En la Figura 1, 2 y 3 se muestran radagramas correspondiente a la Línea 1, Línea 2 y Línea 3 que se obtuvieron con el Georadar, estas se tomaron de forma perpendicular al ducto. La línea 1 y Línea 3 se corrió en dirección sur-norte, mientras que la Línea 2 se corrió en dirección norte-sur; La línea 1 cuenta con una longitud total de 57 metros; la Línea 2 , 50 metros y la Línea 3 , 101 metros; en los radagramas que se muestran en las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los cadenamientos más representativos de los mismos.

En las Figura 1, 2 y 3 se resaltó con líneas punteadas en amarillo, las zonas que se asociaron a un área probablemente impactada por hidrocarburo, esto se determinó debido al cambio de amplitud de la traza en los radagramas ; asociando información histórica del sitio, así como las características geológicas, dando como resultado los radagramas que se muestran a continuación.

Sobre la Línea 3 de forma continua desde el cadenamiento 0 a 78 metros a una profundidad de 1 metro, se presentan amplitudes, anómalas que asociamos debido a los datos históricos del sitio y la litología del mismo a un posible impacto por hidrocarburo en el mismo, esto también lo observamos en la Línea 1, sobre los cadenamientos 17 a 44 metros; y sobre la Línea 2, sobre los cadenamientos 8 A 15 metros y 19 a 27 metros, como se muestra en la Figuras 1, 2 y 3.

5.2. GASOMETRIA.

Uno de los métodos indirectos que se realizó en la zona de estudio para la caracterización del sitio fue un estudio de gasometrías, para este análisis se realizaron 10 puntos a 0.50 m de profundidad para las lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles.

El estudio de gasometrías es una herramienta para determinar la probable distribución de la mancha de contaminación. Este estudio se basa en el hecho de que algunos hidrocarburos son sumamente volátiles, por lo tanto se evaporan y desprenden compuestos orgánicos volátiles (VOC's). Dichos compuestos son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Los COV's son liberados al ambiente a través de la porosidad y grietas que pueda presentar el suelo en la zona, llegando hasta la superficie.

Con la finalidad de determinar la distribución espacial de los vapores en el área de estudio, se tomaron lecturas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), obteniendo con esto una mejor idea del probable comportamiento de la mancha de contaminación, donde a continuación se describe la metodología utilizada.

Primeramente se cuadricula la zona afectada, teniendo en cada nodo del cuadrado un punto para perforar, utilizando para esta actividad un Rotomartillo marca BOSCH, con broca de acero de 1" de diámetro y 0.5 m de longitud conectado a un generador eléctrico. Cada nodo tiene una separación variable y se va modificando según se extienda la mancha de contaminación, dando como resultado un arreglo de 10 puntos para la toma de lecturas de COV's. Las lecturas para la determinación de estos parámetros se tomaron con un Detectos Photo Ionizador (gasómetro) con límite de detección de 1 a 10,000 ppm, marca GASTECH modelo GT-402, equipado con una sonda de teflón, para introducirla directamente en cada perforación a 0.5 m de profundidad, el arreglo quedo de la siguiente manera:

En la zona se realizaron 10 lecturas de gasometrías en el predio cercano al punto de fuga, ubicándose de la siguiente manera:

CONTRATO No. 4500515630

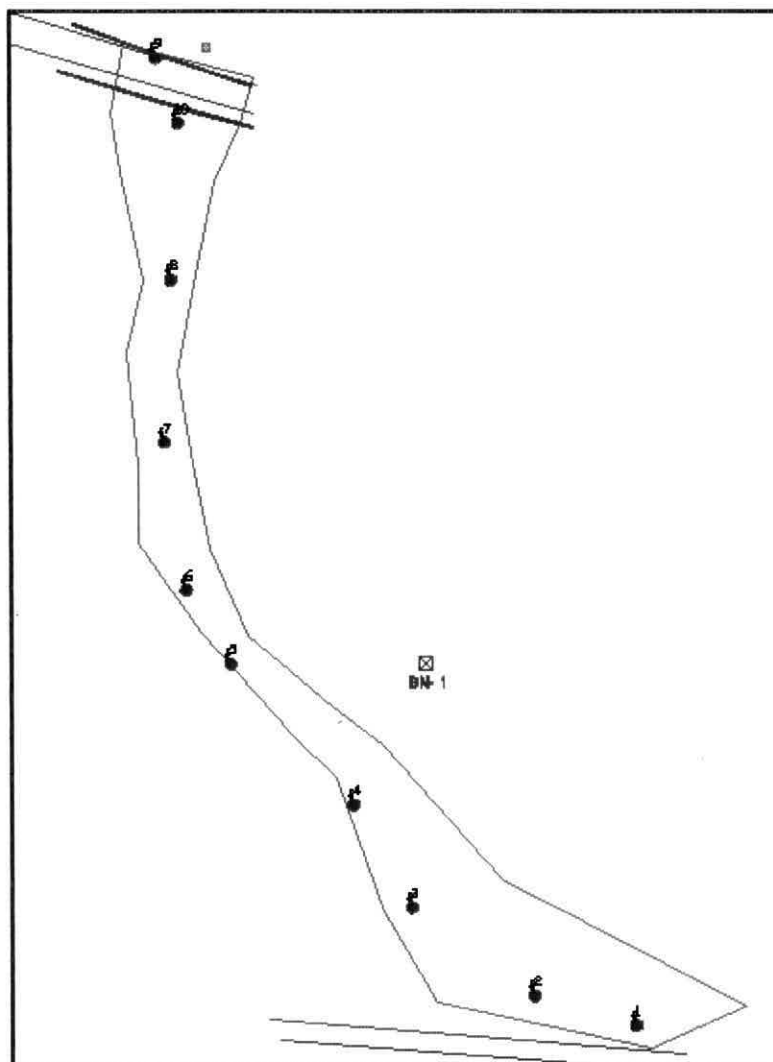


Figura 20. Polígono correspondiente a las primeras lecturas de ppm en la zona de estudio.

Tabla 7. Resultados analíticos para lecturas de COV's realizados en la zona de estudio.

LECTURA	COORDENADAS UTM		H (ppm)
	X	Y	
GASOMETRIA 1	576,695	3,602,026	40
GASOMETRIA 2	576,681	3,602,030	40
GASOMETRIA 3	576,664	3,602,042	40
GASOMETRIA 4	576,656	3,602,056	20
GASOMETRIA 5	576,639	3,602,075	40
GASOMETRIA 6	576,633	3,602,085	100
GASOMETRIA 7	576,630	3,602,105	20
GASOMETRIA 8	576,631	3,602,127	40
GASOMETRIA 9	576,629	3,602,157	20
GASOMETRIA 10	576,632	3,602,148	20

En la tabla anterior se indican los resultados obtenidos del análisis de compuestos orgánicos volátiles (COV's), donde se observa que la concentración más alta para hidrocarburos es de 100 ppm para el punto Gasometría 6. Existen concentraciones de 40 ppm en las gasometrías Gasometría 1, Gasometría 2, Gasometría 3, Gasometría 5 y Gasometría 8 y la concentración más baja es de 20 ppm para el punto Gasometría 4, Gasometría 7, Gasometría 9 y Gasometría 10. La tabla nos muestra el total de los puntos monitoreados de Gasometría que presentan concentraciones de compuestos orgánicos volátiles relativamente bajas, pero no se descarta la posibilidad de que el sitio se encuentre contaminado, eso se comprueba con los métodos directos de toma de muestra de suelo.

Con este estudio se definieron y ajustaron los polígonos de muestreo.

5.3. ESTATIGRAFIA LOCAL.

Para el sitio 95 + 003 mediante el estudio previo con el método indirecto del Georadar y al haber obtenidas muestras directas del barrenado, se describe la lexicoestratigrafía para el área de estudio, en forma de unidades.

Esta zona se consideró como "Tectónicamente Activo" se caracterizada por una gran diversidad de estructuras geológicas entre las cuales pueden mencionarse las fallas normales, las fracturas de diferentes dimensiones, así como aparatos y derrames volcánicos

y grandes cuerpos intrusivos.

También existen pliegues en rocas sedimentarias (anticlinales y sinclinales) que son el producto de la deformación plástica de las mismas. El rasgo estructural más significativo lo constituye, sin duda, el sistema de fallas.

Además de los cuerpos intrusivos que forman parte del batolito Mesozoico de la península, las principales estructuras geológicas de esta provincia en la entidad, son las fallas y las fracturas profundas del sistema de la falla de San Andrés, de las que derivan de esta son: Vallecitos, San Pedro Mártir, Agua Blanca, Coronado, San Clemente, San Diego. Podemos encontrar una gran cantidad de conglomerados y rocas de gran tamaño que van de un espesor de 50 cm hasta los 3 o 4 metros, La mayoría de estas ya se encuentran moderadamente fracturadas y cizalladas por los agentes de intemperismo.

Unidad 1.

La primera unidad que va de la zona superficial de los 0 mt a los 1.20 mt, está compuesta por arena color gris blancuzco, gravas, arenas finas de media plasticidad. Observamos que en el área podemos ver algunos rastros de la Sinéresis de tonalidad clara y oscura por el entrapamiento del combustible producto del secado de la arcilla.

Los sedimentos de arrastre se depositan en este lugar, Formados básicamente por un núcleo granítico de gran tamaño formado en el interior de la corteza terrestre; hoy se encuentra expuesto a la superficie o recubierto por las rocas sedimentarias y volcánicas más recientes. Está constituida litológicamente por una gran variedad de rocas de los tres tipos fundamentales; Ígneas, Sedimentarias y Metamórficas cuyas edades abarcan desde el Paleozoico hasta el Cuaternario.

En esta zona podemos encontrar una cantidad de arenas y limos que se encuentran en las laderas, barrancas así como lomeríos y algunos terrenos planos, son muy susceptibles a la erosión por ser parte de la geoforma topográfica del sitio.

Para este estrato hay una capa superficial de 10 cm o 15 cm esta capa pequeña es muy deleznable.

Estos sedimentos presentan permeabilidad de un 70 %. Presenta una alta oxigenación debido al intemperismo que presenta este estrato.

Unidad 2.

Para la segunda unidad que va a una profundidad de los 1.20 mt a los 2.40 mt esta capa se encuentra por debajo de un anticlinal de variaciones estratigráficas semiuniformes ya que la topografía es muy irregular en el sitio.

Esta unidad presenta una pequeña cantidad de limos arenosos debido a al Intemperismo Biológico causado por la Acción de acuña miento de las raíces y por el Ácido de las plantas que por efecto tiene una combinación de efecto químico y físico.

En ocasiones presentan acumulación de cal, yeso, conglomerado medianamente cementado, areniscas blandas y filamentos de caolín. Encontramos al igual rocas basálticas, areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calizas riolitas, granitos y andesitas. Así como lixiviados de sedimentos de arcilla no plástica deformable sin cohesión. No presenta permeabilidad este estrato no se mostró evidencia alguna de cuerpos de agua entrampados ni infiltraciones de la misma. La capacidad de carga de este estrato es de un 98% por los esfuerzos de compactación y por fuerzas diestrales y siniestrales.

5.4. RESULTADOS ANALÍTICOS DE SUELO

En este apartado se realiza la interpretación de los resultados analíticos del muestreo de suelo, en el polígono de estudio. Es importante mencionar que dicho análisis de resultados se realizó bajo el criterio de los Límites Máximos Permisibles (LMP), para el uso de suelo agrícola/habitacional (Tabla 8).

Tabla 8. Valores de los límites máximos permisibles de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012

FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS	USO DE SUELO PREDOMINANTE (mg/kg BASE SECA)
	Agrícola, forestal, pecuario y de conservación.
Fracción Media	1200.00
Benzo[a]pireno	2
Dibenzo[a,h]jantraceno	2
Benzo[a]jantraceno	2
Benzo[b]fluoranteno	2
Benzo[k]fluoranteno	8
Indeno	2

CONTRATO No. 4500515630

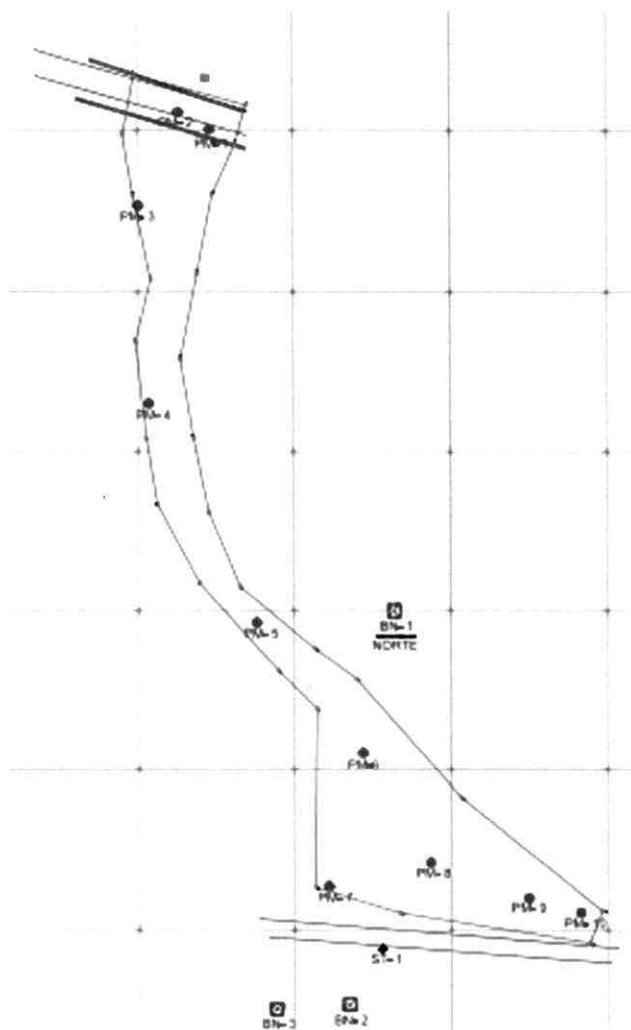


Figura 21. Distribución de puntos de muestreo dentro del polígono de estudio.

