



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
“ARQ. GUILLERMO CUBILLO RENELLA”

MAESTRÍA EN IMPACTOS AMBIENTALES

“TRABAJO DE TITULACIÓN ESPECIAL” PARA LA OBTENCIÓN
DEL GRADO DE MAGISTER EN IMPACTOS AMBIENTALES”

TEMA

**Guía técnica para la estimación de impactos ambientales
producidos por fugas de combustibles en las gasolineras**

AUTOR: Ing. Miguel Ángel Paredes Menéndez

TUTOR: Ing. Nelson Olaya Yagual, M. Sc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

Septiembre, 2016



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO: ESTUDIO DE CASO, TITULACIÓN ESPECIAL

TÍTULO: “GUÍA TÉCNICA PARA LA ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR FUGAS DE COMBUSTIBLES EN LAS GASOLINERAS”.

AUTOR/ES: Ing. Miguel Ángel Menéndez

REVISORES: Ing. Nelson Olaya, M.Sc. y
Dra. Alexandra Quesada Delgado
Arq. Dolores Chica

INSTITUCIÓN: Universidad de
Guayaquil.

FACULTAD: Arquitectura y Urbanismo.

PROGRAMA: Maestría en Estudios de Impacto Ambiental.

FECHA DE PUBLICACIÓN: septiembre
de 2016.

No. DE PÁGS: 80

ÁREA TEMÁTICA: Impactos ambientales producidos por las fugas de combustibles en las gasolineras.

PALABRAS CLAVE: Impacto ambiental, fugas de combustibles, modelo conceptual o norma ASTM 1739 RBCA, gasolineras.

RESUMEN:

En el Ecuador hay aproximadamente 1.077 gasolineras y estaciones de servicio que operan en la distribución de combustible al segmento automotriz; estas gasolineras, por fallas en el diseño, la construcción u operación, como los casos de rotura de tanques y de tuberías subterráneas con problemas de corrosión; errores de instalación u operación de los mismos, que producen sobrellenados en los tanques, pueden presentar derrame o fugas de combustible al ambiente, impactando negativamente al suelo y las aguas subterráneas, como los casos mencionados en esta investigación. El objetivo principal es establecer lineamientos de estimación de los impactos ambientales negativos producidos por los manejos inadecuados de los combustibles en las gasolineras en el Ecuador, que permitan implementar controles institucionales para la conservación del aire, suelo y agua de los sitios y/o ubicaciones donde las gasolineras operan.

El marco metodológico se desarrolló bajo una combinación de modalidades, como la aplicación de los métodos: descriptivo, exploratorio y explicativo, que abarca un enfoque cualitativo de los procesos, mecanismos que ocurren cuando se produce una fuga de combustible en las gasolineras; para lo cual se revisó la bibliografía, especialmente la norma ASTM1739 RBCA, para luego hacer una adecuación de los conceptos de la misma

para su aplicabilidad al contexto ecuatoriano, tomando en cuenta las limitaciones tecnológicas, geográficas e institucionales. A su vez se realizó la investigación de campo en la gasolinera Galpones, para obtener un diagnóstico del problema de las fugas de combustibles, estimando sus impactos ambientales negativos, mediante el uso de un modelo conceptual propuesto, usando un enfoque cualitativo en el problema presentado.

Luego del análisis de la norma mencionada, se propuso una guía técnica de estimación de los impactos ambientales de las fugas de combustibles, llegándose a la conclusión, que adecuándola a la realidad ecuatoriana, direcciona los recursos, humano, financieros y de tiempo, aumentando la rapidez de la respuesta de mitigación y recuperación de los sitios afectados. Adicionalmente, ayuda a los técnicos en los procesos de comercialización y migración de los combustibles, y a las autoridades para que mejoren la prevención de fugas, implementando los controles efectivos.

N° DE REGISTRO (en base de datos):	N° DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (estudio de caso en la web):		
ADJUNTO URL (estudio de caso en la web):		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre:	
	Teléfono:	

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Por este medio hago de su conocimiento que he asesorado, revisado y aprobado la tesis de grado presentada por el **Ing Miguel Ángel Paredes Menéndez**, con cédula de identidad 0910305929, salvo el mejor criterio del Tribunal, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Impacto Ambiental.

TEMA:

Guía técnica para la estimación de impactos ambientales producidos por fugas de combustibles en las gasolineras.

Ing. Nelson Olaya Yagual, M. Sc.
Tutor de Tesis

Guayaquil, septiembre de 2016

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”.

Ing. Miguel Ángel Paredes Menéndez
C.I.: 0910305929

CERTIFICACIÓN DEL GRAMÁTÓLOGO

Galo Palacios T., Magister en Docencia Universitaria, con el registro del SENESCYT No. 1005-10-715099, por medio del presente tengo a bien **CERTIFICAR**: Que he revisado la redacción, estilo y ortografía de la Tesis de Grado elaborada por el **Ing. Miguel Ángel Paredes Menéndez**, con C.I. 0910305929, previo a la obtención del Título de **Magister en Estudios de Impacto Ambiental**; TEMA DE TESIS: **“GUÍA TÉCNICA PARA LA ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR FUGAS DE COMBUSTIBLES EN LAS GASOLINERAS”**.

Trabajo de Investigación que ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y de sintaxis vigentes.

Galo Alejandro Palacios T.

C.I. 170776820-4

NÚMERO DE REGISTRO: 1005-10-715099

NÚMERO DE TELÉFONO FIJO Y CELULAR: 0999477195

CORREO: galopalacios78@gmail.com

Guayaquil, lunes 26 de septiembre de 2016

ACTA DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

El TRIBUNAL EXAMINADOR, previo la obtención del título de: MAGÍSTER, otorga al presente proyecto las siguientes calificaciones:

TOTAL:.....()

EQUIVALENTE:.....()

.....
Arq. Luis Sagubay
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Arq. Dolores Chica, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
Dra. Alexandra Quesada
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A mis padres, **Vicente y Elsa**, modelos de esfuerzo y estímulo en mi vida, para ellos este trabajo con cariño y respeto.

A mis hermanas, **Guadalupe y Lissety**, por ser orientadoras y ejemplos de estudio y abnegación.

A mi esposa **Polly** e hijos **Miguel André y María de los Ángeles**, motivadores de seguir adelante en el esfuerzo de ser mejor cada día.

Ing. Miguel Paredes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a **Dios**, Supremo arquitecto creador del universo.

A la **Facultad de Arquitectura** de la Universidad de Guayaquil, por la oportunidad de superación personal que me ha brindado.

A todas aquellas **Personas**, que con sus gestos y palabras de estímulo y afecto, me motivaron a seguir en el camino a la culminación de mis metas.

Ing. Miguel Paredes.

ABREVIATURAS

- ASTM:** American Society for Testing and Material.
- ASTM 1739 RBCA:** *Risk –Based Corrective Action Applied at Petroleum Release*
(Acciones Correctivas Basadas en Riesgo en Sitios con Fuga de Petróleo).
- EPA:** Agencia de Protección del Medio Ambiente.
- BTEX:** benceno, tolueno, etilbenceno y xileno.
- HAP:** Hidrocarburo anillo de petróleo
- MSNM:** metros sobre el nivel del mar
- PM:** perforación de muestreo
- RAOHE:** Reglamento Sustitutivo de Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador.
- TPH:** Hidrocarburo Totales de Petróleo.
- TULSMA:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
La delimitación del problema.....	1
Formulación del problema.....	2
Justificación.....	2
Objeto del estudio.....	5
Campo de acción de la investigación.....	5
Objetivos.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
Aporte de la investigación.....	7
CAPÍTULO 1.....	8
1. MARCO TEÓRICO.....	8
1.1. Teoría general.....	8
1.1.1. Permeabilidad de los suelos.....	9
1.1.2. Efectos ambientales.....	10
1.1.3. Consecuencias sobre el ambiente.....	12
1.2. Teorías sustantivas.....	14
1.3. Referentes empíricos.....	15
1.4. Marco teórico tecnológico.....	16
1.5. Marco teórico legal.....	17
CAPÍTULO 2.....	18
2. MARCO METODOLÓGICO.....	18
2.1. Modalidad de la investigación.....	18
2.1.1. Método exploratorio.....	18
2.1.2. Método descriptivo.....	19
2.1.3. Método explicativo.....	19
2.2. Hipótesis de la investigación.....	19
2.3. Técnicas de investigación.....	20
2.4. Instrumentos de investigación.....	22

CAPÍTULO 3.....	24
3. RESULTADOS DE LA NORMA ASTM 1739 RBCA.....	24
3.1. Antecedente.....	24
3.2. Revisión de la norma ASTM 1739 RBCA.....	24
3.2.1. Los componentes principales de la norma ASTM 1739 RBCA.....	26
3.2.2. Objetivo de la norma ASTM 1739 RBCA.....	27
3.2.3. Estimación del impacto-riesgo.....	27
3.2.4. Migración del contaminante al ambiente.....	28
3.2.5. RBCA-Characterización y evaluación.....	29
3.3. Revisión de la aplicabilidad de la norma ASTM 1739 en los casos de fuga de combustible en la gasolinera en el Ecuador.....	30
3.4. Revisión del modelo conceptual de la norma ASTM 1739 y su aplicación respecto al Marco Regulatorio del Decreto Ejecutivo 1215 Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.....	32
3.5. Aplicación de la adaptación del modelo conceptual de la norma ASTM 1739 en una investigación de suelo y agua subterránea de una gasolinera del país.....	36
3.5.1. Antecedentes.....	36
3.5.2. Propósito.....	36
3.5.3. Recopilación y revisión de la información.....	36
3.5.4. Localización.....	37
3.5.5. Descripción del sitio.....	37
3.5.6. Información de inventario de producto.....	38
3.5.7. Hidrogeología.....	38
3.5.8. Condición del entorno.....	39
3.5.9. Fuentes de contaminación en la estación.....	40
3.5.10. Contaminación de TPH en suelos.....	40
3.5.11. Perforación y muestreo.....	40
3.5.12. Metodología del estudio de TPH en suelos.....	40
3.5.13. Resultados de los análisis de TPH en suelos.....	40
3.5.14. Resultados de los muestreos del agua subterránea y el suelo.....	43
3.5.15. Análisis de laboratorio para agua.....	44
3.5.16. Análisis de impacto ambiental usando RBCA.....	45
3.5.17. Ubicación de la zona afectada.....	46

3.5.18. Escenarios de mecanismos de transmisión.....	48
CAPÍTULO 4.....	50
4. DISCUSIÓN.....	50
4.1. Comparación empírica.....	50
4.2. Limitaciones.....	51
4.3. Líneas de investigación.....	52
CAPÍTULO 5.....	53
5. PROPUESTA.....	53
5.1. Guía técnica para la estimación de impactos ambientales producidos por fugas de combustible en gasolineras.....	54
5.1.1. Evaluación inicial e inspección del sitio.....	54
5.1.2. Identificación de posibles receptores.....	55
5.1.3. Información geológica e hidrológica del sitio donde se ubica la gasolinera.....	55
5.1.4. Caracterización medios de transmisión del combustible fugado.....	56
5.1.5. Perforaciones de toma de muestra de suelo y agua subterránea.....	56
5.1.6. Evaluación del modelo conceptual–riesgo impacto ambiental.....	57
5.1.7. Plan de remediación.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites permisibles para suelos contaminados.....	35
Tabla 2. Parámetros máximos agua en cuerpo receptor.....	35
Tabla 3. Receptores potenciales del producto libre.....	39
Tabla 4. Resultados de las perforaciones de toma de muestras de suelos y aguas	42
Tabla 5. TPH en suelo.....	43
Tabla 6. TPH en agua.....	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sistema hidráulico de una gasolinera.....	17
Gráfico 2. Modelo conceptual RBCA presentación hidrogeocol.....	27
Gráfico 3. Migración del derrame en el ambiente.....	29

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Actividades de trabajo en la gasolinera Galpones.....	37
--	----

ÍNDICE DE PLANO

Plano 1. Zona de implantación de la gasolinera de Galpones.....	38
Plano 2. Implantación de los elemento de la gasolinera y perforaciones.....	41
Plano 3. Estimación del área de afectación.....	47

RESUMEN

En el Ecuador hay aproximadamente 1.077 gasolineras y estaciones de servicio que operan en la distribución de combustible al segmento automotriz; estas gasolineras, por fallas en el diseño, la construcción u operación, como los casos de rotura de tanques y de tuberías subterráneas con problemas de corrosión; errores de instalación u operación de los mismos, que producen sobrellenos en los tanques, pueden presentar derrame o fugas de combustible al ambiente, impactando negativamente al suelo y las aguas subterráneas, como los casos mencionados en esta investigación. El objetivo principal es establecer lineamientos de estimación de los impactos ambientales negativos producidos por los manejos inadecuados de los combustibles en las gasolineras en el Ecuador, que permitan implementar controles institucionales para la conservación del aire, suelo y agua de los sitios y/o ubicaciones donde las gasolineras operan.

El marco metodológico se desarrolló bajo una combinación de modalidades, como la aplicación de los métodos: descriptivo, exploratorio y explicativo, que abarca un enfoque cualitativo de los procesos, mecanismos que ocurren cuando se produce una fuga de combustible en las gasolineras; para lo cual se revisó la bibliografía, especialmente la norma ASTM1739 RBCA, para luego hacer una adecuación de los conceptos de la misma para su aplicabilidad al contexto ecuatoriano, tomando en cuenta las limitaciones tecnológicas, geográficas e institucionales. A su vez se realizó la investigación de campo en la gasolinera Galpones, para obtener un diagnóstico del problema de las fugas de combustibles, estimando sus impactos ambientales negativos, mediante el uso de un modelo conceptual propuesto, usando un enfoque cualitativo en el problema presentado.