CONTRATO No. 4500515630

Tabla 9. Resultados analíticos.

PM	ID	PROF.	HFM	HÁPS					
				BENZO(B) FLURANTENO	BENZO(K) FLURANTENO	BENZO(A) PIRENO	DIBENZO(A,H)ANTR ACENO	INDENO(1,2,3 C-D) PIRENO	BENZO(A) ANTRACENO
PM-1	M1	0.20	3868.53	0.11	0.19	0.12	0.08	0.14	0.12
	M4	1.20	ND	ND	ND	0.23	ND	ND	0.1
PM-2	M1	0.20	106.49	0.37	0.78	0.66	0.61	0.42	0.37
	M1 D	0.20	1013.16	1.15	1.98	2.06	2.22	1.23	1.41
PM-3	M2	1.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M1	0.20	2288.33	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-4	M4	1.20	663.88	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M1	0.20	7793.87	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-5	M4	1.20	5295.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M5	2.40	1413.65	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-6	M1	0.20	3883.96	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M4	1.20	1266.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-7	M1	0.20	2800.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M4	1.20	3617.36	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-8	M4 D	1.20	3239.61	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M5	2.40	774.58	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-9	M1	0.20	1367.44	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M2	1.20	1448.88	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-10	M1	0.20	8462.73	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M4	1.20	2911.79	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-11	M5	2.40	1698.49	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M1	0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-12	M2	1.20	623.93	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M1	0.20	4327.71	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PM-13	M4	1.20	2002.99	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	M10	1.20	2003.85	ND	ND	ND	ND	ND	ND

5.4.1. HIDROCARBUROS DE FRACCIÓN MEDIA

La fracción media presenta valores máximos por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en los puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: **POZO No. 1, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 3, MUESTRA 1, 0.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 04, 1.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 05, 2.40 m; POZO No. 5, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 5, MUESTRA 04, 1.20 m; POZO No. 6, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 6, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 6, MUESTRA 04 DUPLICADA, 1.20 m, POZO No. 7, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 7, MUESTRA 02, 1.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 05, 2.40 m, POZO No. 10, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 10, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 10, MUESTRA 10, 1.20 m** del polígono de estudio (**Ver Anexos Planos.- Planos de Isoconcentraci3n B-003**).

5.4.2. HAPS

En el grupo de los HAPS ningún parámetro sobrepasa los LMP de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, para uso de suelo agrícola que es **2 mg/kg Benzo[a]pireno, 2 mg/kg Dibenzo[a,h]antraceno, 2 mg/kg Benzo[a]antraceno, 2 mg/kg Benzo[b]fluoranteno, 8 mg/kg Benzo[k]fluoranteno, 2 mg/kg Indeno**. No se presentan concentraciones de acuerdo a los análisis realizados a las muestras obtenidas en campo.

5.4.3. RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOS EN SUELO.

Para este estudio se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos en suelo debido a que es importante determinar la textura, pH y porcentaje de materia orgánica de manera local, ya que estos nos pueden arrojar datos para una mejor interpretación de la calidad del suelo y del comportamiento de los contaminantes presentes en el mismo.

CONTRATO No. 4500515630

Tabla 10. Resultados de parámetros fisicoquímicos en muestras de suelo.

MUESTRA	% M.O.	pH	TEXTURA (%)		
			LIMO	ARCILLA	ARENA
P1 M3 0.2m	0.8	7	ND	6.72	93.28
P2 M4 1.2m	ND	7.66	ND	6.72	93.28
P3 M3 0.2m	0.8	7.13	ND	4.72	95.28
P4 M3 0.2m	2.9	6.7	ND	8.72	91.28
P5 M3 0.2m	1.8	6.74	ND	4.72	95.28
P6 M3 0.2m	0.8	7.62	ND	4.72	91.28
P7 M4 1.2m	ND	7.85	ND	0.72	99.28
P8 M3 0.2m	1.6	6.75	2	0.72	97.28
P9 M4 1.2m	ND	6.92	ND	0.72	99.28
P10 M3 0.2m	1	6.63	ND	0.72	99.28

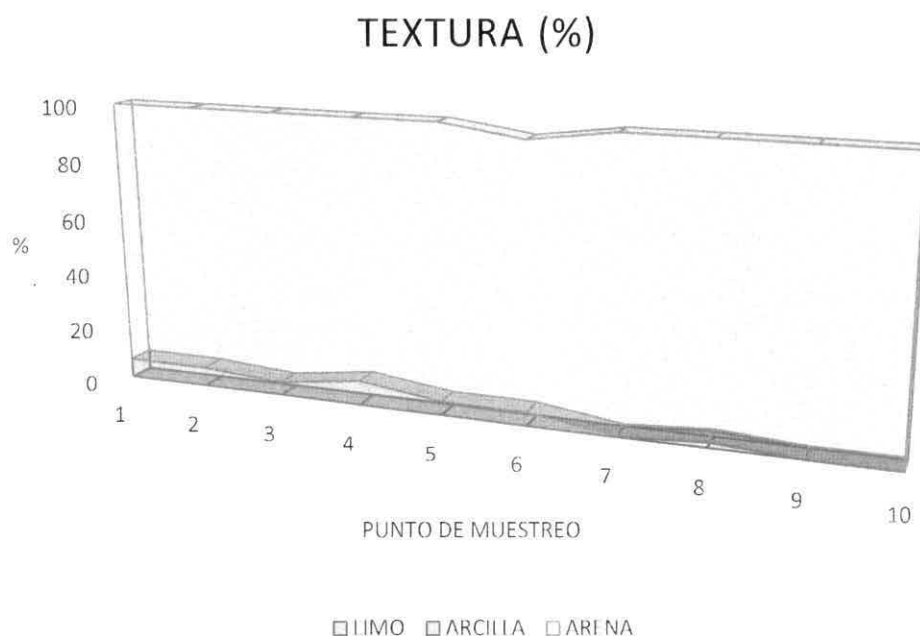


Figura 22. Porcentajes del tipo de material textural en muestras de suelo.

En base a los resultados obtenidos, se observa que para la textura de los materiales

(Figura 23), el comportamiento general del contenido de las diferentes clases texturales es de mayores contenidos de arenas, y de acuerdo a la presencia de mayor porcentaje de arenas nos indica mayor permeabilidad.

6. POLIGONO DE CONTAMINACION Y BALANCE DE MASA.

En base a los resultados analíticos y el método de interpolación, se elaboró el plano de Isoconcentraciones para la determinación del área impactada; la volumetría de suelo impactado se determinó por medio del cálculo de volumen por secciones transversales, delimitando las manchas de contaminación. Así mismo, se hizo un estimado del material impactado por hidrocarburos que es necesario remover para alcanzar los LMP para uso de suelo agrícola (Ver anexo de planos, Plano B004).

- 1) Una vez definidas las manchas, en base a la predominancia de algún contaminante crítico en particular, en base a la superficie interpolada, se determinó la superficie (en m²) de suelo para cada uno de los contaminantes hasta la profundidad objetivo.
- 2) Con la superficie impactada y su respectiva profundidad, se pudo estimar una volumetría (m³) de suelo contaminado para el polígono.

A continuación se muestra la tabla general (Tabla 11) con el polígono impactado generado a partir del plano de Isoconcentraciones, volumetría y secciones, el cual cuenta con un área total de 1,316.535 m² con un volumen total de 939.56 m³ a una profundidad desde 0.20 m hasta 2.40 m (Ver anexo de planos).

El volumen total de suelo contaminado es de 939.56 m³ en un área total de 1,316.535 m².

Tabla 11. Polígonos de fase residual.

POLIGONO	AREA (M ²)	VOLUMEN (M ³)	PROFUNDIDAD (M)
ZONA 1	1,272.836*	268.55	A 0.20
ZONA 1-A	343.277	440.92	A 1.20
ZONA 1-A	27.416	53.36	A 2.40
ZONA 1-B	22.543	154.78	A 1.20
ZONA 1-B	0.325	1.36	A 2.40
ZONA 2	43.899*	9.81	A 0.20
ZONA 2	5.956	10.78	A 1.20
POLIGONO CONTAMINADO (0.20)	1,316.535*	939.56	DE 0.20 A 2.40

7. CONCLUSIONES DE LA CARACTERIZACIÓN.

Como resultado de los métodos indirectos (Gasometría y Georadar) realizados en el área de estudio se definieron 2 unidades estratigráficas principales: a) Unidad 1 de 0.00 hasta 1.20 m de profundidad (Arenas color gris, gravas, arenas finas de media plasticidad), b) Unidad 2 de 1.20 a 2.40 m de profundidad (Limos arenosos). Las cuales coinciden con el método indirecto utilizado en el área de estudio (Georadar).

De los parámetros analizados en el muestreo efectuado en el sitio "área aledaña al km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø, Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate, B.C." Los Hidrocarburos de Fracción Ligera presentaron concentraciones superiores al LMP de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 en las siguientes muestras:

La fracción media presenta valores máximos por arriba de los niveles permisibles de uso de suelo agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, en los puntos de muestreo a distintas profundidades, identificados de la siguiente manera: **POZO No. 1, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 3, MUESTRA 1, 0.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 04, 1.20 m; POZO No. 4, MUESTRA 05, 2.40 m; POZO No. 5, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 5, MUESTRA 04, 1.20 m; POZO No. 6, MUESTRA 01, 0.20 m; POZO No. 6, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 6, MUESTRA 04 DUPLICADA, 1.20 m, POZO No. 7, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 7, MUESTRA 02, 1.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 8, MUESTRA 05, 2.40 m, POZO No. 10, MUESTRA 01, 0.20 m, POZO No. 10, MUESTRA 04, 1.20 m, POZO No. 10, MUESTRA 10, 1.20 m** del polígono de estudio (**Ver Anexos Planos.- Planos de Isoconcentración B-003**). Con respecto a los HAPS se comenta que no presentaron valores por arriba de la norma aplicable.

De acuerdo con lo anterior se considera que el sitio presenta contaminación por derivados de hidrocarburo y deberá ser remediado de acuerdo a lo establecido en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Se ha definido el polígono con fase residual y se determinó el volumen total de suelo contaminado a remediar con un valor de 939.56 m³ en un área de suelo impactado de 1,316.535 m².

El polígono para la zona 1 cuenta con un área total de 1,272.836 m² con un volumen total de 918.97 m³ a una profundidad desde 0.20 m a 2.40 m. El polígono para la zona 2 cuenta con un área total de 43.899 m² con un volumen total de 20.59 m³ a una profundidad desde 0.20 m a 1.20 m (Ver anexo de planos, Plano B004).

Durante los trabajos de caracterización del presente estudio no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

8. PROPUESTA DE REMEDIACION.

En función a los resultados del estudio de caracterización y el balance de masa, se tiene que los contaminantes son Hidrocarburos de fracción Media y HAPS, por lo que se propone emplear la tecnología usualmente autorizada para el tratamiento de suelos In-Situ: biorremediación en celda (landfarming) el tiempo para el desarrollo de las actividades de esta técnica puede oscilar entre 3 a 6 meses. El volumen total de suelo a remediar es de 939.56 m³, distribuido sobre una superficie de 1,316.535 m².

La localización del área a remediar se encuentra en el derecho de vía (DDV) km 95+003 del Poliducto de 10"-8"Ø, Rosarito-Mexicali, Sector Ductos Rosarito, perteneciente al municipio de Tecate, Baja California.

La Universidad Autónoma de Nuevo León, privilegia los métodos de biorremediación sobre los métodos de tratamiento químico y térmicos, ya que estos últimos causan un impacto sobre la vida en los suelos, disminuyendo (a veces a cero), el número y la biodiversidad de individuos, que después habrá que restaurar (LGEEPA Art. 3 fracción XXXIII).

A continuación se describe el método propuesto por La Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) para el saneamiento del área impactada por hidrocarburos.

BIORREMEDIACIÓN EN CELDA (LANDFARMING).

Se realizará un levantamiento topográfico inicial, que contenga poligonal cerrada para definir las área donde construirán nuevas celdas de tratamiento y sus áreas asociadas de servicios, las celdas existentes; así como el área de pluma para marcar todas las obras que deberán hacerse para realizar los tratamientos. Este incluirá como mínimo:

- a) trayectoria de ductos y estructuras subterráneas.
- b) derechos de vía de acuerdo a la norma No.03.0.02.
- c) estacado y trazo del área.
- d) puntos de referencia fijos inamovibles georeferenciados, 2 referencias por área.
- e) colindancia de los predios con los nombres de los propietarios.
- f) punto de fuga georeferenciado.

Nivelación diferencial en las áreas donde se construirán celdas de tratamiento y en toda el área contaminada incluyendo un banco de referencia general fuera del área de tratamiento y georeferenciado, curvas de nivel.

FABRICACIÓN DE CELDAS DE TRATAMIENTO.

Se construirá una celda adyacente al sitio en el área designada por la residencia para realizar la biorremediación por landfarming de la siguiente manera:

Las dimensiones de la celda dependerán del espacio disponible y del volumen de material a tratar, la altura en general de la celda de tratamiento no rebasará 1.50m de altura, donde

1.30 m corresponderá al espacio que ocupará el material contaminado y 0.20 m al espacio vacío superior, para evitar que durante la homogeneización se disperse el material en tratamiento fuera de la celda. el diseño tendrá la finalidad de cumplir con una vida útil de al menos seis meses, tendrá una pendiente en la base de la celda no mayor al 3% para poder captar los lixiviados y retornarlos al área de tratamiento, también debe considerar una cama de amortiguamiento y una membrana de espesor suficiente para que no se desgarre con facilidad para evitar la infiltración de lixiviados a estratos inferiores, (las formas y las dimensiones de la celda estarán en función de las condiciones del área donde se colocará esta y los volúmenes a tratar del material contaminado).

Antes de iniciar la construcción de la celda se realizará el despalme, con ayuda de una máquina retroexcavadora además de retirar cualquier objeto como piedras, chatarra, troncos, raíces, etc., o superficies duras que pongan en peligro la integridad de la geomembrana.

Se construirá al mismo tiempo, un cárcamo de captación de lixiviados que se generen durante las actividades de tratamiento, las formas y las dimensiones de la fosa estarán en función de los volúmenes a tratar del material contaminado y estará revestido con la membrana termofusionada para evitar infiltraciones al suelo

La celda de tratamiento se ubicará colindante al área afectada o contaminada por hidrocarburos. Después de haber finalizado el tratamiento, se procederá a dejar libre de cualquier contaminante, el área donde se construyeron las celdas.

El área designada para la construcción de la celda de tratamiento será compactada con maquinaria pesada. Posteriormente se construirá la base de la celda con arcilla extendida con maquinaria y compactada con un espesor de 0.30 cm, con aplicaciones constantes de agua para mejorar la compactación

Una vez compactada la base de la celda se construirán los bordos perimetrales con una forma trapezoidal de 2.00 m de base, 1.50 de altura y 40 cm de cresta. Al pie de la base interior y hasta la fosa de lixiviados se construirán canaletas perimetrales con una pendiente de 1 % hacia la fosa de lixiviados.

Seguidamente se colocará la geomembrana de alta densidad calibre 1000 sobre la celdas, incluyendo bordos, canaletas y fosa de lixiviados, cada una de las secciones de la geomembrana se termofusionarán, obteniéndose de esta manera una unión resistente evitando la infiltración hacia el suelo natural.

La segunda capa de arcilla se aplicará sobre el liner termofusionado con un espesor de 20 cm., misma que será compactada con maquinaria pesada, se le agregará agua, con el propósito de alcanzar su compactado con control de laboratorio al 80% proctor. Se construirá al extremo de la biocelda un acceso de 5 m de ancho y un bordo cubierto con geomembrana termo fusionada de alta densidad para el tránsito seguro de la maquinaria.

CONTRATO No. 4500515630

Al finalizar los trabajos de tratamiento del suelo contaminado la contratista dismantelará la celda de tratamiento y dará disposición como lo establezca en el permiso otorgado por la autoridad ambiental.

EXCAVACIÓN CON MAQUINARIA DE MATERIAL CONTAMINADO (VOLUMEN MEDIDO EN BANCO) EN MATERIAL "B", DE 0.00 A 4.80 M DE PROFUNDIDAD.

Con maquinaria excavadora se realizará la extracción de 939.56 m³ de material contaminado con hidrocarburo, el material se depositará en la celda de tratamiento. Se deberá considerar un factor de abundamiento durante la extracción del material.

CARGA Y ACARREO DE MATERIAL CONTAMINADO AL PRIMER KILOMETRO

Se realizará la carga y acarreo de material contaminado al primer kilómetro con ayuda de maquinaria excavadora tipo cat 320 y/o equipos similares en camiones de 14 m³ incluyendo el acarreo al primer kilómetro. El cual se depositará en las celdas de tratamiento.

TRATAMIENTO ON SITE: MEDIANTE LA TÉCNICA DE BIORREMEDIACION

Las técnicas on site, se utilizan para tratar contaminaciones que no se pueden eliminar eficientemente en el mismo sitio, (in situ), ya sea porque la sustancia no se puede degradar, por las características del suelo contaminado, o bien porque el tratamiento se deba terminar en un lapso relativamente corto.

La metodología consiste en extraer y transportar el suelo contaminado, someterlo a tratamientos que pueden ser en fase semisólida o en fase sólida. En el primer caso se prepara un lodo fluido agregando agua, nutrimentos y cultivos densos de microorganismos. El tratamiento se realiza en una celda construida para ese fin, el suelo debe contemplar movimientos aireados y agitados en condiciones controladas. El tratamiento en fase sólida

Consiste fundamentalmente en apilar el suelo contaminado en lugares acondicionados para este propósito, se trata de evitar que los tóxicos puedan emigrar del sitio de tratamiento al suelo (por filtraciones). Los suelos afectados se humedecen regándolos con agua y nutrimentos, se inoculan con cultivos de microorganismos, se agregan al suelo y material afectado y se ventean agregándoles aire de forma física con maquinaria, para facilitar la aireación se agregan pajas u otros materiales orgánicos que le dé una consistencia menos compacta al material en tratamiento.

BIORREMEDIACION CONTROLADA EN PLANILLAS (LAND FARMING).

Este es un proceso de tratamiento "on site" ó "a un lado del sitio", que se puede llevar a cabo en el lugar del siniestro o en el sitio que sea asignado para el tratamiento, esta es una técnica que se lleva a cabo sobre un plataforma impermeable con sus respectivos bordos de contención y fosas de captación de lixiviados, en la cual se coloca el suelo contaminado en forma de planilla, donde es labrada con ayuda de implementos agrícolas y equipos de construcción.

Este método, se basa en propiciar las condiciones óptimas para el desarrollo de las bacterias hidrocarbonoclastas nativas del suelo, así como el manejo de la fertilidad del suelo, esto a través de la incorporación de nitrógeno (n), fósforo (p), potasio (k) y otros micro nutrientes, estos componentes están integrados en fertilizantes químicos tales como nitrato de amonio, urea (46-00-00), triple 17 (17-17-17) y technigro (18-20-18), en abonos orgánicos o biosustratos que además de integrar los nutrientes básicos n-p-k, agrega cócteles bacterianos que ayudan a la degradación del hidrocarburo, en un amanner rápida y eficiente, estos biosustratos pueden ser desde estiércol de ganados bovino, caprino, pollinaza, gallinaza u ovino, así como sustratos como compostas que son a base de desechos orgánicos de cosechas o residuos de algún proceso agroindustrial tales como cascarillas de arroz y bagazo de caña, la cantidad de estos nutrientes se establece en la tabla de dosificación de insumos directos anexo en este documento, además de esto también se agregan bacterias exógenas comerciales degradadoras de hidrocarburo.

Previo al inicio del tratamiento se debe construir la celda de tratamiento donde se llevaran cabo el proceso de restauración del suelos, la construcción de esta celda esta descrita en el documento previamente entregado a la dirección general de gestión integral de materiales y actividades riesgosas (DGGIMAR).

El tratamiento del suelo o material contaminado contenido en la celda inicia con la aplicación de abundante agua, por riego o aspersión, esta adición de humedad debe ser suficiente, seguido de esta acción se remueve el material con la maquinaria a utilizar, ya sea una retroexcavadora o una excavadora, homogenizando las dos fases agua-suelo, hasta que se haga presente un sobrenadante en la superficie, de existir sobrenadante este se podrá recuperar o incorporarlo de nuevo al proceso.

Posteriormente se prepara con una solución de agua – surfactante (surfactante, desengrasante biodegradable, no iónico o surfactante oxidante biodegradable con características no iónicas y un oxidante) sin rebasar su capacidad de campo.

Se realiza la dosificación de un surfactante biodegradable para la desorción de los hidrocarburos derivados del petróleo y su separación de las emulsiones en que se encuentren. Se podrá emplear una mayor cantidad del desengrasante, en los casos de una concentración elevada del contaminante.

APLICACIÓN DE SURFACTANTES BIODEGRADABLES ON SITE.

Una vez homogenizado el material contaminado se deberá aplicar con bomba autocebante el surfactante biodegradable, no tóxico, libre de fosfatos, con ph entre 6 y 8, que no provoque condiciones adversas al medio ambiente, inofensivo al ser humano, animales y plantas.

Control de humedad por dos razones esenciales se requiere controlar la humedad del material a tratar para que se efectúe la biodegradación:

1. Para promover el desarrollo celular, ya que el 75-80% de su masa es agua para su utilización como medio de desplazamiento de los microorganismos hacia el sustrato, o

viceversa.

2. El riego debe efectuarse como medida de control de la humedad del sustrato con el fin de mantener humedad suficiente sin exceder su capacidad de campo, esto se determinará mediante los análisis fisicoquímicos, entre ellos la capacidad de campo.

Los hidrocarburos que han sido separados, flotan hasta la superficie líquida de la celda de tratamiento, debido a su peso específico. Estos hidrocarburos forman una capa en la superficie y se acumulan hasta poder ser removidos de la celda de tratamiento por decantación a la fosa de lixiviados.

El proceso de tratamiento continua al inducir los estimulantes y nutrientes a la microbiota nativa o inducida, para permitir la oxigenación y aireación a estos microorganismos, se realiza la remoción u homogeneización mediante maquinaria de traspaleo o agrícolas de arado (método conocido como land-farming) o maquinaria pesada, precedidos de periodos de reposo, todo esto se realiza dentro de la celda de tratamiento.

Para agregar las bacterias comerciales degradadoras de hidrocarburo, se utiliza el sistema de riego por aspersión, estas son pre-activadas y disueltas en las fosas de lixiviados de la celda, las cuales son usadas también como almacén de agua por escurrimientos, lluvias o relleno con pipas o rebombeo y se inoculan al suelo a través del riego.

Las actividades anteriores se repiten, y se monitorean constantemente a través de equipos portátiles de campo, tales como el petroflag que ayuda al monitoreo de disminución de hidrocarburos, termómetros y potenciómetros, hasta alcanzar los niveles establecidos en la norma oficial.

Con los diversos procedimientos descritos anteriormente, se promueve la aireación de los suelos para estimular los procesos aeróbicos de digestión metabólica. Esta fase continúa hasta que se alcanzan los límites máximos permisibles de contaminación en suelos (valores referidos a base seca) para el uso a que se destinarán los materiales en tratamiento de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

La descontaminación se basa en la acción de los microorganismos presentes en el suelo, por lo que la utilidad de tratarlos On Situ reside en poder controlar fácilmente las condiciones óptimas de biodegradación de los compuestos orgánicos. Fundamentalmente se controlan las siguientes condiciones:

- Contenido en humedad: se añade agua mediante un sistema de riego.
- Aireación: el suelo es volteado por métodos mecánicos periódicamente.
- PH: debe permanecer cerca de la neutralidad.
- Otras: nutrientes, inoculación de microorganismos.

descripción	tipo	actividad
retroexcavadoras	maquinaria	construcción de celdas, excavación, carga y acareo, y tratamiento
excavadoras	maquinaria	excavación y extracción de material contaminado
camiones de volteo en sus diferentes capacidades	maquinaria	carga y acarreo del sitio de extracción a celda de tratamiento
motobombas autocebantes	maquinaria	sistema de riego, inoculación de microorganismos
perforadoras manuales	equipos	toma de muestras
equipos portátiles y fijos para la determinación de tph's, en sus tres fracciones (ligera, media y pesada)	equipos	control sistemático y determinación de valores finales
potenciómetros	instrumento	control sistemático y determinación de valores finales
termómetros	instrumento	control sistemático y determinación de valores finales

Una vez alcanzados los niveles de limpieza propuestos, se procederá a efectuar el retiro del equipo, materiales y la limpieza para permitir nuevamente actividades agrícolas o las que originalmente existían de acuerdo a la vocación del sitio.