Luego del análisis de la norma mencionada, se propuso una guía técnica de estimación de los impactos ambientales de las fugas de combustibles, llegándose a la conclusión, que adecuándola a la realidad ecuatoriana, direcciona los recursos, humano, financieros y de tiempo, aumentando la rapidez de la respuesta de mitigación y recuperación de los sitios afectados. Adicionalmente, ayuda a los técnicos en los procesos de comercialización y migración de los combustibles, y a las autoridades para que mejoren la prevención de fugas, implementando los controles efectivos.

Palabras clave: Impacto ambiental, fuga de combustible, modelo conceptual o norma ASTM 1739 RBCA, estaciones de servicio/gasolineras.

ABSTRACT

In the Ecuador there are approximately 1,077 stations and stations of service that operate in the distribution of fuel to the segment Automotive; these gas stations, by failures in the design, the construction or operation, as them cases of break of tanks and of pipes underground with problems of corrosion; errors from installation or operation thereof, which produce Overfilled tanks, can present spillage or leakage of fuel into the environment, impacting negatively to soil and groundwater, such as the cases referred to in this research. The main objective is to establish guidelines for the estimation of environmental impacts caused by inadequate handling of fuels at gas stations in the Ecuador, allowing to implement institutional controls for the conservation of air, soil and water of the sites or locations where stations operate.

Its frame methodological is developed under a combination of modalities, as the application of them methods: descriptive, exploratory and explanatory, that covers an approach qualitative of them processes, mechanisms that occur when is produces a leak of fuel in them petrol stations; for which is reviewed the bibliography, especially the standard ASTM1739 RBCA, for then do an adequacy of them concepts of the same for its applicability to the context Ecuadorian, taking in has them limitations technological, geographical e institutional. At the same time was carried out field research in the petrol sheds, for diagnosis of the problem of leakages of fuels, estimating its negative environmental impacts, through the use of a conceptual model proposed, using a qualitative approach in the presented problem.

After the analysis of the mentioned standard, proposed a technical guide for the estimation of the environmental impacts of fuel leaks, reaching the conclusion that adapting it to the reality of Ecuador, directs resources, human, financial and time, increasing the speed of the response of mitigation and recovery of affected sites. In addition, support technicians in the processes of commercialization and migration of fuels, and the authorities improve the prevention of leaks, implementing effective controls.

Key words: environmental impact, leakage of fuel, conceptual model or standard ASTM 1739 RBCA, service/petrol stations.

INTRODUCCIÓN

La delimitación del problema

En el Ecuador hay aproximadamente 1.077 gasolineras y estaciones de servicio que son parte de la cadena de distribución de combustibles para el parque automotriz del país. Las estaciones gasolineras de servicio, se encuentran en todas las provincias del país variando su ubicación dentro de ciudades o en las carreteras; algunas incluso, se encuentran a las orillas de los ríos, las playas y otros ecosistemas sensibles (EP PETROECUADOR, 2016).

Los combustibles que almacenan las gasolineras son productos destilados, derivados del petróleo, que por sus propiedades químicas producen deterioro y degradación en el suelo y agua teniendo algunos de sus componentes propiedades tóxicas que son ampliamente conocidas y estudiadas en varios estudios científicos (PEMEX, 2016).

En una gasolinera pueden producirse fugas de combustibles, a nivel superficial o subterráneo, produciendo impactos ambientales negativos a los componentes del medio físico, biológico y humano. En el año 1995, se liberó el mercado de combustibles en el país con la entrada de compañías petroleras transnacionales que iniciaron la modernización de las gasolineras con la implantación de tecnología y estándares internacionales respecto al diseño, la construcción y la operación de las mismas; a la par, se actualizó la legislación ambiental hidrocarburífera sobre los requerimientos mínimos que deben cumplir las nuevas gasolineras.

El mejoramiento de las instalaciones en las gasolineras fue producido por un requerimiento de la sociedad sobre la calidad y cantidad del combustible; situación adicional agravada debido a los pobres estándares de seguridad y ambiente habiéndose presentado incendios y problemas ambientales en algunas gasolineras (Ministerio del Ambiente, 2015).

Formulación del problema

Las fugas de combustibles en las gasolineras, pueden ser provocadas por fallas en el diseño, la construcción y operación, presentándose casos de rotura de los tanques y de tuberías subterráneas por el asentamiento de los suelos; el daño de los tanques, las tuberías con problemas de corrosión; a esto se suma los errores de instalación u operación de los mismos, que producen sobrellenos en los tanques o derrames continuos en las descargas de los carros tanqueros, que con el transcurso de los años, producen afectaciones grandes al ambiente (Ministerio de Medio Ambiente - Alcaldía de Santa Fe de Bogotá , 1999).

Ante la problemática mencionada, se formula la pregunta de investigación siguiente: ¿En qué medida las fugas de combustibles afectan a los ecosistemas generando contaminación al ambiente, por el manejo inadecuado de las normas de control del diseño, la construcción u operación de las gasolineras?.

Justificación

En el país han ocurrido varios casos de gasolineras con fugas de combustibles al ambiente afectando a los recursos agua, suelo, aire y la comunidad; uno de los casos más

representativos ocurrió en abril de 2007, en la gasolinera Petrocomercial ubicada en las avenidas Eloy Alfaro y Amazonas, en la ciudad de Quito, donde apareció combustible en los parqueos subterráneos del edificio Finandes. Otro hecho similar sucedió en el mes de octubre del 2011, donde se encontró gasolina en los pozos de la Cooperativa Nueva Provincia, agua que era consumida por los habitantes del sector pues no tenían servicio de agua potable. La fuga y filtración del combustible era proveniente de la estación de servicio “Terpel”, ubicada en el kilómetro 5 de la vía Quevedo. Otro caso más reciente de fuga de combustible, se dio en Quito en el mes de septiembre del 2012, en la esquina de la 6 de Diciembre y Shyris, donde se detectó gasolina a 13 metros de profundidad donde se llevaba a cabo la construcción de un edificio (ver anexo 1).

En el caso de las fugas de combustibles al suelo y agua subterránea, éstas provocan contaminaciones de acuíferos difíciles de identificar inicialmente, pero después de algunos años de ocurrida las fugas, producen daños graves a los ecosistemas de las áreas geográficas donde se encuentran ubicadas las gasolineras.

Es necesario evitar las fugas de combustibles en las gasolineras y establecer una guía de estimación de los impactos ambientales negativos cuando éstas, se producen para mitigar, estos impactos, a través de la remediación de los sitios impactados.

La investigación presente propone una guía para la estimación de los impactos ambientales negativos producidos por fugas de combustibles en las gasolineras, provocadas por fallas de diseño, construcción u operación de las mismas.

Para este trabajo, se adecua la norma ASTM 1739 *Risk Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites* (Acciones Correctivas Basadas en Riesgo de Fuga de

Petróleo) a la realidad ecuatoriana (ASTM INTERNATIONAL, 2016). La *American Society for Testing and Material* (ASTM) es una Organización Internacional que desarrolla normas técnicas voluntarias y consensuadas entre varias partes (productores, consumidores, autoridades y universidades) para materiales, productos, sistemas y servicios de diferentes áreas (ASTM INTERNATIONAL, 2016).

Las normas ASTM son mundialmente aceptadas en las áreas petroquímica, petrolera y medio ambiente como documentos técnicos para la investigación, la calidad de los productos y servicios (Asociación Española de Calidad, 2016).

En la industria de la refinación y distribución de los derivados del petróleo, internacionalmente, se usa la norma ASTM 1739 para determinar los riesgos ambientales cuando ocurren fugas de combustibles al ambiente.

En el Ecuador, el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), todavía no ha emitido una norma técnica que regule este aspecto de las operaciones de distribución y almacenamiento de combustibles, aunque se han presentado problemas de fugas de combustible en las gasolineras que han impactado al ambiente, los cuales, en su mayoría, no son tratados correctamente (INEN, 2016).

Se presenta una guía para la estimación de los impactos ambientales negativos producidos por las fugas de los hidrocarburos en gasolineras, que servirá para direccionar los recursos financieros, de tiempo y especialistas en los casos en que, se determine impactos ambientales negativos para los receptores sensibles, aumentando la rapidez de la respuesta de mitigación y recuperación de los sitios afectados. Adicionalmente, la guía

será una ayuda para: 1) los técnicos en el área de comercialización de los combustibles que desconocen los procesos de migración de los combustibles en los suelos y las aguas superficiales y subterráneas; 2) para que las autoridades mejoren la prevención de las fugas implementando controles efectivos.

Es necesario, una primera aproximación de la norma ASTM 1739, para elaborar una guía que identifique los impactos ambientales negativos producidos por fugas de combustibles en las gasolineras, que tome en cuenta las limitaciones de los recursos, la tecnología disponible, los técnicos especialistas y los controles institucionales disponibles en Ecuador.

Objeto del estudio

El objeto de estudio de la investigación presente, se centra en la importancia del control del diseño, la construcción y operación de las gasolineras, con base a los tres elementos del modelo conceptual de la norma ASTM 1739, fuente, medio de transmisión y receptor, para evitar la fugas de los combustibles que generan impactos ambientales negativos, que afectan la salud y el bienestar del hombre, la flora, la fauna, los ecosistemas, el hábitat de los seres vivos, el aire, el agua, los suelos, los paisajes o los recursos naturales, en general.

Campo de acción de la investigación

Comprende las operaciones en las gasolineras y los depósitos de los combustibles industriales que almacenan gasolina o diésel con tanques, subterráneos o superficiales, que tengan tuberías de distribución, subterráneas o superficiales; (conductos, poliductos),

además almacenamiento o tratamiento de los residuos peligrosos de los combustibles donde, por accidentes, pueden liberarse al ambiente, líquidos lixiviados; es decir, en todas las operaciones de distribución y comercialización de los combustibles.

Objetivos

Objetivo general

Establecer lineamientos de estimación de los impactos ambientales negativos producidos por los manejos inadecuados de los combustibles en las gasolineras en el Ecuador, que permitan implementar controles institucionales para la conservación del aire, suelo y agua de los sitios y/o ubicaciones donde las gasolineras operan.

Objetivos específicos

1. Analizar la aplicabilidad de la norma ASTM 1739 *Risk Based Corretive Action Appied at Petroleum Relese Sites* (Acciones Correctivas Basadas en Riesgo de Fuga de Petróleo) en los casos de fuga de los combustibles en las gasolineras en el Ecuador.
2. Revisar el modelo conceptual de la norma ASTM 1739 *Risk Based Corretive Action Appied at Petroleum Relese Sites* (Acciones Correctivas Basadas en Riesgo de Fuga de Petróleo) para su aplicabilidad en la legislación específica que regula las operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador –RAOHE 1215 (Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador).

3. Aplicar la adaptación del modelo conceptual de la norma ASTM 1739 en un caso de fuga de combustible en una gasolinera en Guayaquil (Gasolinera Galpones - Gobierno Provincial del Guayas).
4. Elaborar una guía técnica para la estimación de los impactos ambientales producidos por fugas de combustibles en las gasolineras, adecuando la Norma ASTM 1739 RBCA al Ecuador

Aporte de la investigación

La investigación aporta al área de la tecnología, la adaptación de la norma, ASTM 1739 RBCA, para la estimación de los impactos ambientales, producidos por las fugas de combustibles en las gasolineras, que viene a llenar, temporalmente, un vacío para el control de estos derrames, hasta tanto, en el Ecuador, se elabore las normas correspondientes para el control de este proceso.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Teoría general

Los combustibles derivados del petróleo son una mezcla de muchos compuestos químicos de diferente número de cadenas de carbono e hidrógeno, que cuando ocurren fugas de combustibles al ambiente, se mide el grado de contaminación del suelo y agua a través de análisis de laboratorio que establecen la cantidad de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelos y agua. La determinación de los mismos, es usada para la evaluación de los sitios contaminados por hidrocarburos, sus concentraciones máximas establecen los niveles de limpieza de las muestras del agua o suelo contaminados con hidrocarburos, es un enfoque común implementado por las autoridades reglamentarias (INTERTEK, 2016).

Los combustibles son liberados al ambiente por accidentes, desde industrias o productos secundarios por su uso comercial o privado. Cuando hay escapes o derrames de TPH directos al agua, algunas fracciones de los mismos flotan y forman una capa delgada en la superficie. Otras fracciones más densas se acumulan en el sedimento del fondo, que pueden afectar a los peces y a otros organismos, y algunos de éstos en el agua (principalmente bacterias y hongos) pueden degradar algunas de las fracciones de los hidrocarburos totales de petróleo, que liberados al suelo, pueden movilizarse hacia el agua subterránea a través del suelo. Allí, los componentes individuales pueden separarse de la mezcla original dependiendo de las propiedades químicas de cada componente. Algunos

de estos componentes, se evaporan al aire y, otros se disuelven en el agua subterránea y se alejan del área donde fueron liberados. Otros compuestos, se adhieren a las partículas en el suelo y pueden permanecer en él durante mucho tiempo, mientras que otros son degradados por los microorganismos en el suelo. La cantidad de TPH que se encuentra en una muestra, sirve como indicador general del tipo de contaminación que existe en el sitio (Agencia para Substancias Tóxicas y el registro de enfermedades, 1999).

En general, los TPH provocan alteraciones en los medios físicos, químicos, biológicos y humanos provocando alteraciones en sus interacciones, teniendo evidencia científica que un grupo de hidrocarburos, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno BTEX y los hidrocarburos anillos de petróleo HAP, tienen el potencial de ser cancerígenos.

1.1.1. Permeabilidad de los suelos

Los suelos no son sólidos ideales sino que forman sistemas de 2 o 3 fases partículas sólidas, gas y líquidos. Los líquidos, normalmente, son agua y los gases, vapor de agua; por lo tanto, se trata de medios porosos, éstos son caracterizados por la propiedad de los suelos llamada porosidad que determina su permeabilidad. Se define que un material es permeable cuando contiene espacios continuos; estos vacíos continuos existen en todos los suelos desde arcillas muy compactas hasta el granito; por lo tanto, estos materiales son permeables y la circulación de agua dentro de sus masas depende de leyes idénticas y sólo difieren en la magnitud de la característica permeabilidad (Silvia Angelone, 2005).