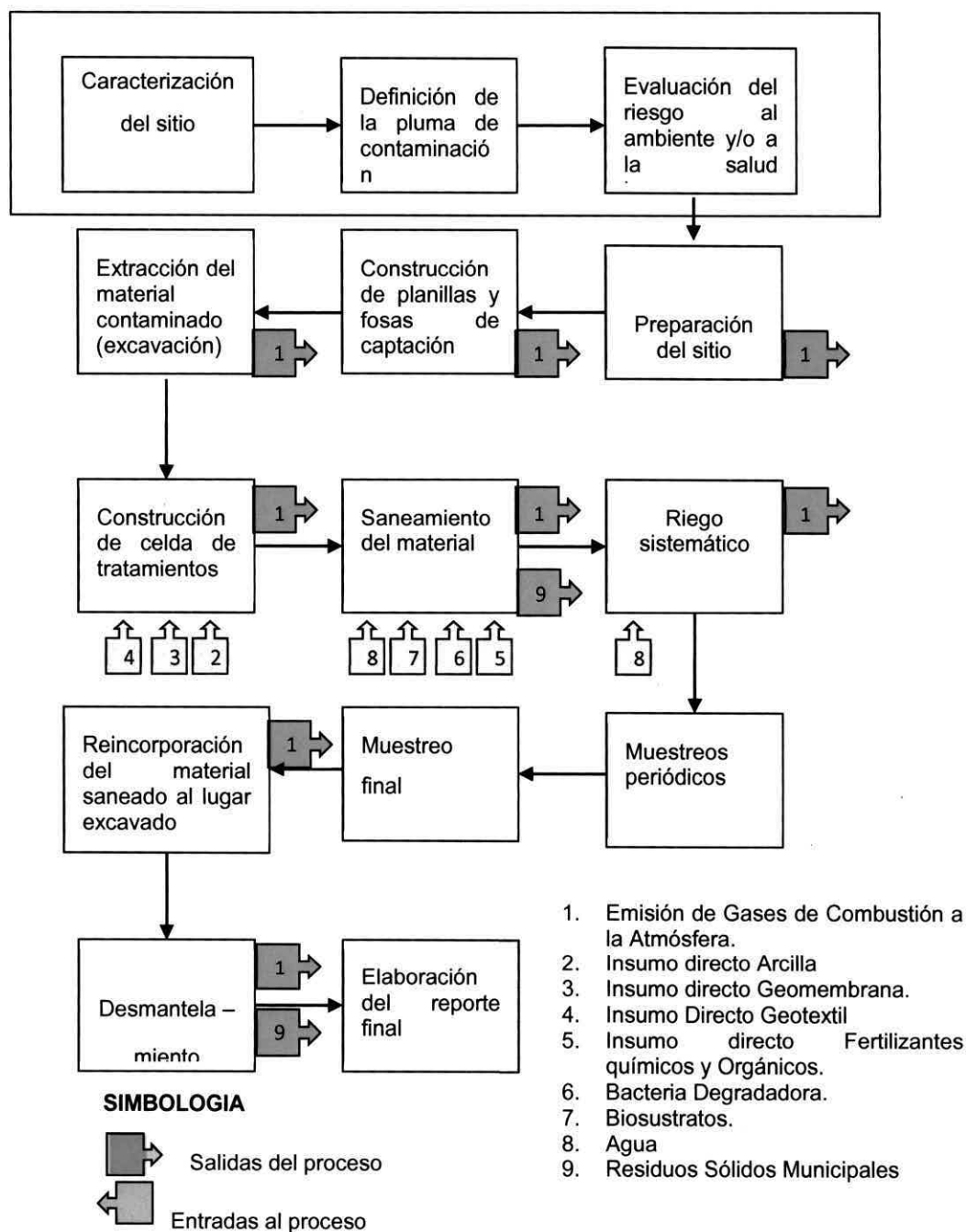
CARGA Y ACARREO DE MATERIAL TRATADO A ZONAS DE EXCAVACION

Una vez concluido el tratamiento del material contaminado se realizará el reingreso del material tratado al sitio de extracción en camiones de volteos de 14 m³, así como también del material sano extraído inicialmente de las excavaciones el cual se depositó en el área aledaña designada por la residencia. Se realizará el tendido y nivelado del mismo con maquinaria; incluyendo solo el primer kilómetro.

EXTENDIDO Y NIVELACION DE MATERIAL TRATADO, COMPACTACIÓN CON CONTROL DE LABORATORIO.

Se realizará el tendido y nivelado del mismo con maquinaria. Se compactara al 95% con prueba proctor.

Esquema del proceso



9. BIBLIOGRAFIA

Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. 2004. Guía para la interpretación de cartografía edafológica. INEGI, México.

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/edafo/Edafl.pdf

NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 2002.

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.

Ley General Del Equilibrio Ecológico Y La Protección Al Ambiente

Altamirano, M. G. 1999. Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Cátedra de Microbiología Ambiental. Instituto Universitario en Ciencias para la Salud. Universidad Nacional del Comahue, Neuquén.

Peña, C. E. y col. 2001. TOXICOLOGIA AMBIENTAL. Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Web-mail: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/c4-3-1-2.html>

Tecnologías de remediación para suelos contaminados / Tania Volke Sepúlveda y Juan Antonio Velasco México: INE-SEMARNAT, 2002, 64 pp.

López Ramos, E., 1979 Geología de México, 2a, edición. México, D. F Edición escolar, 3 volúmenes.

E. López Ramos., 1982 Geología de México Tomo II 3 a Edición

Rangin, C., 1978 Consideraciones sobre la evolución geológica de la parte septentrional de estado de Sonora, Instituto de Geología, UNAM.

CONTRATO No. 4500515630

PROGRAMA DE EJECUCION POR REMEDIACION LANDFARMING				
CONCEPTOS	DESCRIPCION	MESES		
No.		MES 1	MES 2	MES 3
1.00	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO			
2.00	COLOCACION Y DESMANTELAMIENTO DE CERCADO DE ALAMBRE DE PUAS CON POSTES DE MADERA ROLLIZA DE 4"Ø DE 2 MTS DE ALTURA (RENTA)			
3.00	CONSTRUCCIÓN DE CELDA DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE MATERIAL CONTAMINADO. INCLUYE DESMANTELAMIENTO AL FINAL DE LOS TRABAJOS.			
4.00	EXCAVACION CON MAQUINARIA DE MATERIAL CONTAMINADO (VOLUMEN MEDIDO EN BANCO) EN MATERIAL "B", PROFUNDIDAD DE 0.00M A 1.20 M. (POLIGONO ZONA 2)			
5.00	EXCAVACION CON MAQUINARIA DE MATERIAL CONTAMINADO (VOLUMEN MEDIDO EN BANCO) EN MATERIAL "B", PROFUNDIDAD DE 0.00 M A 2.40 M. (POLIGONO ZONA 1)			
6.00	CARGA DE MATERIAL CONTAMINADO CON AYUDA DE MAQUINARIA A LA CELDA DE TRATAMIENTO HASTA 1 KM.			
7.00	CARGA DE MATERIAL LIMPIO CON AYUDA DE MAQUINARIA A LA CELDA DE TRATAMIENTO HASTA 1 KM			
8.00	TRATAMIENTO DE MATERIAL CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS, MEDIANTE LA TÉCNICA DE BIORREMEDIACION			
9.00	MUESTREO FINAL PARA EL ANALISIS DE FONDO Y PAREDES DE EXCAVACIONES DONDE SE REALIZO LA EXTRACCION DE MATERIAL CONTAMINADO.			
10.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS FRACCION MEDIA.			
11.00	ANALISIS PARA HIDROCARBUROS HAP'S.			
12.00	ANALISIS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS			
13.00	CARGA Y ACARREO DE MATERIAL LIMPIO CON MAQUINARIA A ZONAS DE EXCAVACION.			
14.00	EXTENDIDO Y NIVELACION CON MAQUINARIA DE MATERIAL TRATADO, COMPACTACION CON CONTROL DE LABORATORIO. PRUEBA PROCTOR AL 80%.			

ANEXO V

MEMORIA

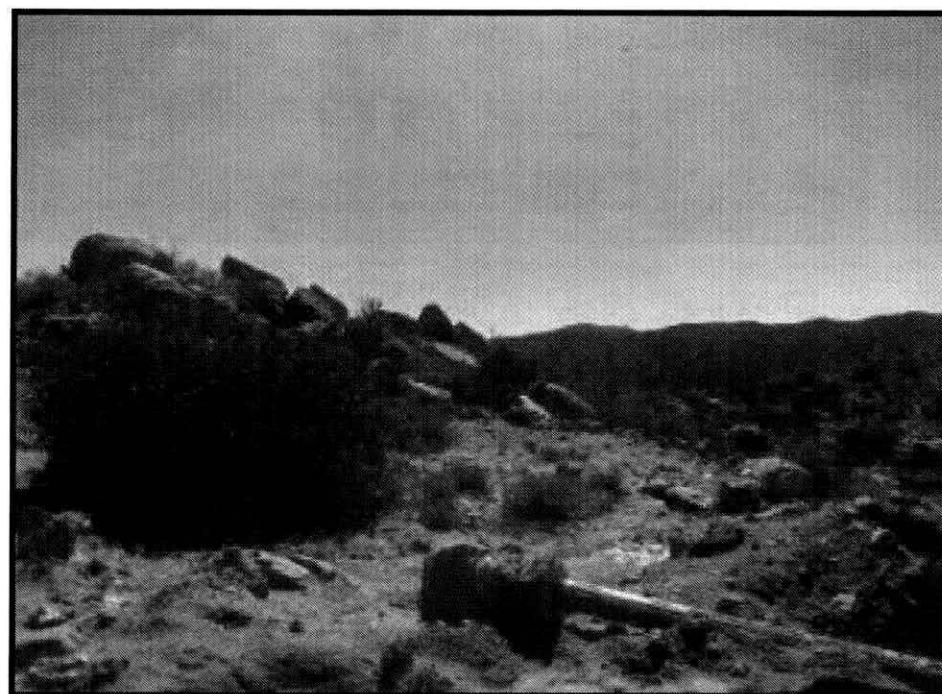
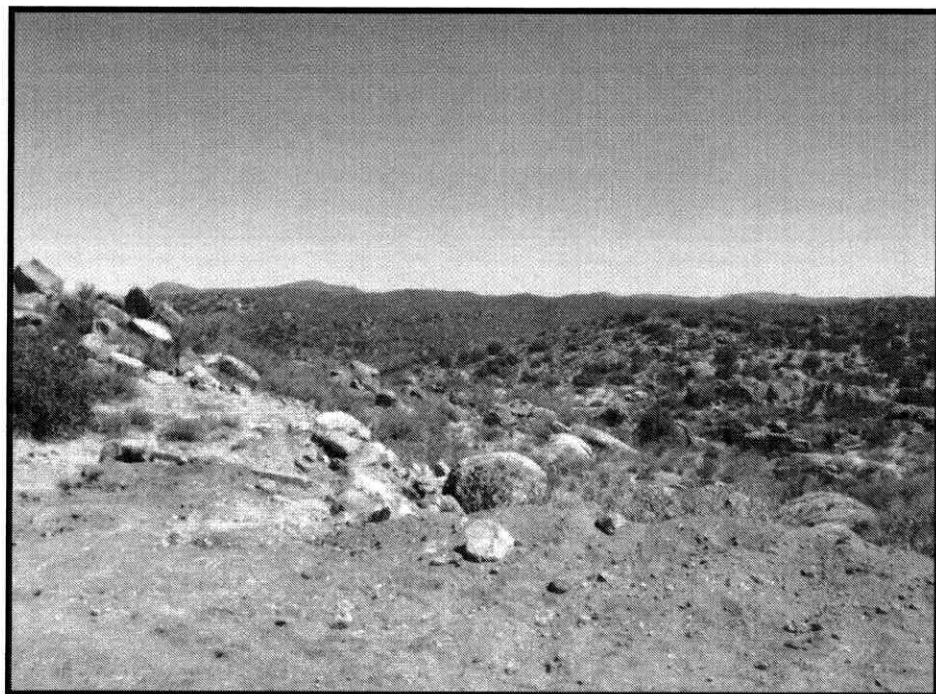
FOTOGRAFICA

DEL SITIO

CONTRATO No. 4500515630

MEMORIA FOTOGRAFICA DEL SITIO

CARACTERISTICAS DEL SITIO AFECTADO EN EL KM 95+003, DEL TRAMO ROSARITO-MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.



Vista panorámica del área del estudio de Caracterización correspondiente al Km 95+003, el área impactada se encuentra sobre el DDV de PEMEX en una zona rocosa, se nota suelo impregnado de hidrocarburo y remoción de suelo derivado de las reparaciones del ducto.

ANEXO VI

MEMORIA

FOTOGRAFICA

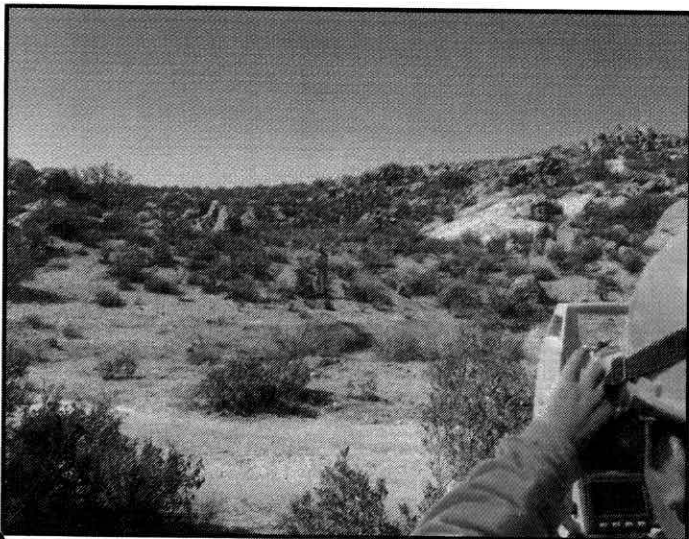
DE LOS TRABAJOS

EFFECTUADOS

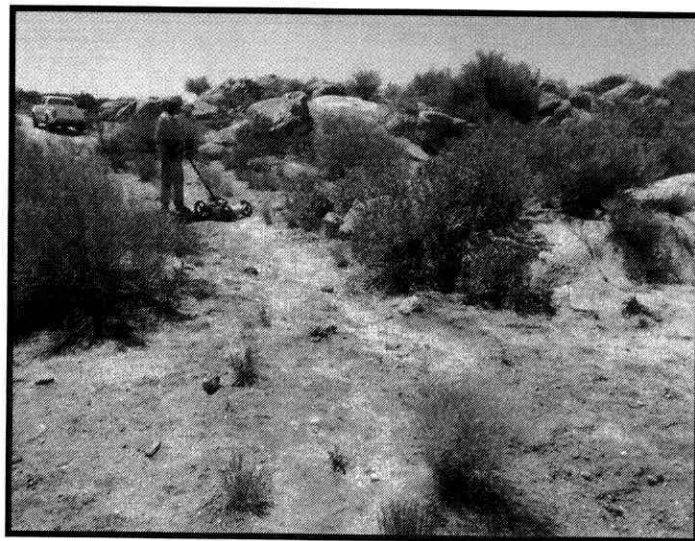
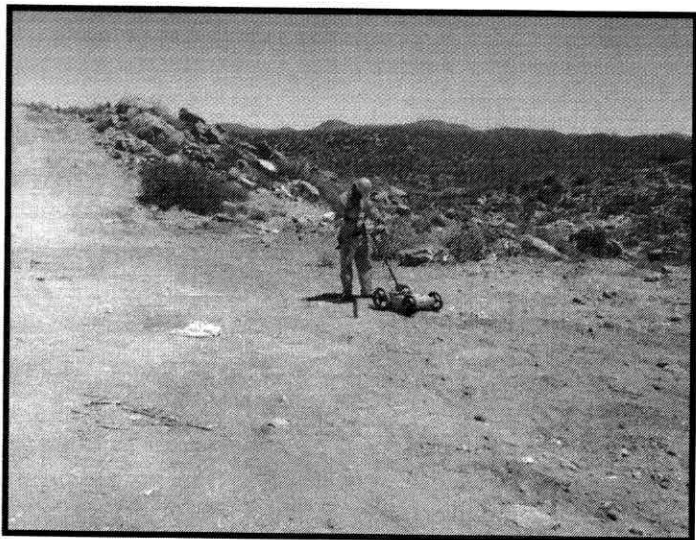
CONTRATO No. 4500515630

MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS.

Km 95+003 ROSARITO-MEXICALI, BAJA CALIFORNIA.

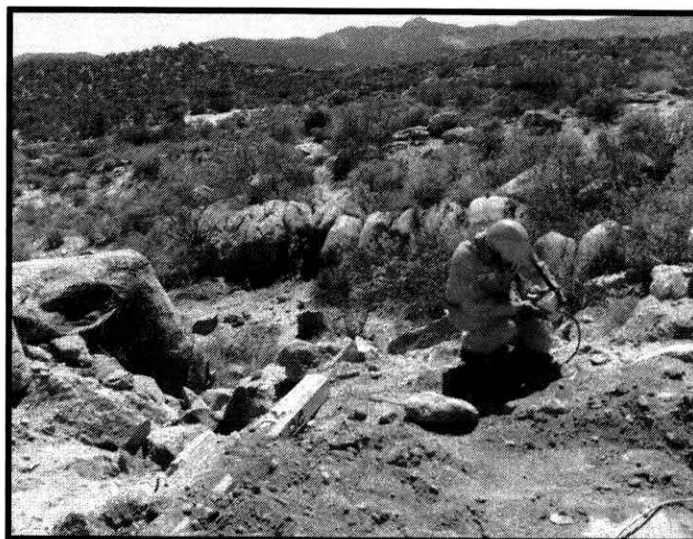


Reconocimiento y levantamiento topográfico en el área afectada correspondiente al Km 95+003.

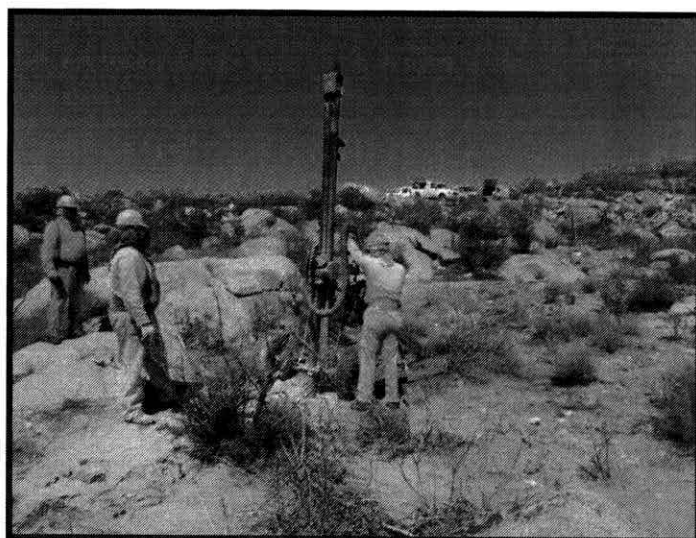
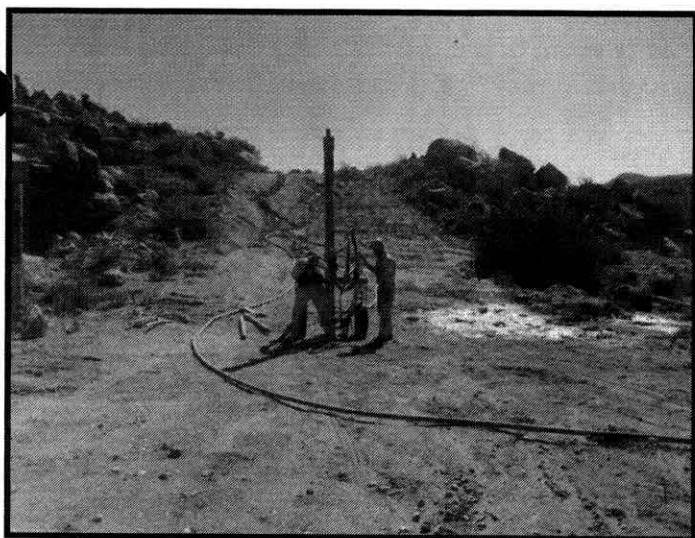


Toma de datos con equipo de Georadar (estudio Geológico), en el sitio perteneciente al Km 95+003.

CONTRATO No. 4500515630

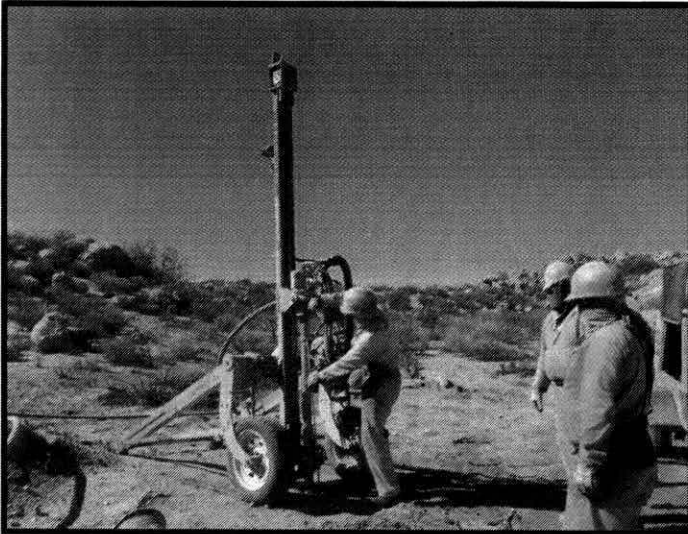


Toma de muestras, estudio gasométrico del sitio correspondiente al Km 95+003.

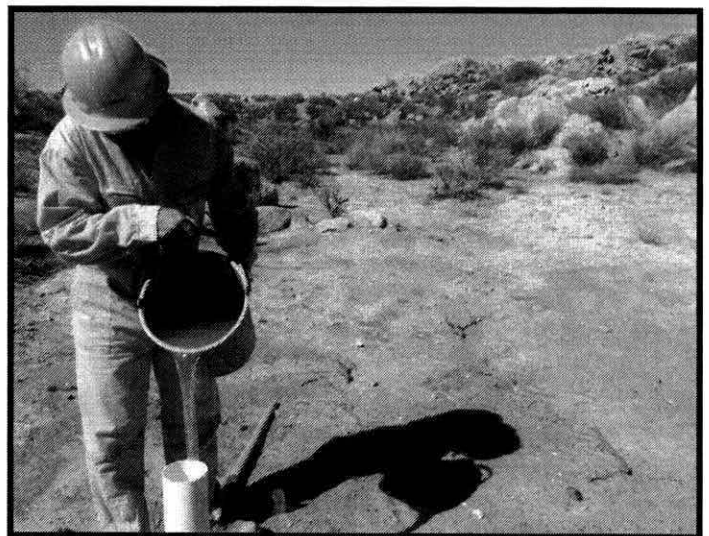
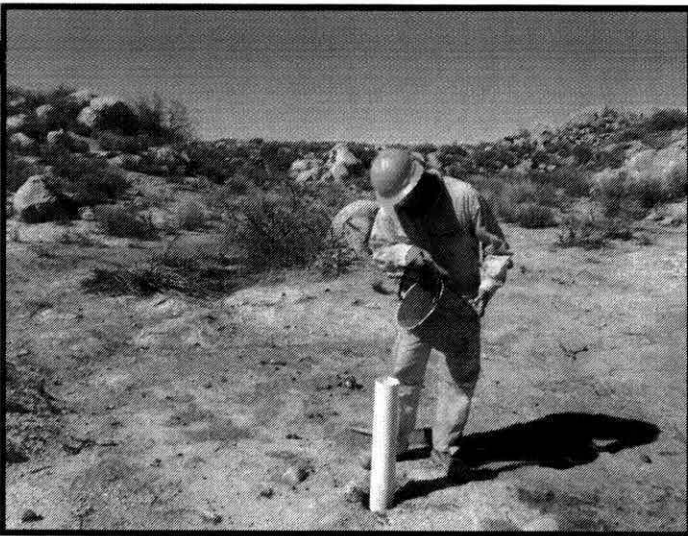


Perforación de pozos para la extracción de muestras de suelo contaminado en el sitio del Km 95+003.

CONTRATO No. 4500515630



Colecta, preservación y transporte de muestras de suelo contaminado por parte del equipo de laboratorio especializado, en el Km 95+003.



Prueba hidrogeológica en el sitio perteneciente al Km 95+003.

ANEXO VII

PLAN DE MUESTREO PARA VERIFICACION DE AVANCES DE REMEDIACIÓN

CONTRATO No. 4500515630

1. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL SITIO.