La permeabilidad del suelo al agua u otros líquidos (combustibles), es decir, el paso de los líquidos por los poros es importante para la evaluación de las fugas de los combustibles en los tanques y las tuberías de las gasolineras.

La ley que rige el flujo de los líquidos por medios porosos es la Ley de Darcy que determina experimentalmente el coeficiente de permeabilidad de los suelos y cómo fluyen los líquidos en dirección de un gradiente hidráulico (Silvia Angelone, 2005).

1.1.2. Efectos ambientales

El derrame de combustibles lleva consigo una serie de cambios progresivos de sus propiedades físico-químicas los cuales se atribuyen al proceso de intemperización, el cual incluye: evaporación, disolución, dispersión, oxidación, emulsificación, sedimentación y biodegradación. La intemperización es la pérdida de ciertos componentes del petróleo a través de una serie de procesos naturales que comienzan una vez que ocurre el derrame y continúan indefinidamente.

Evaporación: Este proceso afecta la composición del producto derramado: aumenta su densidad y viscosidad y decrece su solubilidad en el agua, reduciendo así el nivel de toxicidad del producto. En la medida que los compuestos más volátiles se evaporan, el petróleo se hace más pesado y puede llegar a hundirse. A las 24 horas casi el 40% del petróleo se ha evaporado. Estos porcentajes van variando de acuerdo al grado de viscosidad del hidrocarburo, por lo que el proceso de evaporación juega un papel muy importante en los derrames, en especial cuando se trata de gasolinas o crudos livianos.

Disolución: Este proceso es aquel por el cual parte del hidrocarburo se disuelve en el volumen de la columna de agua y en los alrededores del derrame. El tiempo de disolución depende de la composición, tasa de esparcimiento, temperatura del agua, turbulencia y grado de dispersión.

Aunque el proceso comienza inmediatamente, es de largo plazo y continúa durante todo el proceso de degradación del hidrocarburo. Es de notar que los compuestos más ligeros son los más solubles en el agua y por lo tanto se convierten en los más tóxicos, por lo que es muy importante calcular su concentración, para estimar los posibles efectos tóxicos, al ambiente.

Oxidación: Es la combinación química de hidrocarburos con el oxígeno atmosférico y contribuye a la descomposición o degradación final del petróleo. Cuanto más área expuesta exista, mayor será la oxidación y mayor la velocidad de degradación. Este proceso es lento puesto que sólo una pequeña cantidad de oxígeno puede penetrar en una mancha de petróleo. La radiación ultravioleta solar produce la oxidación fotoquímica, dependiendo de la intensidad de la radiación solar.

Emulsificación: Este es el proceso por el cual un líquido se dispersa en otro líquido en forma de pequeñas gotitas, es decir como suspensión. Muchos hidrocarburos presentan una tendencia a absorber agua en emulsiones que pueden aumentar el volumen del contaminante en un factor entre 3 y 4.

Sedimentación: Puede suceder por dos mecanismos: el primero se define en la medida que el hidrocarburo se intemperiza resultando en un incremento de su densidad respecto al agua circundante y por consiguiente se hunde. El segundo ocurre por la adhesión de las partículas suspendidas en la columna de agua al petróleo.

Biodegradación: Este es el proceso por el cual la mancha desaparece del medio ambiente. Ciertas especies de bacterias marinas, hongos y otros organismos utilizan los hidrocarburos como fuente de alimento. Es un proceso natural y muy lento debido al

agotamiento continuo de oxígeno, a la formación de emulsiones de agua en petróleo (mousse), entre otros. La tasa de biodegradación depende del contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo), oxígeno disuelto, salinidad, área superficial del derrame y de la composición y tamaño de la población microbiana.

1.1.3. Consecuencias sobre el ambiente

Un derrame o descarga de hidrocarburo afecta básicamente a tres elementos del ambiente, los cuales son:

Elementos abióticos (suelo, formaciones del relieve, geomorfología, entre otros).

Elementos bióticos (flora y fauna).

Elementos socioeconómicos (actividad humana, pesca, agricultura, lugares de esparcimiento de clubes, de recreación, de turismo, entre otros).

a) Elementos abióticos.- sobre el suelo: El petróleo contamina el suelo por su presencia y su permanencia en él. Esto depende del tipo de suelo lo cual es un producto de su composición y textura (tamaños de las partículas que lo forman) ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá o penetrará con mayor o menor fuerza y por lo tanto permanecerá mayor o menos tiempo en ese ambiente. En general se puede afirmar que:

En suelos arenosos (suelos de grano grueso); el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad y a mayor profundidad (llega hasta la napa freática).

En suelos arcillosos o rocosos (suelos de grano fino); el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad y por ende se retira mediante recojo y/o lavados de manera rápida, por ejemplo, las playas arcillosas de la selva.

En suelos con alto contenido de materia orgánica, el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente por ejemplo, en suelos de manglares y pantanos.

b) Elementos bióticos: Los derrames de petróleo pueden causar un daño considerable a los recursos biológicos en una variedad de formas:

- Mortalidad directa debido a sofocación, suciedad (cobertura) y asfixia, envenenamiento por contacto directo con petróleo (especialmente petróleo fresco), absorción de las fracciones tóxicas de la columna de agua (Ej. algas). La toxicidad del petróleo aumenta con la concentración de compuestos aromáticos no saturados y de baja ebullición. Las formas vivientes larvales o juveniles, por lo general son más sensibles.
- Mortalidad indirecta debido a la muerte de recursos alimenticios o a la destrucción o eliminación del hábitat.
- Incorporación de cantidades subletales de fracciones petrolíferas en los tejidos del cuerpo (Ej. ingestión), que disminuye potencialmente la tolerancia a otras tensiones (Ej. depredación y enfermedad).
- Reducción o destrucción de los alimentos o del valor comercial de pesquerías, debido a la degeneración del sabor por la absorción de hidrocarburos.
- Incorporación de sustancias potencialmente cancerígenas o mutagénicas en la cadena alimenticia.
- Comportamiento alterado de la biota que podría entorpecer las funciones ecológicas normales.

Para la identificación de los impactos sobre la cantidad y calidad del suelo y/o las aguas superficiales y subterráneas, se propone un modelo de seis etapas para su identificación:

1. Identificación de los impactos sobre la cantidad y calidad del suelo y el agua subterránea de la operación de una gasolinera.
2. Descripciones de los estados de los recursos del suelo, y agua superficial y subterránea.
3. Obtenciones de los estándares de cantidad y calidad para el agua y el suelo subterráneos.
4. Predicciones de impactos ambientales sobre el ambiente del suelo y agua subterránea.
5. Valoración de la importancia de los impactos.
6. Identificación e incorporación de las medidas correctoras (Larry W. Canter, 2002).

1.2. Teorías sustantivas

Antes del año 1995, las gasolineras en el Ecuador, eran instalaciones que no cumplían normas y estándares de la industria internacional y éstas pertenecían a personas de gran poder económico que construían las gasolineras sin asesoramiento técnico necesario y siguiendo criterios artesanales; la normativa o las leyes no se incluían en el área de distribución de los combustibles, temas ambientales y especificaciones mínimas en los sitios de distribución de los combustibles.

En el año 1995, se liberó el mercado de la venta de combustibles en el sector automotriz; llegaron al país compañías petroleras transnacionales (MOBIL, SHELL,

TEXACO, entre otras) con sus conocimientos y experiencias en la modernización de las gasolineras, mejorando los estándares ambientales de construcción y operación.

Durante ese período a la actualidad, ha mejorado la normativa y las leyes, para el control de las gasolineras, incluyendo, en el área de distribución de los combustibles, temas ambientales y especificaciones mínimas en los sitios de distribución de los mismos, a su vez, se han construido muchas gasolineras nuevas que cumplen los estándares internacionales, pero hay todavía en el país, estaciones con más de 25 años de operación que no han modernizado de forma completa sus instalaciones, especialmente sus tanques y tuberías siguen operando con fugas de combustibles al ambiente. De igual manera, hay gasolineras nuevas que por problemas de operación o fallas en la instalación de sus equipos también presentan fugas de los combustibles, por la falta de control eficiente de las instituciones pertinentes.

1.3. Referentes empíricos

La sociedad ecuatoriana, en general, tiene la idea (imaginaria) que las gasolineras son una bomba de tiempo, debido a varios accidentes (incendios) que han ocurrido en sus operaciones en el transcurso del tiempo, así como incidentes ambientales de contaminación de las fuentes de agua y los problemas con las comunidades cercanas a ellas.

Después de algún incidente de fuga de combustible, se pueden presentar olores y vapores de combustible en casas o alcantarillas de las calles próximas a la gasolinera con problemas, esto ha generado una opinión negativa de la comunidad sobre las gasolineras

hasta el punto de haber oposición en el caso de instalación de nuevas gasolineras en sectores urbanos donde el uso de suelo municipal lo permite.

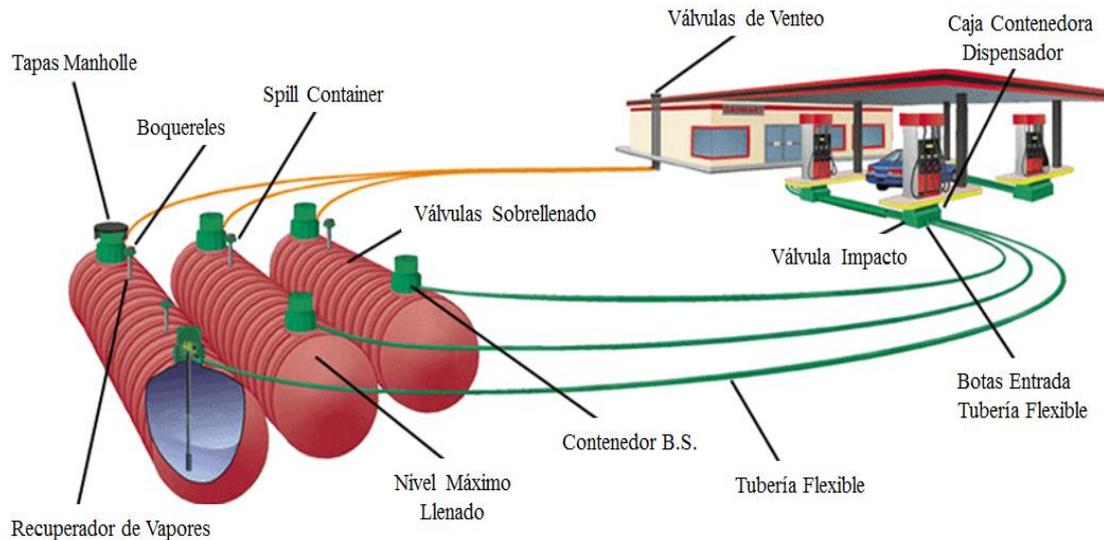
1.4. Marco teórico tecnológico

Las instalaciones de combustible de las gasolineras, en su gran mayoría, son subterráneas, comprendiendo éstas:

- Área de descarga con sus bocatomas de descarga con sus contenedores respectivos de derrames.
- Tanques cilíndricos de almacenamiento enterrados que deben de cumplir la normativa legal (resistentes a los procesos de corrosión).
- Tuberías de venteo conectadas a los tanques, por donde se expulsan vapores cuando se recibe el producto de los auto-tanques.
- Tuberías de distribución de combustibles, rígidas o flexibles, que conectan a los tanques de almacenamiento con los surtidores de expendio del producto, a los automóviles.
- Bombas sumergibles ubicadas en los tanques que impulsan el producto por las tuberías de distribución.
- Interceptor API (*American Petroleum Institute*) conectado a las canaletas de derrames ubicadas alrededor de las islas de despacho.
- Pozos de monitoreo de tanques y tuberías - piezómetros que sirven para monitorear el agua del nivel freático o agua subterránea que no esté contaminada con combustible; si se produce una fuga de combustibles, éstos se contaminan.

Se presenta a continuación en el gráfico 1, un dibujo del sistema de combustible de una gasolinera; en el anexo 3, se aborda con más detalles, los diferentes elementos que forman este esquema.

Gráfico 1. Sistema hidráulico de una gasolinera



Fuente: Pemex Manual de Estaciones de Servicio 2011

1.5. Marco teórico legal

La gestión ambiental para la comercialización y distribución de los combustibles, está normada por el Decreto Ejecutivo 1215, del Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para la Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE), que especifican las normas técnicas y de los parámetros de calidad de los suelos y las aguas con respecto a la contaminación producida por los combustibles. De igual modo, para establecer parámetros de los suelos y agua en actividades que no están dentro de las operaciones hidrocarburíferas, se refieren en el Tomo V del Texto Unificado de Legislación Ambiental TULAS “Protección y Control de la Contaminación Ambiental”.

CAPÍTULO 2

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Modalidad de la investigación

El proyecto de investigación presente, se desarrolló bajo una combinación de modalidades que abarca un enfoque cualitativo de los procesos, mecanismos que ocurren cuando se produce una fuga de combustible en una gasolinera. Se revisó la bibliografía, especialmente la norma ASTM1739 RBCA, para luego hacer una adecuación de los conceptos de la misma para su aplicabilidad al contexto ecuatoriano tomando en cuenta las limitaciones tecnológicas, geográficas e institucionales. A continuación se realizó una investigación de campo en una gasolinera que presenta problemas de fuga de combustible estimando sus impactos ambientales negativos, mediante el uso de un modelo conceptual propuesto, usando un enfoque cualitativo en el problema presentado.

2.1.1. Método exploratorio

Es un método que se utiliza cuando el objeto de la investigación no ha sido abordado ampliamente o es tema poco estudiado. El método exploratorio sirve para tratar fenómenos relativamente nuevos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre el objeto de estudio. El método exploratorio pocas veces constituye un fin en sí mismo sino que por lo general determina tendencias, indica relaciones potenciales entre varias variables para posterior hacer estudios más rigurosos (Angel R. Velazquez Fernandez, 2010).

2.1.2. Método descriptivo

El método descriptivo busca especificar propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes de un fenómeno a investigar.

En la práctica, el método descriptivo selecciona una serie de cuestiones características y mide cada una de ellas independientemente, para describir lo que se investiga. Se elige una serie de conceptos que pueden adquirir diversos valores y medirse pero sin correlacionarlo unos con otros (Ocaña, 2015).

2.1.3. Método explicativo

Busca encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. Su objetivo último es explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se ocurre éste. Está orientado a la identificación y el análisis de las causales (variables independientes) y sus resultados, los que se expresan en hechos verificables (variables dependientes). Los estudios de este tipo implican esfuerzos del investigador y una gran capacidad de análisis, síntesis de interpretación (Mendoza, 2013).

2.2. Hipótesis de la investigación

Para la investigación presente se usó una combinación de los métodos exploratorio, descriptivo, y explicativo pero, principalmente, se usó el método descriptivo para realizar el estudio de investigación enfocándose en las características de las fugas de combustible y sus impactos ambientales negativos. Plateándose la pregunta de hipótesis:

¿Existe una metodología, norma ambiental para la investigación de los impactos ambientales producidos por fugas de combustibles en las gasolineras en el Ecuador? El modelo conceptual y marco técnico de la norma ASTM 1739 RBCA (Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Site) es aplicable para las condiciones físicas, ambientales y normativa legal del Ecuador?

2.3. Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación se clasifican, en general, en dos grupos:

- La técnica documental que permite a través de la recopilación de la información para enunciar las teorías que sustentan el estudio de los fenómenos y procesos.
- La técnica de campo que permite la observación directa del objeto de estudio y el acopio de testimonios directos que permite confrontar la teoría con la práctica (Angel R. Velazquez Fernandez, 2010).

Bajo la óptica de los tres métodos utilizados en la investigación presente, con la aplicación de la técnica documental, se realizó una revisión bibliográfica de la norma ASTM 1739 y la legislación ambiental ecuatoriana vigente, que se aplica en el presente estudio, para proponer un guía de estimación de los impactos ambientales negativos, provocados por las fugas de los combustibles en las gasolineras.

La norma ASTM (American Society for testing and Material) es una organización internacional que desarrolla normas técnicas voluntarias y consensuadas entre varias partes (productores, consumidores, autoridades y universidades) para materiales, productos, sistemas y servicios de diferentes áreas; son aceptadas mundialmente abarcando áreas como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, dispositivos y servicios médicos y productos electrónicos. Las normas ASTM son mundialmente aceptadas en el área petroquímica, petrolera y medio ambiente como documentos técnicos para la investigación, calidad de productos y servicios.

En la industria de Refinación y Distribución de derivados de petróleo, internacionalmente se usa la Norma ASTM 17 39 para determinar los riesgos ambientales y para las personas cuando ocurren fugas de derivados de petróleo gasolineras. La norma de estudio E 1739 para la aplicación pertenece al comité de la ASTM E.50 que se encarga de evaluaciones ambientales, gestión de riesgo y acciones correctivas.

En el Ecuador el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN todavía no ha emitido una norma técnica que toque este aspecto de las operaciones de distribución y almacenamiento de combustibles, aunque se han presentado ya problemas de fugas de hidrocarburos de gasolineras y de depósitos en terminales que han impactado el medio ambiente los cuales en su mayoría no son evaluados correctamente.

Generalmente la empresas transnacionales petroleras usan la Norma ASTM 1739 – RBCA “Risk Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites” para evaluar fugas de petróleo en sus gasolineras y terminales de producto.

De aquí que es necesario hacer una primera aproximación de conocer esta norma para luego validar una norma local INEN que reglamente los aspectos tecnológicos y reglamentarios de incidente. Una parte importante del método y las técnicas usadas sobre la norma ASTM 1739, es que sólo se enfoca en la investigación de las características ambientales de la norma, no cubriéndose los aspectos de higiene industrial de exposición y toxicidad, que escapan al objetivo de este estudio.

De igual manera, para la investigación de campo en la gasolinera del Gobierno Provincial del Guayas donde se tomaron muestras de suelo y agua, se analizó sólo el parámetro TPH (hidrocarburos totales) para comparar los valores obtenidos de las muestras tomadas de suelo y agua contra los límites máximos permisibles del Anexo 2 del RAOHE 1215 (Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador) para determinar criterios de limpieza.

En la investigación bibliográfica, principalmente se revisaron los documentos siguientes:

- Norma ASTM 1739
- Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador –Decreto Ejecutivo 1215
- TULSMA. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Libro 6 de la Calidad Ambiental

2.4. Instrumentos de investigación

Los instrumentos utilizados para la investigación, son los siguientes:

Instrumentos para la investigación documental:

- Ficha bibliográfica: se incluyó en el estudio, las referencias bibliográficas de otros autores, que aportaron con sus conceptos sobre el tema de investigación
- Ficha hemerográfica: con respecto a esta ficha, se anexaron reportajes periodísticos de los casos de fugas de combustibles en las gasolineras.
- Citas: en el trabajo presente, se añadieron los comentarios de autores con respecto al tema de investigación

Instrumentos para la investigación de campo:

- Plano: Se elaboró el plan de implantación de la gasolinera con elementos y ubicación de las perforaciones.
- Diagramas: Sobre modelo conceptual de la norma ASTM 1739.
- Entrevistas. Se entrevistaron, al jefe de la bodega de Galpones y a los operarios de la gasolinera.
- Inventarios: Se intentó tener un inventario del volumen de combustible almacenado para determinar su pérdida por fuga, pero no fue posible realizarlo, por no existir la información disponible,
- Medición: Se hicieron seis perforaciones en diferentes sitios de la gasolinera para tomar muestras de suelo y agua subterránea a diferentes profundidades.
- Convenio: Se suscribió un convenio con el autor de la investigación y el Prefecto del Gobierno Autónomo Provincial del Guayas, convenio de cooperación para el desarrollo de la tesis de grado, en materia ambiental para el almacenamiento del combustible.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS DE LA NORMA ASTM 1739 RBCA

3.1. Antecedente

La norma ASTM 1739 RBCA, *Risk –Based Corrective Action Applied at Petroleum Release* (Acciones Correctivas Basadas en Riesgo en Sitios con Fuga de Petróleo) es una norma americana adaptada en este estudio, a la ASTM; está en idioma inglés. Como primer paso para el inicio de la investigación, se realizó una traducción de la norma al idioma español, por el autor de la investigación presente, para su revisión, estudio y aplicación de la misma para este trabajo investigativo, bajo el contexto de la experiencia del autor, en el área de distribución de combustibles en gasolineras y depósitos industriales, y manejar problemas ambientales en las gasolineras.

3.2. Revisión de la norma ASTM 1739 RBCA

En el Ecuador no hay una norma técnica para evaluar los riesgos y la afectación al ambiente cuando ocurren fugas de combustibles. La legislación que regula las actividades hidrocarburíferas en el Ecuador, es el Decreto Ejecutivo 1215 y sobre calidad ambiental el TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental – libro V) en sus capítulos de calidad de agua, suelo y aire dan el marco referencial técnico-legal sobre los parámetros totales de contaminaciones con hidrocarburos (TPH), pero no hace referencia a alguna norma técnica nacional o criterio que guie la forma de proceder en casos específicos de una fuga de combustible (INEC, 2016).

Internacionalmente, para este tipo de casos, se usa la norma ASTM (*American Society for Testing and Materials*) RBCA (*Risk-Based Corrective Action*) que es una herramienta de investigación ambiental y de toma de acciones correctivas en sitios donde se producen fugas de hidrocarburos provenientes de los tanques y las tuberías subterráneas (gasolineras). La decisión en la selección de las acciones correctivas en un sitio donde se ha producido una fuga de combustible, se realiza en función de optimizar los recursos con la prioridad de proteger el ambiente.

La norma ASTM 1739 RBCA es un proceso de la aplicación de un modelo conceptual de estimación de impactos ambientales negativos a receptores potenciales para la selección apropiada de las acciones correctivas. El modelo conceptual aplicado es determinar las fuentes, los medios de transmisión y los receptores (potenciales).

Las acciones correctivas se basan en el criterio de que las concentraciones tomadas de TPH en los medios de transmisión y receptores (potenciales), superan los límites permisibles de la concentración, establecidos en los estándares internacionales de la EPA, si se cumple el modelo conceptual de la contaminación, se establecen medidas de protección y mitigación para los receptores potenciales. Las ventajas de la norma ASTM 1739 RBCA son las siguientes:

- Las decisiones son basadas en la reducción de riesgo de los impactos ambientales negativos al ambiente.
- Las actividades de evaluación del lugar son centradas en coleccionar sólo información que es necesaria para la toma de acciones correctivas basadas en el impacto ambiental negativo.

- Los recursos de remediación, se centran en aquellos lugares que representan un mayor impacto ambiental negativo para el ambiente.
- La acción correctiva (mitigación y recuperación) logra un grado aceptable de reducción del impacto ambiental negativo.
- Los procesos de remediación son de mayor calidad y rapidez que los procesos actuales aplicados, que no usan criterios de limpieza de la contaminación de TPH.
- La elaboración de registros técnicos que demuestran que la acción correctiva tomada es más apropiada en función de proteger el ambiente (ASTM, 2016).

3.2.1. Los componentes principales de la norma ASTM 1739 RBCA

Evaluación de los mecanismos de transporte.- Identificación rápida de gasolineras con problemas ambientales graves a través del análisis de los mecanismos de transporte según el modelo conceptual de la contaminación.

Clasificación de uso de agua subterránea y superficial.- Identifica claramente el uso que se le asigna al agua, subterránea y superficial, para determinar las concentraciones límites de TPH.

Objetivos de limpieza: Se utiliza la tabla de estándares internacionales de concentraciones permisibles de TPH de los límites de contaminación. Para determinar los objetivos de limpieza en la investigación presente, se usan los límites máximo-permisibles establecidos en el RAOHE 1215 (Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador).

Monitoreo de atenuación natural.- Si la pluma de contaminación no representa un riesgo a un receptor sensible, se estima una remediación de biodegradación

naturalmente, efectuándose monitoreos en períodos establecidos, en vez de aplicar medidas de remediación costosas.

Selección de remediación (acciones correctivas).- Establecer procesos simples de remediación como por ejemplo: contenimiento, atenuación natural; en lugar de tratamientos costosos (ASTM, 2016).

3.2.2. Objetivo de la norma ASTM 1739 RBCA

Es el proceso de la estimación de impactos ambientales negativos de las fugas de los combustibles para:

- Proteger el ambiente
- Optimizar los recursos

3.2.3. Estimación del impacto-riesgo

Para la estimación del impacto-riesgo, se analiza el siguiente modelo conceptual para la toma de acciones correctivas tras un evento de fuga de combustible.

Gráfico 2. Modelo conceptual RBCA presentación hidrogeocol



Fuente: Informe de Hidrogeocol LTDA. Bases Conceptuales de la Norma RBCA

Fuente: son los elementos de la gasolinera, estación de servicio, depósito industrial que presenta fallas de integridad, rotura de tuberías o tanques que originan el escape del combustible al ambiente.

Medio de transmisión: son los mecanismos, por los cuales, el producto contaminante (combustible) migra o se desplaza por estructuras geológicas porosas, fracturas de rocas, corrientes de agua subterránea o nivel freático.

Receptor: son cuerpos de agua superficiales o subterráneas que pueden resultar contaminadas así como viviendas, residencias, centro comerciales que reciben sustancias contaminantes (combustibles, vapores) dañando la calidad de los recursos: suelos, agua, aire y comunidad.

En caso de tener un receptor, se analizan las medidas de mitigación y recuperación a implementarse para proteger del impacto ambiental negativo al receptor; en el caso de haber receptor sensible, se monitorea el pasivo ambiental.

3.2.4. Migración del contaminante al ambiente

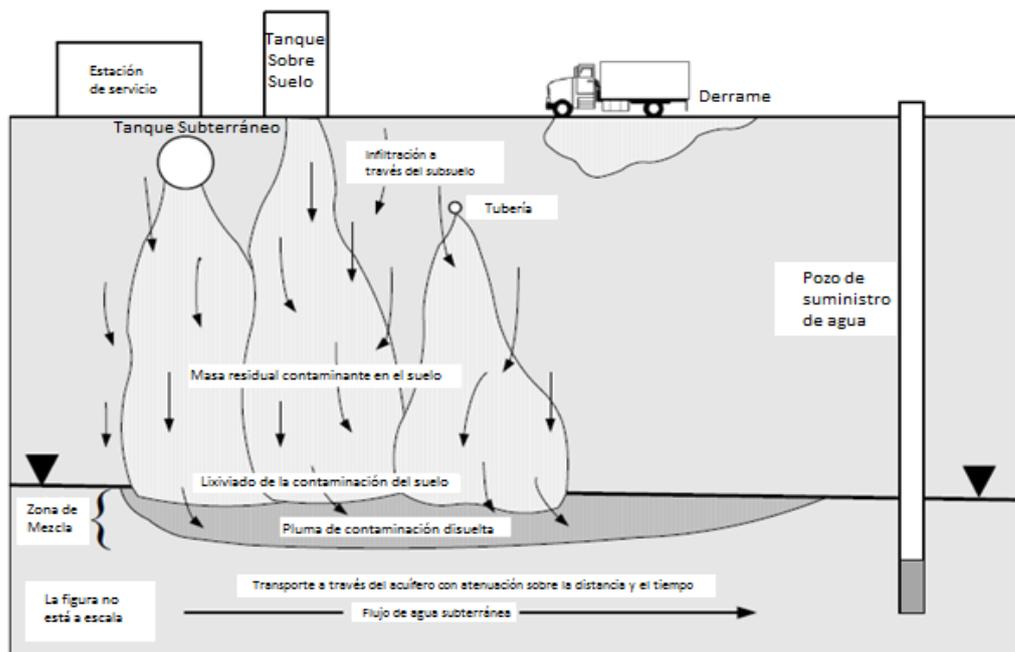
Al perderse la integridad de una tubería o tanque subterráneo, se producen los procesos siguientes de migración del contaminante:

Fase 1: Dispersión del derrame al aire, agua y suelo. Parte del producto se volatiliza, otra va a la escorrentía superficial y otra, se infiltra a la zona insaturada del suelo.