La contingencia se originó por una Toma Clandestina Descontrolada, el 17 de enero de 2012. (Figura 1).



Figura 1. Sitio de muestreo km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali.

La zona de estudio km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate B.C. se encuentra a una altitud de 958.39 msnm con coordenadas UTM, donde $X = 576636.5590$ $Y = 3602148.7810$.

El Municipio de Tecate se localiza al noroeste del Estado de Baja California y limita al norte con los Estados Unidos de América; al este con el Municipio de Mexicali; al oeste con el Municipio de Tijuana; y al sur con el Municipio de Ensenada. Sus coordenadas geográficas son 32°34' latitud norte y 116°38' de longitud oeste. (Figura 2).

CONTRATO No. 4500515630

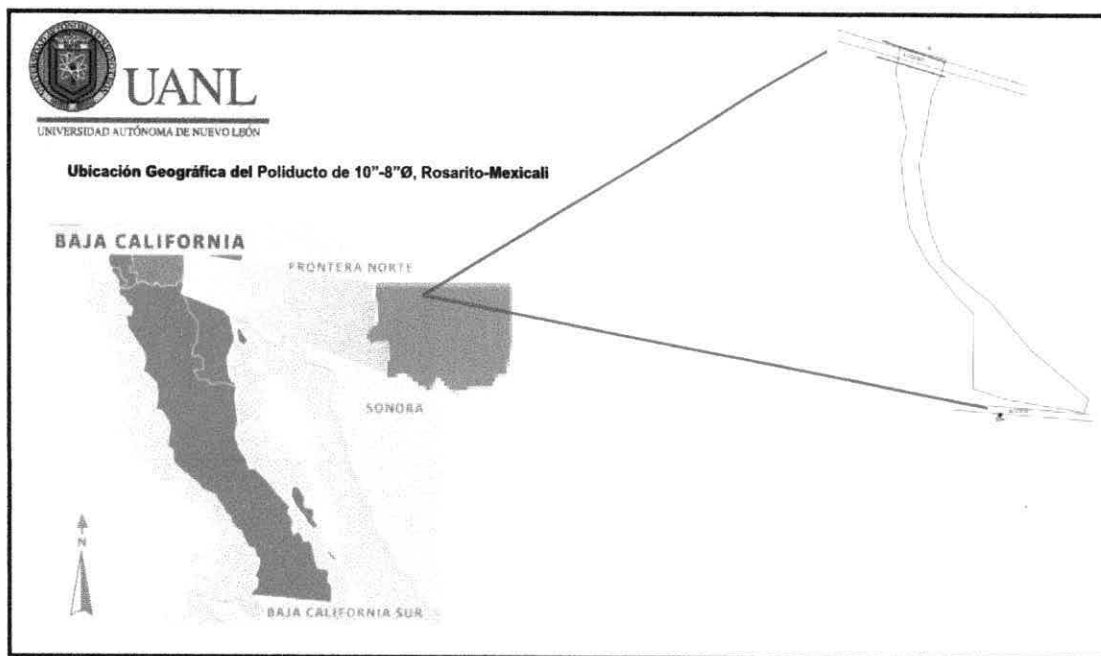


Figura 2. Localización del Polígono de Estudio.

En función a los resultados del estudio de caracterización y el balance de masa se observa lo siguiente: 1) los resultados analíticos dieron como resultado la presencia de hidrocarburos fracción Media (HFM) (el producto derramado fue PX-Diésel); 2) la contaminación se detectó de 0.0 m y hasta 2.40m de profundidad. 3) El área envolvente de la pluma contaminante fue de 1316.535 m² y el volumen de suelo afectado fue de 939.56 m³. 4) Durante los trabajos de caracterización no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

Los 939.56 m³. de suelo contaminado, serán saneados con base en Procesos autorizados por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT, tomando como referencia los lineamientos marcados en la 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.

2. OBJETIVOS DEL MUESTREO DE VERIFICACION.

- Realizar la toma de muestras de suelo en fondo y paredes, con ayuda de un analizador portátil Petroflag para verificar que se haya retirado todo el material contaminado del sitio afectado, y posteriormente realizar un Muestreo Final Comprobatorio con un laboratorio acreditado para la toma de muestras en fondo y paredes para comprobar que ya no existe contaminación en el sitio en base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

- Interpretar e identificar, con base en los resultados de los análisis con petroflag, la eficiencia del retiro en su totalidad del material contaminado del área afectada y para la toma de decisiones correctivas en caso de ser necesario.

3. ACTIVIDAD A REALIZAR.

Realizar el Muestreo de verificación con base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1, en excavaciones del material contaminado extraído (Fondo y Paredes) en el km 95+003 del Poliducto de 10"-8"Ø, Rosarito-Mexicali, Sector Ductos Rosarito, perteneciente al municipio de Tecate, Baja California, una vez concluidos los trabajos de remediación.

Se realizarán excavaciones en los sitios impactados y posteriormente se enviara a co-procesamiento el suelo impactado por hidrocarburo, se realizara en 1 mes de trabajo. El volumen total de suelo a remediar en la zona de estudio es de 939.56 m³, distribuido sobre una superficie de 1316.535 m².

Cuando se tenga la certeza con ayuda de un muestreo de verificación de que se han alcanzado concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se considerara realizar un "Muestreo Final Comprobatorio" con un laboratorio acreditado ante la EMA y aprobado por PROFEPA, en presencia de representantes de las autoridades ambientales y del personal de Pemex Refinación Ductos Pacifico.

4. SELECCIÓN DE PARÁMETROS A ANALIZAR.

Los parámetros a analizar en el "Muestreo de verificación" con base en el hidrocarburo derramado y detectado Px-Diesel, son Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Media y HAP's, de acuerdo a la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, considerando los Límites Máximos Permisibles tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1.- Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Uso de Suelo Agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.	
Parámetro	Límite Máximo Permissible (mg/kg) Uso de Suelo Agrícola
Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Media	1,200
Benzo(a) pireno 2	2
Dibenzo (a,h) antraceno 2	2
Benzo(a) antraceno 2	2
Benzo(b) fluorescente 2	2
Benzo(k) fluoranteno 8	8
Indo(1,2,3-cd) pireno 2	2

Las técnicas analíticas que se utilizarán para la determinación en el laboratorio de los parámetros anteriormente mencionados, corresponden a los enlistados en la tabla 2.

Tabla 2.- Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.	
Parámetro	Método Analítico
Hidrocarburos Fracción Media	NMX-AA-105-SCFI-2008
Bezo (a) pireno	NMX-AA-146-SCFI-2007

CONTRATO No. 4500515630

Tabla 2.- Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.	
Parámetro	Método Analítico
Dibenzo (a,h) antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Benzo (a) antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Benzo (b) fluoranteno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Benzo (k) fluoranteno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Lindeno (1,2,3-cd) pireno	NMX-AA-146-SCFI-2007

5. MUESTREO DE SUELO, NÚMERO DE PUNTOS Y PROFUNDIDADES DE MUESTREO.

El total de muestras para los polígonos se presenta en la Tabla 3, de acuerdo a lo establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y en base a la Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios.

Es importante mencionar que en los polígonos se realizara la extracción del suelo contaminado para ser remediado por Co-procesamiento, de esta manera el muestreo se realizará en fondo (superficial hasta 0.30 m) y paredes de la excavación presente.

Tabla 3. Puntos de muestreo, profundidades y número de muestras de suelo			
Descripción	Área m2	No. De Muestras	Duplicados
Polígono zona 1	1272.836	15 muestras de paredes y 4 de fondo	1
Polígono zona 2	43.899	4 muestras de paredes y 1 de fondo	1

El tipo de muestreo que se propone en la excavación del sitio es tipo sistemático y con la densidad de puntos propuesta permitirá tener un análisis a detalle para el polígono muestreado (Figura 3), y en su caso verificar la ausencia o presencia de impacto residual con un mayor nivel de confianza.

CONTRATO No. 4500515630

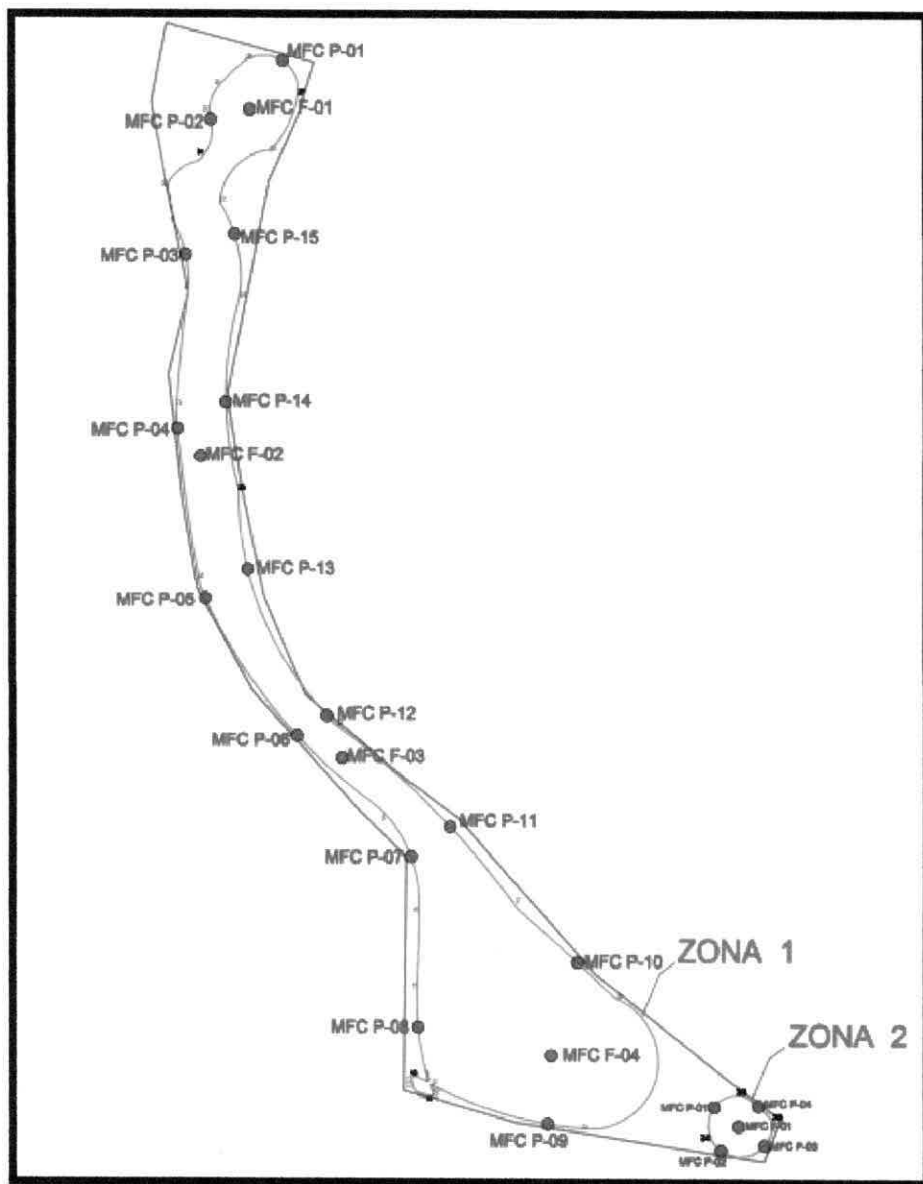


Figura 3. - Ubicación de los puntos de muestreo dentro del área de la pluma contaminante.

Se deberá elaborar un informe de resultados, incluyendo una curva de degradación, destacando el avance de la restauración, en cada periodo de evaluación. Cuando los resultados de los análisis realizados alcancen valores por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se habrá alcanzado los objetivos de saneamiento del suelo contaminado y se deberá programar de forma coordinada con la supervisión la notificación a la autoridad ambiental PROFEPA para la realización del Muestreo Final Comprobatorio.

6. TÉCNICA Y EQUIPO DE MUESTREO.

Se considera que el sitio en cuestión se encuentra dentro de la clasificación C o D según los estándares de la EPA/OSHA. Por lo tanto, se considera para la presente propuesta el empleo de equipo de protección personal Básico (casco, guantes, calzado de seguridad, traje tyvek/overol de algodón, lentes de seguridad y mascarillas para vapores orgánicos). En caso de encontrar algún ducto que no sea identificado y que pueda ser peligroso por parte de la supervisión, se suspenderán las actividades hasta que se considere que el sitio es seguro para poder laborar.

Una vez ubicados los puntos indicados, el muestreo se realizará con la ayuda de un equipo manual de acero inoxidable (hand auger) de 1.20 m de longitud y de un bote con diámetro de 2" se recupera la muestra y extensiones si es necesario para mayor profundidad (Figura 4). El procedimiento para la toma de muestra fue hincar el hand auger hasta la profundidad establecida. Antes de tomar la muestra, el muestreador o hand auger se lava con agua desionizada, jabón libre de fosfatos y alcohol isopropílico.