Fase 2: Gran cantidad del derrame se retiene en el suelo, en la zona insaturada por los procesos de retención capilar, absorción y adsorción.

Fase 3: El derrame puede llegar al acuífero subterráneo si hay suficiente infiltración del fluido en la zona saturada del suelo por el agua del nivel freático o corriente de agua subterránea (Nebraska Department of Environmental Quality, 2009).

Gráfico 3. Migración del derrame en el ambiente



Fuente: (Nebraska Department of Environmental Quality –RBCA at petroleum release sites) (19)

3.2.5. Acciones correctivas basadas en los riesgos de sitios con fuga de petróleo RBCA, caracterización y evaluación

1. Caracterización y evaluación del sitio: coordenadas GPS, localización del terreno, uso de suelo, demás información referente a las actividades de la fuga de combustible.

2. Caracterización y evaluación de la fuente de contaminación: localización de la fuga de combustible, que producto, cantidad perdida y fecha en que se dio la fuga.

3. Mecanismos de transporte: volatilización y dispersión del producto, lixiviación, transporte por agua subterránea; además por escorrentías naturales.

4. Caracterización del receptor: determinación de la actividad del receptor, viviendas, comercio, industrial, habitat ecológico sensible, uso futuro de suelo y centros hospitalarios.

5. Evaluación del riesgo de contaminación subterránea (suelos y aguas) y superficial: se cumple el modelo conceptual de fuente, medio de transporte, receptor en qué situaciones y niveles de concentraciones hay receptores sensibles.

6. Definición de criterios de referencia de calidad ambiental: si existen niveles de TPH en agua y suelos que superen los valores máximos permisibles de RAOHE 1215 o calidad ambiental del tomo V del TULAS.

7. Selección de medidas de remediación: una vez determinado el impacto ambiental negativo se analizan las alternativas de remediación con los criterios de costos y beneficio para alcanzar los niveles máximos permisibles de TPH.

8. Evaluación de resultados y toma de decisiones: los resultados que se obtienen son los esperados o se deben hacer ajustes para alcanzar los parámetros máximos permisibles.

9. Monitoreo y seguimiento ambiental: programa de monitoreo para confirmar que las medidas correctivas han sido efectivas (Nebraska Department of Environmental Quality, 2009).

3.3. Revisión de la aplicabilidad de la norma ASTM 1739 en los casos de fuga de combustible en la gasolinera en el Ecuador

La norma ASTM 1739 evalúa los impactos ambientales negativos de fugas de combustibles o derivados de petróleo; para realizar esto caracteriza el sitio o la gasolinera que presentó la fuga de combustible; luego caracteriza la cantidad y tipo de combustible derramado para estimar el impacto ambiental negativo si hay mecanismo de transmisión del combustible fugado a un receptor ambientalmente sensible; donde establecen valores máximos permisibles de contaminación de hidrocarburos TPH para los recursos suelo y agua de acuerdo al uso del suelo y tipo del cuerpo hídrico.

El objetivo de la guía es verificar que se cumpla el modelo conceptual de fuente mecanismo de transmisión y receptor para proteger los ecosistemas sensibles, para esto, se debe hacer una caracterización de la gasolinera identificando las fuentes primarias de fuga, tanques, tuberías, colectores de derrame rotos y otros por donde se fuga el combustible al ambiente; después se identifica fuentes secundarias de combustibles que son los suelos y las aguas impactadas que tienen gran cantidad de hidrocarburos, que mediante procesos de volatilización, erosión, lixiviación, transporte por las aguas superficiales y subterráneas, alcancen a los receptores potenciales como cuerpos de aguas, pozos de agua, residencias, reservas naturales y otros.

Los mecanismos de transporte y los receptores potenciales identificados deben de superar los valores máximos permisibles de concentraciones de TPH en los suelos y las aguas, para evaluar medidas de remediación (ASTM, 2016). Si el modelo conceptual no se cumple por no existir mecanismos de transporte a receptores sensibles, se deben definir medidas de monitoreo a la fuga de los combustibles, que dependiendo de los aspectos ambientales del sitio, se aplican técnicas de atenuación natural para el combustible fugado.

El uso del modelo conceptual es muy útil para la estimación del impacto ambiental negativo de fuga de combustible en gasolineras, al determinar la gasolinera con receptores sensibles de otras que no tienen receptores, para definir medidas de remediación, adicional al modelo conceptual, puede aplicarse para diferentes entornos geográficos donde se encuentran ubicadas, a nivel nacional, las gasolineras y para cualquier tipo de combustible fugado.

El investigador identifica problemas en su aplicación al no haber suficientes técnicos en el área que conozcan la operación de una gasolinera en su parte hidráulica y los

mecanismos de transmisión que se dan en el suelo, subsuelo, agua superficial y agua subterránea. Así mismo, se identifican problemas en su aplicación por limitaciones tecnológicas de los equipos disponibles para muestrear suelos y aguas subterráneas más el costo para realizar análisis de laboratorio que determinen el grado de contaminación con hidrocarburos de los ambientes impactados por las fugas de los combustibles.

3.4. Revisión del modelo conceptual de la norma ASTM 1739 y su aplicación respecto al Marco Regulatorio del Decreto Ejecutivo 1215 Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador

En el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, se establece los controles y monitoreos de las operaciones de gasolineras y estaciones de servicio estableciendo reportes a la autoridad de la gestión ambiental que realiza los proyectos y los máximos límites permisibles de parámetros que producen contaminación al ambiente. Para el análisis de la aplicabilidad del modelo conceptual de la norma ASTM 1730 RBCA en el marco regulatorio, se transcribe el artículo 16 del reglamento que dice:

ART. 16.- Monitoreo de programas de remediación.- La Subsecretaría de Protección Ambiental coordinará con las Unidades Ambientales de las compañías los aspectos técnicos del monitoreo y control de programas y proyectos de remediación ambiental que, previo a su ejecución, no eliminarlo, presentarse a la Subsecretaría de Protección Ambiental para su respectiva aprobación, sin perjuicio de las acciones tomarse inmediatamente después de cualquier incidente (CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES, 2002).

Los programas o proyectos de remediación sujetos a aprobación y seguimiento por parte de la Subsecretaría de Protección Ambiental a través de la Dirección Nacional de Protección Ambiental, serán la remediación de piscinas y/o suelos contaminados, así como la remediación después de accidentes mayores (CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES, 2002) en los que se hayan derramado más de cinco barriles de crudo, combustible y otro producto.

En los programas y proyectos de remediación, debe constar la información siguiente:

- Número del bloque y/o denominación del área; ubicación cartográfica.
- Razón social de la compañía operadora; dirección o domicilio, teléfono, fax, correo electrónico; representante legal.
- Diagnóstico y caracterización de la contaminación en base de análisis físico-químicos y biológicos del suelo, aguas superficiales y subterráneas, inclusive determinación exacta de la superficie del área afectada, evaluación de impactos y volúmenes de suelo a tratarse.
- Descripción de la(s) tecnología(s) de remediación a aplicarse.
- Análisis de alternativas tecnológicas.
- Uso posterior del sitio remediado y técnicas de rehabilitación.
- Cronograma de los trabajos de remediación.
- Monitoreo físico-químico y biológico de la remediación inclusive cronograma.
- Plazo de ejecución del proyecto.

Una vez finalizada la remediación, la empresa operadora responsable presentará dentro de 15 días a través de la Dirección Nacional de Protección Ambiental, un informe

inclusive una evaluación técnica del proyecto a la Subsecretaría de Protección Ambiental (CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES, 2002).

En este artículo, se puede analizar, que es totalmente aplicable el modelo conceptual de la norma ASTM 1739, cuando en el artículo se definen los tres elementos del modelo conceptual indicando:

Fuentes: piscinas y accidentes mayores donde se hayan derramado o fugado más de 5 barriles (210 galones americanos) de combustible u otros productos, teniéndose la responsabilidad, los proyecto o empresas de notificar a la autoridad para elaborar el correspondiente plan de remediación.

Medios de transmisión: determina que los planes de remediación a elaborarse deben tener un diagnóstico y una caracterización de la contaminación con análisis físico-químicos, biológicos de suelo, agua superficiales y agua subterránea e inclusive la determinación exacta de la superficie del área afectada, la evaluación de los impactos y volúmenes del suelo, a tratarse. Los impactos del combustible derramado, se pueden estimar mediante el uso del modelo conceptual de la Norma ASTM 1739 indicando cuáles son los sitios que son problemas y los que no lo son, así optimizando recursos.

Receptores: quedan definidos en la evaluación de posibles impactos en se deben evaluar receptores potenciales y sensibles al producirse el movimiento del combustible fugado o derramado en aguas superficiales, subterráneas o suelos contaminados.

La regulación contiene los límites máximos permisibles para contaminaciones con hidrocarburos para suelos y agua en valores de TPH, con lo cual se hace aplicable

totalmente el modelo conceptual de la norma ASTM 1739 para su análisis y utilización. Permite el uso de normas y estándares internacionales usados en área hidrocarbúrfera para análisis de las muestras y especificaciones de los equipos y procesos.

Tabla 1. Límites permisibles para suelos contaminados

Parámetro	Expresado en	Unidad ¹⁾	Uso agrícola ²⁾	Uso industrial ³⁾	Ecosistemas sensibles ⁴⁾
Hidrocarburos totales	TPH	mg/kg	<2500	<4000	<1000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/kg	<2	<5	<1
Cadmio	Cd	mg/kg	<2	<10	<1
Niquel	Ni	mg/kg	<50	<100	<40
Plomo	Pb	mg/kg	<100	<500	<80

¹⁾ Expresado en base de sustancia seca (gravimétrico; 105°C, 24 horas).

²⁾ Valores límites permisibles enfocados en la protección de suelos y cultivos.

³⁾ Valores límites permisibles para sitios de uso industrial (construcciones, etc.).

⁴⁾ Valores límites permisibles para la protección de ecosistemas sensibles tales como Patrimonio Nacional de Areas Naturales y otros identificados en el correspondiente Estudio Ambiental.

Fuente: Anexo 2 Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental- Reglamento Sustitutivo de Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarbúrferas del Ecuador RAOHE 1215

Tabla 2. Parámetros máximos agua en cuerpo receptor

b) INMISIÓN (punto de control en el cuerpo receptor)					
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible ¹⁾	Promedio anual ²⁾	Aplicación
Temperatura ⁴⁾		°C	+3°C		General
Potencial hidrógeno ⁵⁾	pH	---	6.0<pH<8.0	6.0<pH<8.0	General
Conductividad eléctrica ⁶⁾	CE	µS/cm	<170	<120	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<0.5	<0.3	General
Demanda química de oxígeno ⁷⁾	DQO	mg/l	<30	<20	General
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/l	<0.0003	<0.0002	General

¹⁾ En cualquier momento

²⁾ Promedio de las determinaciones realizadas en un año conforme a la frecuencia de monitoreo establecida en el artículo 11 de este Reglamento.

⁴⁾ A una distancia o en un radio de 300 metros, comparado con un punto representativo en el cuerpo receptor aguas arriba a la entrada del efluente.

⁵⁾ De presentar el cuerpo receptor un pH natural menor a los límites establecidos, se pueden disminuir los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.

⁶⁾ De presentar el cuerpo receptor una conductividad eléctrica natural superior a los límites establecidos, se pueden incrementar los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.

⁷⁾ De presentar el cuerpo receptor una DQO natural superior a los límites establecidos, se pueden incrementar los valores hasta este nivel, siempre que se haya comprobado estadísticamente a través de un monitoreo del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.

Fuente: Anexo 2 Parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental- Reglamento Sustitutivo de Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarbúrferas del Ecuador RAOHE 1215

3.5. Aplicación de la adaptación del modelo conceptual de la norma ASTM 1739 en la investigación del agua subterránea y suelo de una gasolinera del país

3.5.1. Antecedentes

El Gobierno Provincial de Guayas tiene un terreno ubicado en la Av. Pedro Menéndez Gilbert y Av. Plaza Dañín en la ciudad de Guayaquil. En este terreno, se encuentran las bodegas de repuestos, los talleres de maquinaria pesada para arreglo de vías, las oficinas de administración y una gasolinera interna para el abastecimiento de combustible de los vehículos y la maquinaria pesada de la entidad mencionada. El autor de la investigación firmó un convenio con el Gobierno Autónomo Provincial del Guayas con fines académicos para llevar a cabo la investigación de los impactos ambientales negativos por fugas de combustibles en la gasolinera Galpones del Gobierno Provincial del Guayas.

3.5.2. Propósito

En cumplimiento del convenio mencionado, se llevaron a cabo los trabajos pertinentes a la investigación ambiental del suelo y agua subterránea de la gasolinera Galpones. El propósito del estudio fue establecer si existió contaminación en el suelo y agua subterránea de la gasolinera, teniendo como base el modelo conceptual y la norma ASTM 1739 RBCA.