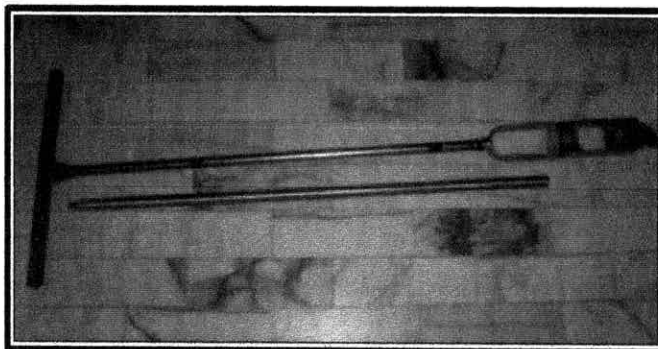


Figura 4. Muestreador de suelo Hand auger.

7. PERSONAL INVOLUCRADO Y RESPONSABILIDADES.

El grupo de trabajo para la realización del Muestreo de Evaluación de Avances del Tratamiento, estará conformado por el siguiente personal:

- 1 Superintendente de Construcción (Responsable de la Obra)
- 1 Ayudante de Ingeniero
- 2 Ayudantes generales
- 1 Operador de Equipo de Perforación
- 1 Técnico Laboratorista

8. PERIODO DE REALIZACIÓN

Se tiene programado que los trabajos de muestreo se desarrollen durante 1 día hábil, Considerando una brigada de trabajo del personal de laboratorio y personal de campo.

El programa de trabajo propuesto para el desarrollo de los trabajos del "muestreo de verificación" se presenta en la tabla 4.

CONTRATO No. 4500515630

Tabla 4. Puntos de muestreo, profundidades y número de muestras de suelo.

DÍAS	ZONA DE MUESTREO	PUNTOS A MUESTREAR
1	POLIGONO ZONA 1 EXCAVACION (FONDO Y PAREDES)	15 MUESTRAS DE PAREDES Y 4 DE FONDO
	POLIGONO ZONA 2 EXCAVACION (FONDO Y PAREDES)	4 MUESTRAS DE PAREDES Y 1 DE FONDO
No. TOTAL DE MUESTRAS		24 MUESTRAS

ANEXO VIII

PLAN DE MUESTREO FINAL COMPROBATORIO.

1. INTRODUCCION.

El Muestreo Final Comprobatorio (MFC) es una figura jurídica relativamente nueva en la legislación ambiental mexicana. Con la entrada en vigor de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en 2004 y la entrada en vigor al inicio de 2007 de su Reglamento se cuenta ahora con la base legal para su aplicación en el marco de la ejecución de un programa de remediación.

El Muestreo en materia de sitios contaminados es un instrumento técnico a través del cual se determina el grado de contaminación de un material. Este instrumento de investigación está señalado en dos sitios en el Reglamento de la LGPGIR.

Se le menciona en primer lugar como parte del Estudio de Caracterización de un sitio contaminado y tiene la finalidad de establecer el grado y extensión de contaminación, por lo tanto el muestreo de caracterización al inicio del proceso de la elaboración del programa de la remediación tiene como finalidad determinar cuál es la extensión y alcance de la responsabilidad y en consecuencia de ello determinar el área y volumen de materiales a remediar.

El Muestreo Final Confirmatorio (MFC) es aquel que se realiza al término del proceso de remediación y tiene como finalidad el determinar si se han alcanzado las concentraciones, niveles, límites o parámetros señalados en las normas oficiales mexicanas aplicables o en su caso, los niveles de remediación determinados con base en el estudio de evaluación de riesgo ambiental (Artículo 150 fracción III del RLPGIR) y que no representan un riesgo a la salud o al ambiente. Es por ello que el Muestreo Final Comprobatorio (MFC) es un muestreo que se realiza con la finalidad de determinar si el material ha quedado "limpio", o no.

Dentro del procedimiento general de la remediación de un sitio, descrito en el Reglamento de la LGPGIR, el Muestreo Final Comprobatorio (MFC) funciona como un "control de salida o de terminación" de la responsabilidad y está asociado al denominado Aviso de Conclusión del Programa de Remediación del Sitio.

Es con base en los resultados del Muestreo Final Comprobatorio (MFC) que se determina por parte de la autoridad competente en la materia, si pueden darse por concluidas las acciones de remediación o no. El criterio que se aplica en ello es la comparación de los resultados de los análisis químicos practicados a las muestras del material en remediación contra los Niveles de Remediación previamente autorizados.

2. OBJETIVOS DEL MUESTREO FINAL COMPROBATORIO (MFC).

- ✓ El Muestreo Final Comprobatorio (MFC) tendrá como objetivo el determinar si el material contaminado (el suelo) presenta concentraciones de contaminantes por arriba o por debajo de los Niveles de Remediación previamente autorizados, entendiendo por Niveles de Remediación los Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación (NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012).
- ✓ Los resultados de un Muestreo Final Comprobatorio (MFC) serán la base material para la toma de decisiones acerca del cumplimiento de la remediación con una certidumbre aceptable. Los objetivos de cumplimiento de la remediación en el sitio se integran a partir de

CONTRATO No. 4500515630

la definición de la cantidad total de suelo en evaluación de cumplimiento, la especificación de contaminantes a evaluarse (Fracción Media y HAP's), el establecimiento de los niveles de remediación (limpieza) a cumplirse en base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

3. ACTIVIDAD A REALIZAR.

Realizar el Muestreo Final Comprobatorio (MFC) con base a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y a la Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios de SEMARNAT, en excavaciones del material contaminado extraído (Fondo y Paredes) en el km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate B.C., una vez concluidos los trabajos de remediación.

4. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL SITIO.

La contingencia se originó por una Toma Clandestina Descontrolada, el 17 de enero de 2012. (Figura 1).



Figura 1. Sitio de muestreo km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali.

La zona de estudio km 95+003 del DDV poliducto de 10"-8"Ø Rosarito-Mexicali, ubicado en el municipio de Tecate B.C. se encuentra a una altitud de 958.39 msnm con coordenadas UTM, donde X = 576636.5590 Y = 3602148.7810.

El Municipio de Tecate se localiza al noroeste del Estado de Baja California y limita al norte con los Estados Unidos de América; al este con el Municipio de Mexicali; al oeste con el Municipio de Tijuana;



"ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE SITIOS IMPACTADOS CON HIDROCARBUROS, DERIVADOS DE DERRAMES POR TOMAS CLANDESTINAS EN LOS DERECHOS DE VÍA DE LOS SECTORES DE ROSARITO, GUAYMAS Y TOPOLOBAMPO ADSCRITOS A LA SUPERINTENDENCIA DE TRANSPORTE POR DUCTO PACÍFICO".
CONVENIO ESPECIFICO No. PXR-SO-SCAR-SUD-GTD-E-35-14.



CONTRATO No. 4500515630

y al sur con el Municipio de Ensenada. Sus coordenadas geográficas son 32°34' latitud norte y 116°38' de longitud oeste. (Figura 2).

CONTRATO No. 4500515630

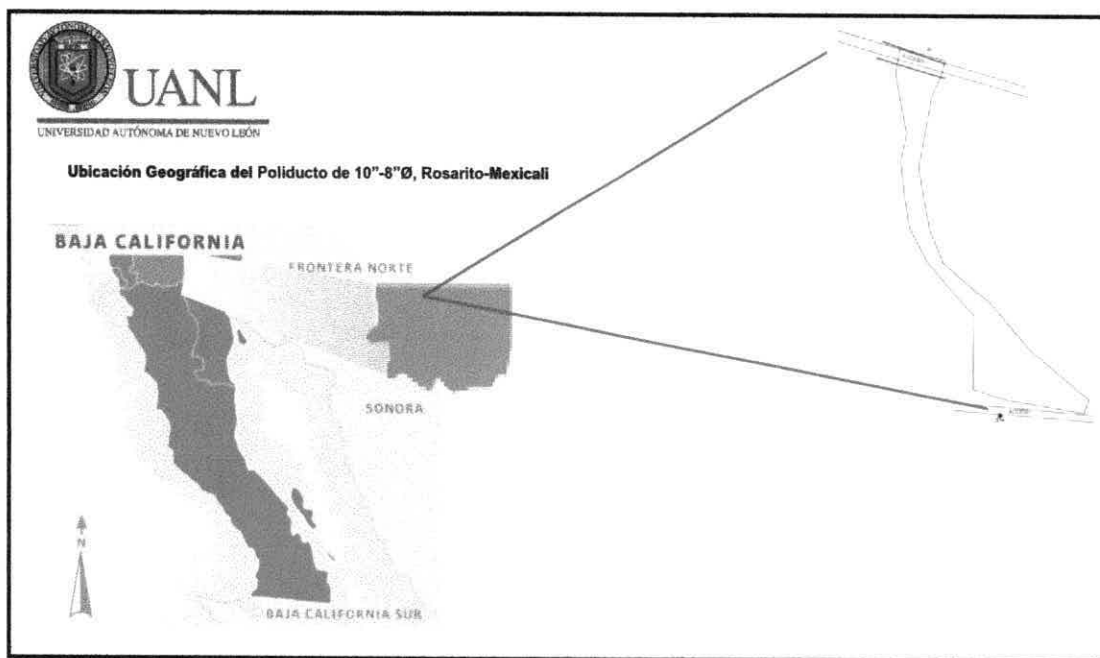


Figura 2. Localización del Polígono de Estudio.

En función a los resultados del estudio de caracterización y el balance de masa se observa lo siguiente: 1) los resultados analíticos dieron como resultado la presencia de hidrocarburos fracción Media (HFM) (el producto derramado fue PX-Diésel); 2) la contaminación se detectó de 0.0 m y hasta 2.40m de profundidad. 3) El área envolvente de la pluma contaminante fue de 1316.535 m² y el volumen de suelo afectado fue de 939.56 m³. 4) Durante los trabajos de caracterización no se localizaron cuerpos de agua cercanos, que pudieran haber sido afectados. Todo esto apoyado mediante las lecturas de radar como parte del método geofísico y las perforaciones realizadas durante el muestreo del área, sin encontrar ningún manto freático somero. Por tal motivo no fue necesario notificarle a la autoridad ambiental CNA (Comisión Nacional del Agua).

Los 939.56 m³. de suelo contaminado, serán saneados con base en Procesos autorizados por la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas de la SEMARNAT, tomando como referencia los lineamientos marcados en la 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.

Se realizaran excavaciones en los sitios impactados y posteriormente enviar a co-procesamiento el suelo impactado por hidrocarburo, se realizara en 1 mes de trabajo. El volumen total de suelo a remediar en la zona de estudio es de 939.56 m³, distribuido sobre una superficie de 1316.535 m².

Cuando se tenga la certeza de que se han alcanzado concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, se considerara realizar un "Muestreo Final Comprobatorio" con un laboratorio acreditado ante la EMA y PROFEPA, en presencia de representantes de las autoridades ambientales y del personal de Pemex Refinación Ductos Pacifico.

CONTRATO No. 4500515630

La intención de programar y realizar un "Muestreo Final Comprobatorio", es solicitar a las autoridades ambientales correspondientes, su presencia en el sitio de trabajo antes mencionado, para que verifique la toma de muestras de suelo, en las excavaciones (Fondo y Paredes) de donde se extrajo el material contaminado completo, su envío al laboratorio certificado ante la EMA y aprobado por PROFEPA para ser analizadas de acuerdo a normatividad, para corroborar que en las excavaciones después de haber retirado todo el material contaminado por completo, estarán libres de contaminantes o por debajo de los límites máximos establecidos en la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

Si los resultados de los análisis de laboratorio, muestran que en el fondo y las paredes de la excavación no se encuentra contaminación o las concentraciones en los parámetros están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, entonces se considerará que los trabajos de saneamiento han concluido exitosamente, una vez que se haya removido todo el volumen de suelo por encima de los niveles de limpieza, será sustituido por suelo limpio de la zona con propiedades similares a las del sitio, comprobándose esto mediante análisis de laboratorio fisicoquímicos y microbiológicos, para no alterar la microbiota del sitio. El sustituir el material contaminado enviado a Co-procesamiento, por material limpio con características similares al

5. SELECCIÓN DE PARÁMETROS A ANALIZAR.

Los parámetros a analizar en el "Muestreo Final Comprobatorio" con base en el hidrocarburo derramado y detectado Px-Diesel, son Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Media y HAP's, de acuerdo a la Norma NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012, considerando los Límites Máximos Permisibles tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 1.- Parámetros y Límites Máximos Permisibles para Uso de Suelo Agrícola de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.	
Parámetro	Límite Máximo Permissible (mg/kg) Uso de Suelo Agrícola
Hidrocarburos Totales del Petróleo Fracción Media	1,200
Benzo(a) pireno 2	2
Dibenzo (a,h) antraceno 2	2
Benzo(a) antraceno 2	2
Benzo(b) fluorenteno 2	2
Benzo(k) fluoranteno 8	8
Indo(1,2,3-cd) pireno 2	2

Las técnicas analíticas que se utilizarán para la determinación en el laboratorio de los parámetros anteriormente mencionados, corresponden a los enlistados en la tabla 2.