3.5.3. Recopilación y revisión de la información

Se realizó la recopilación, ordenación, evaluación y el análisis sistemático de la información técnica existente y disponible en la gasolinera Galpones. Se realizaron las actividades siguientes:

Cuadro 1. Actividades de trabajo en la gasolinera Galpones

Actividad	Trabajo ejecutado	Observaciones
Visita al sitio	Los trabajos de campo se realizaron	Coordinación de trabajo con jefe de bodegas Luis Fernando Pin
Entrevista al personal	Se entrevistó al operador de la gasolinera	Obreros con más 20 años operando la gasolinera
Estudio de suelo		
Se hizo una calicata en el extremo sur de la zona de tanques	Se hizo una perforación manual de 50 cm de profundidad encontrándose producto en fase libre (Hidrocarburo)	Problemas de daños de tanques por deformación tanques rectangulares, se registra fuga de combustible
Perforación de muestreo de suelo y agua		
Se colectaron muestras de agua y suelo subterráneo	Se tomaron 6 muestras de agua y 22 muestras de suelo	

Fuente: Miguel Ángel Paredes Menéndez

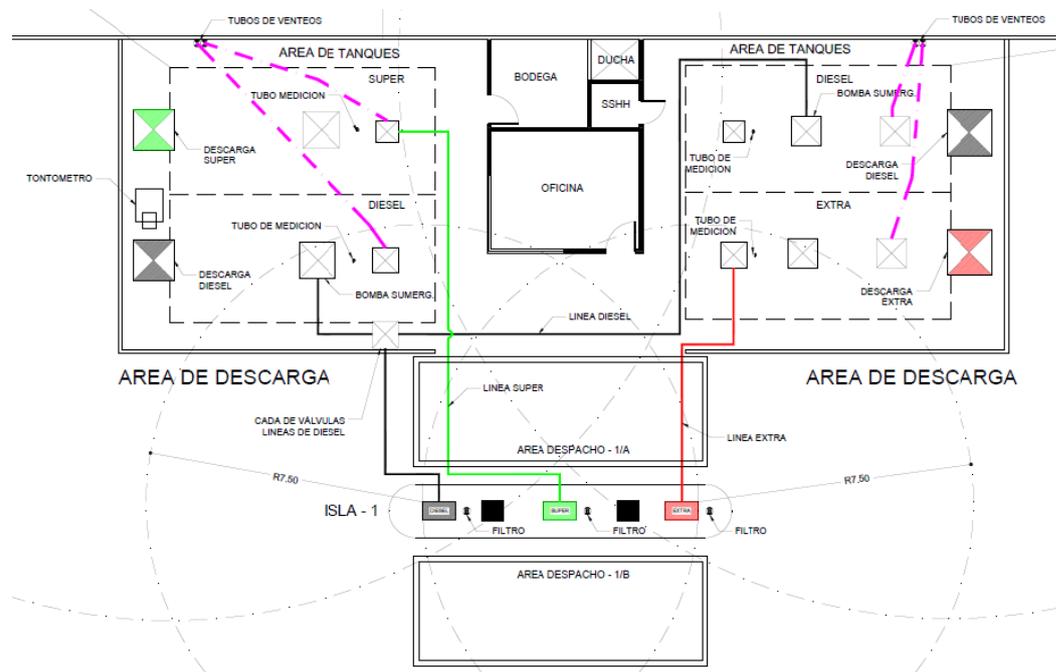
3.5.4. Localización

Gasolinera de Galpones, de acuerdo a la nomenclatura urbana de la ciudad de Guayaquil, se encuentra ubicada en el cuadrante noroeste de la ciudad, en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, perteneciente al sector de la Atarazana.

3.5.5. Descripción del sitio

La estación de servicio tiene cuatro tanques con capacidad de 5000 galones cada uno, fabricados en acero y de forma rectangular en donde, se almacenan gasolina extra (1 tanque), súper (1 tanque) y diesel (2 tanques).

Plano 1. Implantación de la gasolinera de Galpones



Fuente: Miguel Ángel Paredes Menéndez

3.5.6. Información de inventario de producto

En septiembre del año 2011, se identificaron faltantes de productos de gasolina extra y diésel por parte de los empleados de la bodega y en los patios de la estación se encontró producto en fase libre a un metro de profundidad.

3.5.7. Hidrogeología

Guayaquil se encuentra a una altura promedio de 4 msnm, y su nivel freático varía en función de las mareas con una amplitud de 2,5 metros promedio. En época lluviosa todo

el terreno se satura y los niveles freáticos tienden a subir, por lo que, en las perforaciones realizadas, se ubicaron, como promedio, a 0,90 metros de profundidad.

3.5.8. Condición del entorno

Dentro del área de influencia de la gasolinera, se tuvieron en cuenta los receptores potenciales, las fuentes de agua superficial y subterránea, las fuentes de hidrocarburo y las fuentes potenciales de contaminación dentro de la estación de servicio.

Los receptores potenciales identificados son, en primera medida, los operadores de la gasolinera y todo el personal en las inmediaciones del terreno. En los alrededores de la gasolinera, se encuentran los receptores posibles los cuales, se detallan junto con su ubicación en la Tabla 3:

Tabla 3. Receptores potenciales del producto libre

SITIO	DIRECCION (N,S,E,O)	DISTANCIA (m)	RECEPTORES SENSIBLES	FUENTES DE AGUA	UBICACIÓN DENTRO GALPONES
Concesionaria de vehículos Autolasa	N	56			
Ribera del río Guayas	E	300	x	x	
Oficina Administrativas de Galpones (a)	SE	50	x		x
Talleres galpones	E	40	x		x
Zona residencial (Atarazana)	O	90			
Empresa NAVIPAC	S	130	x		
Oficina sindicato de choferes	N	18			x
Lubricadora	E	135			x
Talleres de reparación de motores a gasolina y diesel	SE	140			x

(a) Galpones es la denominación de las oficinas administrativas, bodegas y los talleres de las maquinarias pesadas del gobierno provincial de Guayas.

Fuente: Nebraska Department of Environmental Quality –RBCA at petroleum release sites)

Elaborado por: Miguel Ángel Paredes Menéndez

3.5.9. Fuentes de contaminación en la estación

Las fuentes que pueden generar contaminación son: las zonas de tanques de almacenamiento, líneas de conducción y área de llenado de tanques.

3.5.10. Contaminación de TPH en suelos

Se midió la concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleos (TPH) como el parámetro que considera todas las cadenas de carbono.

3.5.11. Perforación y muestreo

Se realizaron la selección y distribución de seis sitios en los cuales, se realizaron perforaciones exploratorias profundas hasta encontrar nivel freático.

3.5.12. Metodología del estudio de TPH en suelos

Se revisaron los planos, para asegurar que el sitio no tuviera una estructura subterránea que pudiera ser dañada. Los trabajos de investigación se realizaron para determinar la pluma potencial de contaminación conociendo la dirección del gradiente hidráulico y determinar las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo.

3.5.13. Resultados de los análisis de TPH en suelos

Las concentraciones de TPH registradas en las seis perforaciones, con sus correspondientes profundidades de medida y su litología, se presentan en la tabla 4, y

en el plano 2, la implantación de las instalaciones de la gasolinera y las ubicaciones de las perforaciones realizadas, para la toma de muestras del agua subterránea y suelo.

Tabla 4. Descripción de las perforaciones de toma de muestras y litología de suelos y aguas

PERFORACIÓN # 1		
Profundidad (m)	TPH (mg/l)	Litología
0.40		Relleno
0.80		Relleno
1.00	548.9	Relleno
1.20		Relleno
1.50		Arcilla, textura fina
Se encontró agua a 1 m		
PERFORACIÓN # 2		
Profundidad (m)	TPH (mg/l)	Litología
0.45		Relleno
0.95		Relleno
1.00	304.59	Relleno
1.30	1993.76	Relleno
1.40		Relleno
Se encontró agua a 1 m		
PERFORACIÓN # 3		
Profundidad (m)	TPH (mg/l)	Litología
0.50	1974,36	Relleno
1.00	3183,57	Relleno
1.50	3737,45	Relleno
Se encontró agua a 1 m		
PERFORACIÓN # 4		
Profundidad (m)	TPH (mg/l)	Litología
0.50	636,86	Relleno
1.00	1973,37	Relleno
1.50	463,51	Gravilla
Se encontró agua a 0.90 m		
PERFORACIÓN # 5		
Profundidad (m)	TPH (mg/l)	Litología
0.50	415,92	Relleno
1.00		Relleno
1.50		Relleno
Se encontró agua a 0.90 m		
PERFORACIÓN # 6		
Profundidad (m)	TPH (mg/l)	Litología
0.50	402,31	Relleno
1.00	413,6	Relleno
1.50		Relleno
Se encontró agua a 0.90 m		

Relleno: Material mal clasificado. Muy poroso.

Elaborado por: Miguel Ángel Paredes Menéndez

3.5.14. Resultados de los muestreos del agua subterránea y el suelo

Muestreo de suelos

Las herramientas y accesorios de muestreo de suelos, se lavaron previamente con una solución de agua potable. El utensilio toma-muestra, se acopló a la tubería de perforación, la cual se introdujo dentro del barreno de perforación y bajó lentamente hasta alcanzar la profundidad establecida para el muestreo.

Análisis de laboratorio para suelos

Los criterios de remediación o restauración, se establecen de acuerdo al uso del suelo, Los resultados reportados indican que las concentraciones de compuestos presentes de hidrocarburo en las muestras extraídas de las perforaciones exploratorias, no superan los límites permitidos por el Decreto Ejecutivo 1215 expedido por el Ministerio de Energía y Minas. Para TPH, se asumen los límites correspondientes a industrial/residencial por considerarse los más adecuados para el sitio.

Tabla 5. TPH en suelo

PERFORACIÓN MUESTREO	PROFUNDIDAD (m)	TPH (mg/kg)
PM 1	1	548,9
PM 2	1	304,59
PM 2	1,3	1993,76
PM 3	0,5	1974,36
PM 3	1	3183,57
PM 3	1,5	3737,45
PM 4	0,5	636,86

PM 4	1	1973,37
PM 4	1,5	463,51
PM 5	0,5	415,92
PM 6	0,5	402,31
PM 6	1	413,6
NORMA	USO DEL SUELO	
Límites Permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados (Decreto 1215 Min. Energía y Minas)	Agrícola	< 2500
	Industrial	< 4000
	Ecosistema sensible	< 1000

Elaborado por: Miguel Ángel Paredes Menéndez

Se establece que las concentraciones reportadas de TPH en suelo, en los resultados de laboratorio, no superan el límite permisible para suelos industriales de 4000 mg/kg.

3.5.15. Análisis de laboratorio para agua

Se tomaron muestras de agua subterránea, utilizando bailers, llegando hasta 30 cm de profundidad después del nivel freático. Las muestras se colectaron en recipientes adecuados

En cuanto al parámetro TPH, las concentraciones de las muestras tomadas de las perforaciones exploratorias, se encuentran por encima de los límites permitidos para aguas por el Decreto Ejecutivo 1215. Para TPH, se asumen los límites correspondientes a inmersión en cuerpo receptor.

Tabla 6. TPH en agua

PERFORACION POZO MUESTREO	TPH (mg/l)
PM 1	0,75
PM 2	3,92
PM 3	28,66
PM 4	94,74
PM 5	9,74
PM 6	6,83
Norma	
Límites Permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados (Decreto 1215 Min. Energía y Minas)	0.5

Elaborado por: Miguel Ángel Paredes Menéndez

Se establece que las concentraciones reportadas de TPH en agua de nivel freático, en los resultados de laboratorio, superan los límites permisibles de 0,5 mg/l

3.5.16. Análisis de impacto ambiental usando RBCA

Adicional, se encontró combustible en disolución con el agua de nivel freático durante las perforaciones exploratorias, se hace necesaria la realización de un análisis del modelo conceptual de la norma a fin de determinar las acciones correctivas a seguir, de acuerdo a las rutas de exposición que se identifiquen y los receptores impactados. Para el análisis, se tiene en cuenta la caracterización inicial del sitio, la ubicación de la zona afectada, y la presencia de receptores sensibles; con esta información, se evalúan los escenarios de exposición y proponen las acciones correctivas necesarias.

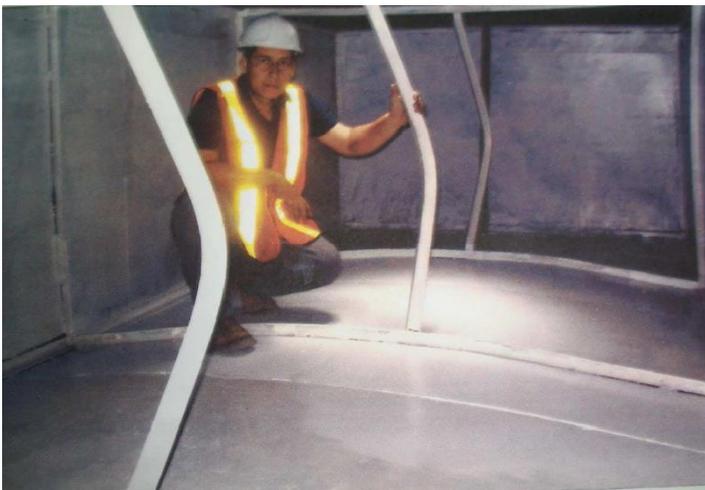
La norma ASTM 1739, identifica como un riesgo, sólo si están presentes los tres componentes siguientes: una fuente de contaminación, un receptor sensible y la existencia de un mecanismo de transporte y una ruta de exposición entre la fuente y el receptor.

3.5.17. Ubicación de la zona afectada

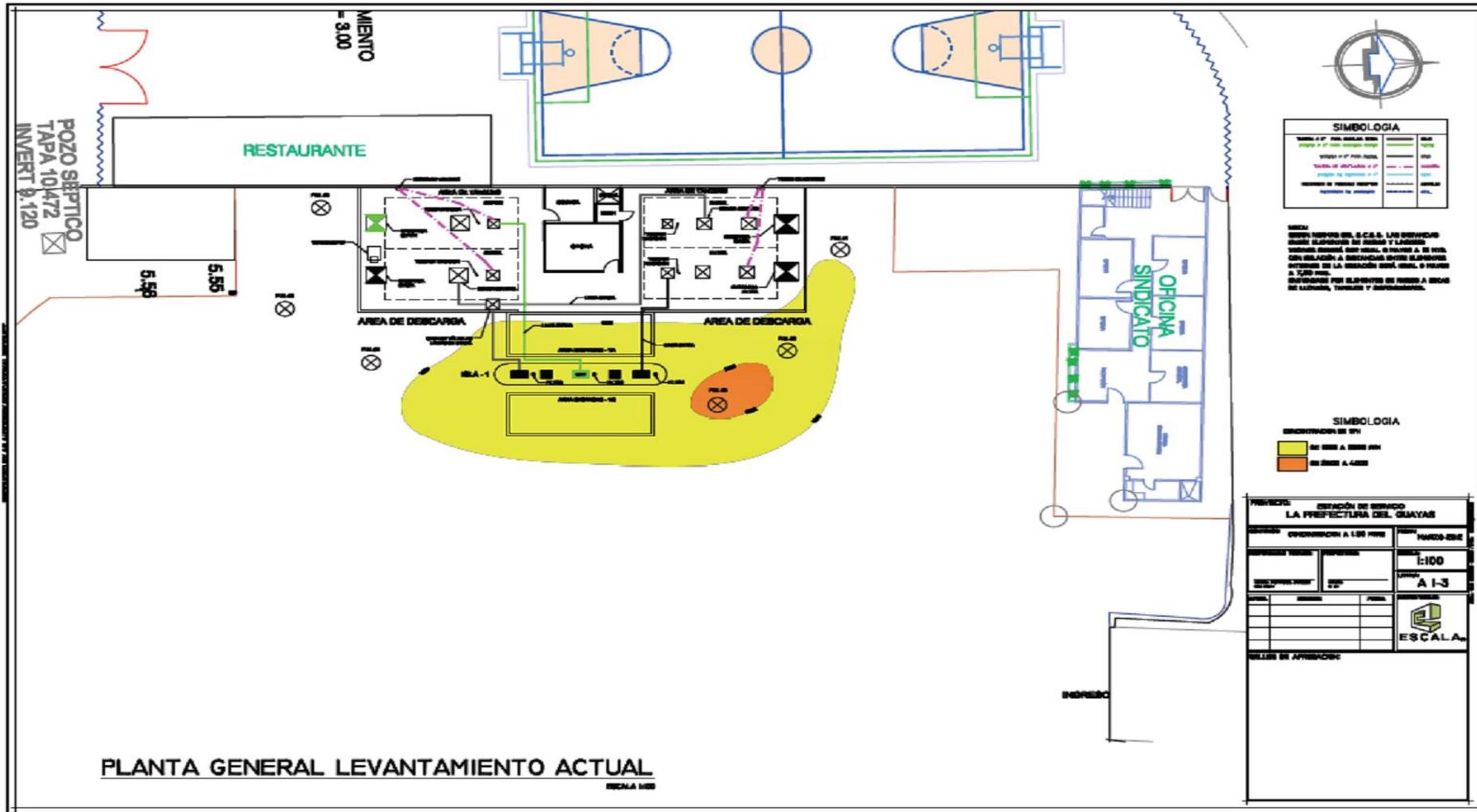
A partir de los resultados de las perforaciones exploratorias profundas, se puede establecer que las zonas afectadas, se encuentran al este de la estación de servicio:

- PM-1: concentración de TPH hasta 548.9 ppm a 1 metro de profundidad.
- PM-2: concentración de TPH hasta 1993.76 ppm a 1.3 metros de profundidad.
- PM-3: concentración de TPH hasta 3737.45 ppm a 1.5 metros de profundidad.
- PM-4: concentración de TPH hasta 1973.37 ppm a 1 metro de profundidad.
- PM-5: concentración de TPH hasta 415.92 ppm a 0.5 metros de profundidad.
- PM-6: concentración de TPH hasta 413.6 ppm a 1 metro de profundidad.

Foto 1: Interior de los tanques de combustible de la gasolinera Galpones de forma rectangular, donde se observa que ha sufrido deformaciones por la fuerza de empuje del agua de nivel freático



Fuente: Miguel Ángel Paredes Menéndez



Plano 3. Se visualiza el área de afectación a dos profundidades a 1m correspondiente a las concentraciones de 1000 ppm de TPH, y a 1.50 m la de 2000 ppm.

Dirección: Av. Plaza Dañín y Pedro Menéndez Gilbert.

3.5.18. Escenarios de mecanismos de transmisión

La evaluación de los escenarios de transmisión tiene como objetivo determinar la afectación a cualquier receptor potencial; para esto, se utilizó el modelo conceptual del sitio en donde, se ubican esquemáticamente las fuentes primarias y secundarias, los mecanismos de transporte, migración y receptores sensibles potenciales.

Como fuentes primarias, se identificaron los tanques de almacenamiento de combustible con diseños inadecuados, prisma rectangular; de acuerdo a la legislación, debe ser cilíndrico. El tanque de almacenamiento presentó fallas estructurales por las fuerzas de empuje hidrostática que produjeron fisuras en los cordones de soldaduras, por donde, el combustible, se ex filtró al ambiente. Las líneas de conducción, el sistema de llenado, la zona de despacho del producto y la pista no tenían pavimentos ocurriendo derrames al suelo de combustible al abastecer los equipos camioneros contaminándolo, por su cercanía y ubicación dentro de la zona afectada.

Como fuentes secundarias, se identificaron el suelo impactado por hidrocarburo y el agua subterránea afectada al nivel freático influenciado por la fluctuación de niveles de marea del estuario río Guayas, cuya pluma de contaminación cubre los sectores oriental, nororiental y suroriental de la estación. Los receptores que pueden ser afectados por las fuentes mencionadas son los trabajadores de la gasolinera Galpones, los sitios aledaños al sector oriental y el estuario del río (ver anexo 2).

Debido a la ausencia de una placa de concreto sobre la pista existe la posibilidad de exposición de hidrocarburos por vapores que puedan filtrar fácilmente el suelo y tener

contacto con los trabajadores de la gasolinera. Además, a 300 metros, el estuario del río Guayas podría ser un receptor potencial del producto derramado debido a las mareas.

En conclusión, se puede afirmar que las rutas de exposición entre la fuente y los receptores no son completas, por lo tanto, no se completa el modelo conceptual, el riesgo de impacto ambiental negativo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los niveles freáticos de las aguas subterráneas, se encuentran influenciados por las fluctuaciones del estuario del río Guayas, lo que podría permitir la amplitud de la pluma de contaminación. En razón a lo anterior, las medidas a seguir bajo un escenario sin riesgo y en este caso en particular son:

Identificar la fuente primaria (tanques y/o llenado) y controlarla a través de pruebas de integridad.

Construir pozos de monitoreo para extraer producto libre y realizar pruebas hidráulicas y de verificación de las condiciones ambientales.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN

4.1. Comparación empírica

Del análisis de la aplicabilidad de la norma ASTM 1739 RBCA y su modelo conceptual al Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador, RAOHE, se presentan tres argumentos:

Primer argumento.-

La norma ASTM 1739 incluye el modelo conceptual para estimar impactos ambientales por fugas de hidrocarburos; el modelo contempla tres elementos: fuente, medio de transmisión y receptor. El RAOHE dispone presentar planes de remediación ambiental en caso de fugas o derrames de combustibles mayores a 5 barriles que corresponden al elemento fuente del modelo referido y con este criterio es aplicable la norma ASTM.

Segundo argumento.-

El RAOHE establece los límites permisibles máximos para las contaminaciones de los hidrocarburos especificando las concentraciones de TPH (hidrocarburos totales) en suelos y aguas, con los cuales, se definen criterios de limpieza que la norma ASTM 1739 tiene establecido dentro de su ámbito.

Tercer argumento.-

El RAOHE tiene incorporado, en algunos casos, normas ASTM en su normativa ambiental confirmando su aplicabilidad.

4.2. Limitaciones

Al realizar la investigación de la aplicabilidad de la norma ASTM 1730 RBCA y proponer una guía de estimación local de los impactos ambientales negativos producidos por fugas de combustibles en gasolineras, se tomaron en consideración las limitaciones siguientes:

- De la norma ASTM 1739 RBCA, se investigó la parte ambiental de la norma de estimación de impactos ambientales, no abarcando los aspectos de higiene industrial de exposición y toxicidad que son aspectos que pueden ser abarcado en estudios posteriores.
- Se define dos niveles de investigación para las gasolineras que presenten fugas de combustible, el primero de investigación de campo de recolección de información de la gasolinera de histórico de fugas, conciliaciones de inventario de tanques e inspección para observar derrames, manchas de combustibles, entre otros. El segundo de toma de muestras de suelo y agua subterránea para realizar análisis de contenido de TPH y su interpretación en el modelo conceptual para luego proponer medidas de remediación de suelos y aguas.
- Se define los límites máximos permisibles de TPH del Anexo 2 tabla 4 del Reglamento Sustitutivo de Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas como los criterios de limpieza para hacer la remediaciones, no

utilizando otros límites permisibles de hidrocarburos tóxicos como el BTEX y HAPC por el valor de los análisis de laboratorio y técnicos especializados.

- En la investigación de campo, por limitaciones financieras, solamente se realizaron seis perforaciones para el muestreo del agua subterránea y el suelo.
- En la investigación documental, la norma ASTM 1739 RBCA, fue adquirida a la ASTM WEB SHOPPING en su versión original, en idioma inglés, para luego ser traducida al español por el autor de la investigación.

4.3. Líneas de investigación

Para futuras investigaciones de la aplicabilidad de la norma ASTM 1739, se debe abarcar la parte de higiene industrial de exposición y toxicidad por técnicos en esta área que va de la mano de los aspectos ambientales al producirse problemas de fugas de combustible en las gasolineras.

CAPÍTULO 5

5. PROPUESTA

A continuación, el autor de la investigación presenta la propuesta de una guía técnica de estimación de impactos ambientales producido por fugas de combustible en gasolineras adecuando la Norma ASTM 1739 RBCA al Ecuador tomando en cuenta limitaciones de tecnología, técnicos y normativa ambiental vigente.

La guía propuesta no toma en cuenta los aspectos de higiene industrial de norma ASTM 1739 RBCA de exposición y toxicidad solo abarcará los aspectos ambientales de la norma del modelo conceptual fuente, medio de transmisión y receptor. También, se establecen dos niveles de acción en la investigación de casos de fuga de combustibles en gasolineras; la primera, la inspección del sitio para levantar información de historia de fugas anteriores, inventario de conciliación de tanques, verificación de manchas olores de combustible, entre otros. La segunda parte de realizar perforaciones hasta el nivel freático para determinar concentración de TPH en las mismas.

Se establece como criterio de limpieza de la contaminación producida por la fuga de combustibles los máximos límites permisibles de TPH del Anexo 2 tabla 4 del Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas.

Se tomaran muestras de suelo y agua para analizar concentraciones de TPH (hidrocarburos totales) que definen el grado de impacto contaminación del suelo y agua y con base a éstos, se tomarán las medidas de remediación necesaria.

5.1. Guía técnica para la estimación de impactos ambientales producidos por fugas de combustible en gasolineras

La guía propuesta consta de las partes siguientes:

5.1.1. Evaluación inicial e inspección del sitio

Se deben realizar las actividades de levantamiento de la información, siguiente:

- Entrevistas a operadores administradores para determinar si ocurrieron fugas de combustibles anteriores (histórico de fugas)
- Solicitar conciliación de inventario líquido de al menos seis meses atrás para determinar el porcentaje normal de merma o faltante de inventario.
- Número de tanques, capacidad de almacenamiento, tipos de productos, tablas de calibración de tanques, número de surtidores, tipo de líneas de distribución, estado de contenedores anti-derrames del área de descarga del carro tanquero, bombas sumergibles y surtidores.
- Coordenadas de la estación GPS.
- Planos de implantación de la gasolinera y fotos de las principales áreas de la gasolinera.
- Inspección a la gasolinera para identificar manchas, residuos de combustible u olores en área de descarga de combustible, surtidores de despacho, área de tanques (manholes), trampas de grasa.
- Inspección de pozos de monitoreo o piezómetros para revisar si están secos y si hay nivel de agua y si no tiene olor o presencia de combustibles.
- Inspección de cajas de registro de aguas lluvias, aguas servidas y telefónicas observando residuos de combustible u olores.

5.1.2. Identificación de posibles receptores

Para la evaluación de posibles receptores de la fuga de combustible, se debe identificar a 100 metros a la redonda (N,S,E,O) de posibles receptores sensibles como:

- Cuerpos de agua, ríos, playas, lagos, esteros, entre otros.
- Zonas residenciales y si hay pozos de agua.
- Hospitales, colegios, escuelas.
- Ecosistemas sensibles de fauna y flora (parques nacionales, zonas faunísticas, entre otros).
- Zonas Agrícolas e Industriales.

5.1.3. Información geológica e hidrológica del sitio donde se ubica la gasolinera

Del sitio donde está ubicada la gasolinera obtener información sobre:

- Estratos geológicos, fallas geológicas, tipos de suelos y estructuras geológicas
- Hidrología del sitio, profundidad de nivel freático, acuíferos agua dulce, acuíferos agua salada, entre otros.
- Dirección y gradiente hidráulico del sitio donde se encuentra la gasolinera.

5.1.4. Caracterización de los medios de transmisión del combustible fugado

Si es posible identificar el área más impactada con combustible para observar:

- Posible migración del combustible a nivel freático.
- Posible migración del combustible a suelo subterráneo.
- Posible evaporización del combustible fugado.
- Posible migración del combustible fugado por agua de escorrentía.
- Posibles migración de combustible fugado por alcantarillas o tuberías de aguas lluvias y servidas.

5.1.5. Perforaciones de toma de muestra de suelo y agua subterránea

De acuerdo al levantamiento de información de la evaluación inicial, se ubican los sitios donde se realizaran las perforaciones para tomar muestras de suelo y agua subterránea que deben de por lo menos cubrir las siguientes áreas de una gasolinera:

- Área de descarga de tanqueros (descarga remota).
- Área de tanques de almacenamiento.
- Área de líneas de tuberías de distribución de combustible.
- Área de islas y surtidores.

Las perforaciones deben de llegar en lo posible hasta el nivel freático, sino se alcanza el nivel freático, por lo menos dos metros debajo de nivel inferior de los tanques de almacenamiento subterráneo.