Tabla 2.- Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.	
Parámetro	Método Analítico
Hidrocarburos Fracción Media	NMX-AA-105-SCFI-2008
Bezo (a) pireno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Dibenzo (a,h) antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2007

CONTRATO No. 4500515630

Tabla 2.- Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de acuerdo a la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.	
Parámetro	Método Analítico
Benzo (a) antraceno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Benzo (b) fluoranteno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Benzo (k) fluoranteno	NMX-AA-146-SCFI-2007
Lindeno (1,2,3-cd) pireno	NMX-AA-146-SCFI-2007

1. MUESTREO DE SUELO, NÚMERO DE PUNTOS Y PROFUNDIDADES DE MUESTREO.

El total de muestras para los polígonos se presenta en la Tabla 3, de acuerdo a lo establecido por la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012 y en base a la Guía Técnica de Orientación para la Planeación y Realización de Muestreos Finales Comprobatorios.

Es importante mencionar que en los polígonos se realizara la extracción del suelo contaminado para ser remediado por Co-procesamiento, de esta manera el muestreo se realizará en fondo (superficial hasta 0.30 m) y paredes de la excavación presente.

Tabla 3. Puntos de muestreo, profundidades y número de muestras de suelo			
Descripción	Área m2	No. De Muestras	Duplicados
Polígono zona 1	1272.836	15 muestras de paredes y 4 de fondo	1
Polígono zona 2	43.899	4 muestras de paredes y 1 de fondo	1

El tipo de muestreo que se propone en la excavación del sitio es tipo sistemático y con la densidad de puntos propuesta permitirá tener un análisis a detalle para el polígono muestreado (Figura 3), y en su caso verificar la ausencia o presencia de impacto residual con un mayor nivel de confianza.

800.79 m³
 Bunker - 3 de fondo
 2/50 - 3 de fondo
 1 m cada

CONTRATO No. 4500515630

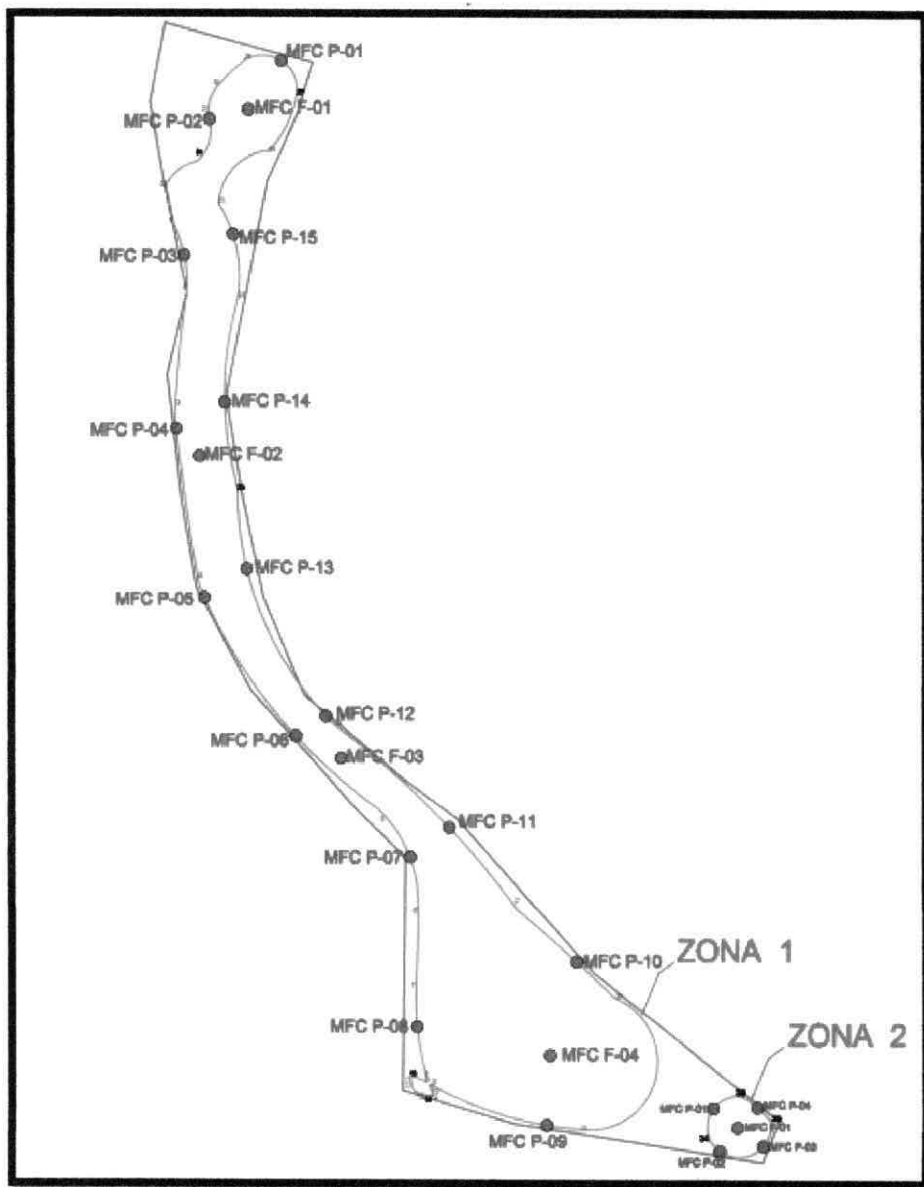


Figura 3. - Ubicación de los puntos de muestreo dentro del área de la pluma contaminante.

2. TÉCNICA Y EQUIPO DE MUESTREO.

Se considera que el sitio en cuestión se encuentra dentro de la clasificación C o D según los estándares de la EPA/OSHA. Por lo tanto, se considera para la presente propuesta el empleo de equipo de protección personal Básico (casco, guantes, calzado de seguridad, traje tyvek/overol de algodón, lentes de seguridad y mascarillas para vapores orgánicos). En caso de encontrar algún ducto que no sea identificado y que pueda ser peligroso por parte de la supervisión, se suspenderán las actividades hasta que se considere que el sitio es seguro para poder laborar.

Una vez ubicados los puntos indicados, el muestreo se realizará con la ayuda de un equipo manual de acero inoxidable (hand auger) de 1.20 m de longitud y de un bote con diámetro de 2" se recupera la muestra y extensiones si es necesario para mayor profundidad (Figura 4). El procedimiento para la toma de muestra fue hincar el hand auger hasta la profundidad establecida. Antes de tomar la muestra, el muestreador o hand auger se lava con agua desionizada, jabón libre de fosfatos y alcohol isopropílico.

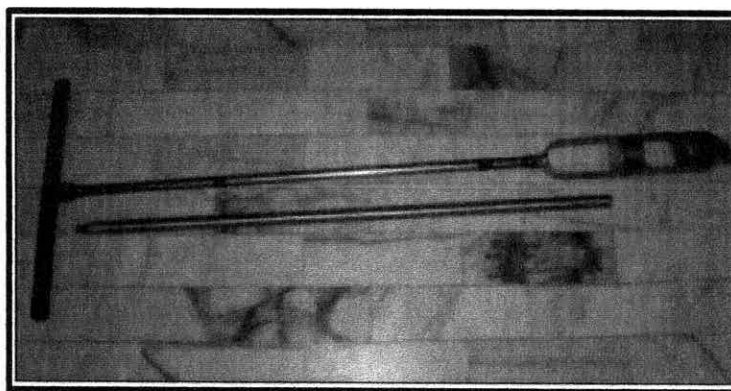


Figura 4. Muestreador de suelo Hand auger.

Para la colección de muestras de suelo a los intervalos definidos se usará un sistema de muestreo en cartucho de PVC de 2" (liner) (Figura 5). Es necesario mencionar que este método de obtención de muestra es el más indicado para el manejo de muestras ambientales, ya que minimiza la contaminación cruzada. Para el caso de las zonas en donde la presencia de material consolidado o rocas no permitan el uso de cartuchos de PVC, se emplearán frascos de vidrio de 250 ml.

CONTRATO No. 4500515630



Figura 5. Toma de muestra con equipo manual en cartucho de PVC.

3. ENVASADO, ETIQUETADO Y PRESERVACION DE LAS MUESTRAS.

Al tomar la muestra, los cartuchos de PVC o frascos serán sellados de manera inmediata. Los equipos de Barrenación (brocas, tubos partidos, etc) serán lavados entre puntos de perforación, para evitar contaminación cruzada. Para ello se empleará agua y detergente libre de fosfatos (alconox).

Así mismo, todos los cartuchos de PVC y frascos serán identificados en campo con marcador indeleble, con una nomenclatura compuesta por el polígono de caracterización a las muestras de fondo, paredes y la identificación para las muestra que se tomaran en la celda de tratamiento, se identificara del punto y la profundidad de muestreo, así como la hora de la toma de la muestra.

La colecta y envasado de muestras se llevara a cabo por personal acreditado para dicha actividad ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Se obtendrán muestras simples del suelo de acuerdo a los criterios de colección y transporte establecidos por la NOM-138-Semarnat-SSA1-2012 para el análisis de los distintos parámetros en este caso fracción media y HAP's.

A cada tubo de PVC o frasco, se le colocara una etiqueta conteniendo los siguientes datos:

- Identificación de la muestra.
- Fecha y hora de muestreo.
- Quien toma la muestra.
- Sitio de muestreo.
- Parámetros a analizar.
- Tipo de conservación, si así lo requiere.

Enseguida se colocara un sello de custodia para asegurar la inviolabilidad de la muestra. La toma de las muestras se registrara en cadenas de custodia y hojas de campo por parte del laboratorio acreditado.

Las muestras envasadas se mantendrán en refrigeración a una temperatura de aproximadamente 4°C con hielo para su preservación durante su traslado al laboratorio en donde se efectuarían los

CONTRATO No. 4500515630

análisis y respetando la caducidad de las muestras, que en este caso será de hasta 14 días que es el tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro, de acuerdo a la tabla No. 5 (recipientes para las muestras, temperaturas de preservación y tiempo máximo de conservación por tipo de parámetro) de la NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012.

4. PERSONAL INVOLUCRADO Y RESPONSABILIDADES.

PERSONAL	RESPONSABILIDAD
Responsable Técnico	Responsable técnico de los trabajos por parte de la Institución y/o compañía. Firmará minutas y cadenas de custodia por parte de la Institución y/o compañía.
Supervisor de campo	Supervisor de campo por parte de la Institución y/o compañía. Verificará la correcta ejecución de las actividades de envasado y preservación de las muestras, con apego a lo estipulado en el plan de muestreo. Llevará el registro fotográfico de las muestras envasadas. Así mismo, verificará la correcta ejecución de las actividades de perforación y toma de muestra, con apego a lo estipulado en el plan de muestreo.
Supervisor de PEMEX	Supervisor de los trabajos por parte de Pemex-Refinación. Verificará la correcta ejecución de los trabajos en general, con apego al plan de muestreo. Validará los trabajos del día con la firma de la minuta de trabajo correspondiente.
Técnico de Muestreo Acreditado	Técnico de muestreo acreditado. Colectará las muestras en campo y las trasladará al laboratorio para su envasado, etiquetado y preservado con base a lo estipulado en el plan de muestreo. Llenará las hojas de custodia correspondientes a los trabajos realizados y les presentará para firma por parte de los responsables de campo Institución y/o compañía y el personal de PROFEPA.

5. PERIODO DE REALIZACIÓN

Se tiene programado que los trabajos de muestreo se desarrollen durante 1 día hábil, Considerando una brigada de trabajo del personal de laboratorio y personal de campo.

El programa de trabajo propuesto para el desarrollo de los trabajos del "Muestreo Final Comprobatorio" se presenta en la tabla 4.

CONTRATO No. 4500515630

Tabla 4. Puntos de muestreo, profundidades y número de muestras de suelo.

DÍAS	ZONA DE MUESTREO	PUNTOS A MUESTREAR
1	POLIGONO ZONA 1 EXCAVACION (FONDO Y PAREDES)	15 MUESTRAS DE PAREDES Y 4 DE FONDO
	POLIGONO ZONA 2 EXCAVACION (FONDO Y PAREDES)	4 MUESTRAS DE PAREDES Y 1 DE FONDO
No. TOTAL DE MUESTRAS		24 MUESTRAS