Se toman muestras de suelo a diferentes profundidades para el análisis en el laboratorio de las muestras de concentración de TPH (Hidrocarburos totales).

Se toman muestra de agua nivel freático para el análisis en el laboratorio de la muestra de concentración de TPH (hidrocarburos totales)

Durante la perforación se describe los diferentes estratos de suelo presentes de acuerdo con la profundidad en que se encuentran.

5.1.6. Evaluación del modelo conceptual–riesgo impacto ambiental

El modelo conceptual de la norma ASTM 1739 de fuente mecanismo de transporte receptor, se evalúa que se cumple, para esto se debe analizar la información levantada de la evaluación inicial, los resultados de los análisis de laboratorio de suelo/agua y comparar con los máximos límites permisibles TPH para suelo y agua, detallados en el Anexo 2 del Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador, si los valores superan los límites máximos y se cumple el modelo conceptual, se identifica las medidas de remediación más apropiadas. También, se debe analizar si son necesarias más perforaciones y toma de la muestra de suelo y agua, que caractericen y dimensionen lo más real posible la pluma de contaminación.

5.1.7. Plan de remediación

Una vez determinada la pluma de contaminación o pasivo ambiental, se debe analizar la mejor técnica de remediación y recuperación de los suelos y aguas impactadas, tomando en cuenta el riesgo ambiental actual y potencial de los receptores. Las medidas de remediación a implementarse van desde:

- Atenuación natural: donde se determine que no hay mecanismo de transporte y no hay ecosistema sensible.

- Confinamiento de la pluma de contaminación.
- Barreras para proteger los receptores sensibles.
- Recolección de producto en fase libre combustible.
- Air tripping de plumas de combustibles disueltas en agua
- Técnicas de bio-remediación en el sitio
- Reemplazo de suelos impactados.

La técnica seleccionada dependerá del costo beneficio de la misma y del monitoreo del agua y suelo posteriores que aseguren/confirmen que las concentraciones de TPH están disminuyendo hasta los criterios de limpieza o límites máximos permisibles.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se planteó revisar la aplicabilidad de la norma ASTM 1739 RBCA con su modelo conceptual en los casos de fugas de combustibles en las gasolineras en el Ecuador, concluyéndose la utilidad de esta norma para estimar los impactos ambientales negativos generados adecuándola a la realidad y el marco legal ecuatoriano; al determinar:
 - El procedimiento a seguir para estimar los impactos ambientales negativos producto de las fugas de combustibles, con base a los tres elementos del modelo conceptual, fuente, medio de transmisión y receptor.
 - La información relevante a levantar en la investigación inicial de una gasolinera con fuga, como: histórico del problema de fugas de combustibles, inspección de tanques/tuberías, conciliación de inventario e inspección de las perforaciones de monitoreo.
 - Los receptores sensibles, actuales y potenciales, que pueden ser afectados, como: cuerpos de agua, ecosistemas sensibles de flora y fauna, zonas residenciales, agrícolas e industriales.
 - Los mecanismos de transporte entre la fuente y los receptores potencial, como el agua de nivel freático, agua subterránea y los suelos permeables
 - Las perforaciones para tomar muestras de agua subterránea y suelo, para determinar el “grado de contaminación e impacto”, que de acuerdo a la investigación inicial del sitio, se deben ubicar y determinar su número.
- Se revisó el modelo conceptual de la norma ASTM 1739 RBCA y determinó que es adecuado para la estimación del impacto/riesgo ambiental sin considerar los criterios de exposición y toxicidad que corresponden al campo de higiene

industrial. El modelo conceptual comprende tres elementos: fuente, medio de transmisión y receptor. El RAOHE dispone presentar planes de remediación ambiental en caso de fugas o derrames de combustibles mayores a 5 barriles que corresponden al elemento fuente del modelo referido y con este criterio, como referencia, es aplicable la norma ASTM.

- Al aplicar la adaptación del modelo conceptual de la norma ASTM 1739 en la investigación de la gasolinera de Galpones del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas, se identificaron fugas de combustibles por fallas en sus tanques de combustibles y derrames en la pista sin pavimento constituyendo éstos, la fuente del modelo conceptual; el mecanismo de transporte es el agua impactada de nivel freático, pero no se identifica un receptor porque no está definido un uso específico del agua del subsuelo en un punto determinado, requisito fundamental para completar el modelo conceptual.
- La elaboración de la guía técnica para la estimación de los impactos ambientales producidos por las fugas de combustibles en las gasolineras, se la realizó tomando como base la norma ASTM 1739 RBCA, para direccionar los recursos, humano, financieros y de tiempo, aumentando la rapidez de la respuesta de mitigación y recuperación de los sitios afectados. Adicionalmente, ayuda a los técnicos en los procesos de comercialización y migración de los combustibles, y a las autoridades para que mejoren la prevención de fugas, implementando los controles efectivos.
- La hipótesis planteada se cumple parcialmente ya que no hay una metodología, norma ambiental específica para la investigación de impactos ambientales

producidos por fugas de combustibles, pero en el RAOHE existe el requerimiento de presentar planes de remediación ambiental en fugas de hidrocarburos mayores a 50 barriles, donde el uso del modelo conceptual de la norma ASTM 1739 es aplicable para las condiciones físicas , ambientales en el Ecuador.

Recomendaciones:

Los controles institucionales, se deben fortalecer tanto en el diseño, la construcción y la operación de las gasolineras para que éstas no presenten fugas de combustibles, al ambiente. Existe la legislación ambiental correspondiente y las instituciones responsables para el control del diseño, la construcción y la operación de las gasolineras, como el Ministerio de Medio Ambiente y las Direcciones de Medio Ambiente de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, que han obtenido la acreditación respectiva. Estas instituciones, en general, no tienen técnicos especializados y los recursos requeridos para ejercer con eficiencia y eficacia su control, identificándose una debilidad institucional, por lo que se recomienda, que debe ser fortalecida para ejercer su función.

Para la estimación de los impactos ambientales negativos de las fugas de combustibles, se debe utilizar la guía propuesta para lo cual, se la debe difundir y socializar para que ésta sea perfeccionada y completada con el aporte de otros técnicos e instituciones, que por ley ejerce el control sobre las operaciones de distribución de combustibles.

Bibliografía

- Agencia para Substancias Tóxicas y el registro de enfermedades. (Septiembre de 1999). *Resumen de Salud Publica Hidrocarburos totales de petroleo*. Recuperado el Mayo de 2016, de Que sucede cuando los TPH entran al ambiente: www.atsdr.cdc.gov/es
- Angel R. Velazquez Fernandez, N. R. (2010). *Metodologia de la investigacion Cientifica*. Lima Peru: Editorial San Marcos .
- Asociacion Española de Calidad. (Mayo de 2016). *Normas ASTM*. Obtenido de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm>
- ASTM. (Mayo de 2016). *Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites*. Obtenido de ASTM 1739 (2015): <https://www.astm.org/Standards/E1739.htm>
- ASTM INTERNATIONAL. (2016). *Frequently Asked Questions*. Obtenido de <https://www.astm.org/FAQ/index.html#what>
- CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES. (2002). *LEY DE HIDRACARBUIROS*. Quito : CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES.
- EP PETROECUADOR. (2016). *EP PETROECUADOR*. Recuperado el 2015, de <http://www.eppetroecuador.ec>
- INEN. (14 de Mayo de 2016). *INEN Servicio Ecuatoriano de Normalizacion*. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>
- INTERTEK. (2016). *Determinacion de TPH (Hidrocarburos totales de petroleo)*. Obtenido de <http://www.intertek.es/medioambiente/determinacion-de-tph/>
- Larry W. Canter. (2002). *MANUAL DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL*. Madrid: McGraw-Hill, Inc. USA.
- Mendoza, S. V. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigacion cientifica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Ministerio de Medio Ambiente - Alcaldia de Santa Fe de Bogota . (1999). *Guia de Manejo Ambiental para Estaciones de Servicio de Combustible*. Santa Fe de Bogota.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo No 61* . Recuperado el JUNIO de 2016, de <http://www.ambiente.gob.ec/?s=acuerdo+61>
- Nebraska Department of Environmental Quality. (2009). *Risk Based Corrective Action at Petroleum sites Assesmente&Report*. Lincoln Nebraska: NDEQ Guidance Document.
- Ocaña, A. O. (2015). *Epistemologia y metodologia de la investigacion*. Bogota - Colombia: Ediciones de la U. Bogota .
- PEMEX. (2016). *PEMEX*. Obtenido de <http://www.pemex.com/comercializacion/productos/HDS/refinados/HDSS-301%20Pemex%20Diesel.pdf>

Roberto Hernandez Sampieri, C. H. (2007). *Fundamentos de metodologia de la investigacion*. Madrid España: McGraw-Hill Interamericana de España.

Silvia Angelone, M. T. (2005). *Permeabilidad de Suelos*. Rosario Argentina : Universidad Central de Rosario.

REPORTAJE PERIODISTICO

PROBLEMAS DE CONTAMINACION EN GASOLINERA

En el Ecuador se han presentado varios casos de fugas subterráneas de combustible en diferentes estaciones de servicios o gasolineras, esto ha causado alerta y preocupación en las personas que habitan en los alrededores de estas estaciones de servicio donde se encuentra el origen de la fuga del hidrocarburo.

A continuación se presentan tres casos de fuga de hidrocarburos que llamaron la atención a la prensa nacional.

Fuga de combustible en Quito

Uno de los casos más reciente de fuga de combustible se dio en Quito en el mes de septiembre del 2012. En la esquina de la 6 de Diciembre y Shyris se detectó gasolina a 13 metros de profundidad donde se llevaba a cabo la construcción de un edificio. El olor a combustible alarmó a los vecinos del lugar y a los albañiles que trabajaban en la construcción.

La zona donde se produjo el incidente es residencial y los moradores que habitan en el sector se mostraron preocupados ante la situación expresando que las gasolineras deberían ser reguladas. Alrededor de 50 metros de la obra, donde se localizó el producto derramado, se encuentran dos estaciones de servicio que podrían ser las causantes del percance.

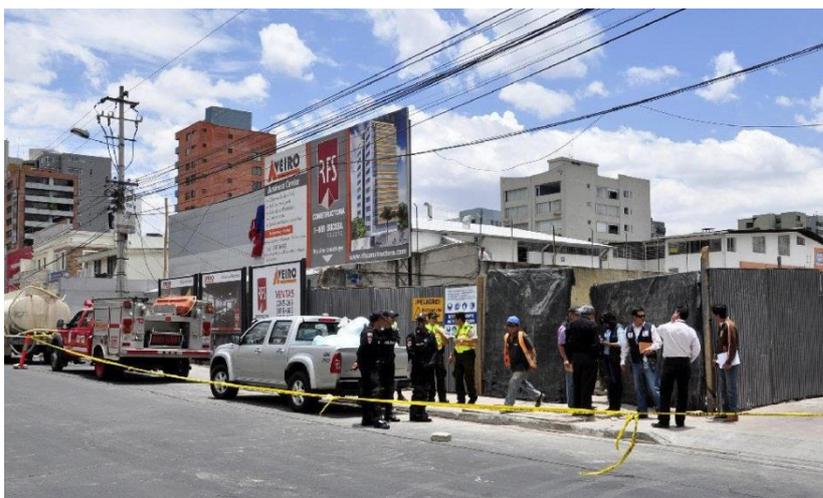


Imagen # 1 - Fuga de combustible en Quito

Fuente:http://www.elcomercio.com/quito/fuga-presento-contruccion-norte-Quito_0_776322425.html

Fuga de gasolina en la Cooperativa Nueva Provincia

Otro hecho similar sucedió en el mes de octubre del 2011 donde se encontró gasolina en los pozos de la Cooperativa Nueva Provincia. El agua que se encontraba en estos pozos era consumida por los habitantes del sector pues no contaban con el servicio de agua potable.

La fuga y filtración del combustible era proveniente de la estación de servicio “Terpel”, ubicada en el kilómetro 5 de la vía Quevedo. Según el informe técnico elaborado por la Dirección Provincial de Ambiente se realizó una inspección del lugar, en la que se constató la presencia del combustible en el agua.

Una de las afectadas indicó que el líquido que extraía de su pozo presentaba un olor extraño, como de combustibles y al verterlo en el suelo vio una fina película oleosa.

El organismo de control antes indicado dio un plazo de 30 días a la comercializadora Terpel para que presente un estudio técnico del estado de corrosión y hermeticidad de los tanques de almacenamiento de combustible.

Además se emitió un informe de análisis de muestras de agua de diferentes áreas de la estación de servicios, en las que constaba la cuarta trampa de grasa, e l pozo séptico y el agua de los sectores aledaños.

En vista que el agua no era apta para el consumo una vez que la gasolina se mezcló con la misma, los habitantes del sector se vieron obligados a comprar agua de los tanqueros o adquirir bidones de agua para sus distintos usos.



Imagen # 2 - Fuga de combustible en Quevedo

Fuente:http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101227629/-1/Temor_por_contaminaci%C3%B3n.html#.UG7q303Mj6Z

Fuga de hidrocarburos en Quito, Gasolinera Petrocomercial.

En Quito se reportó otro caso de fuga subterránea de hidrocarburos en abril del 2007 en la gasolinera de petrocomercial, ubicada en las avenidas Eloy Alfaro y Amazonas. En los estacionamientos del edificio Finandes se encontraron rastros de hidrocarburos, en vista de esto Petrocomercial decidió cerrar temporalmente la estación por unas 4 a 6 semanas.

En las instalaciones donde se dio la fuga de hidrocarburos se realizaron pruebas hidrostáticas de los sistemas para confirmar o descartar cualquier hipótesis y realizar el mantenimiento integral de la gasolinera. En la gasolinera se construyeron 33 pozos para controlar posibles fugas. Uno de ellos, denominado de castigo, tiene 10 metros de profundidad.

La estación de servicio estuvo cerrada por un tiempo de 27 días y en su reapertura el responsable del control de gestión de petrocomercial garantizó la seguridad para los ocupantes del edificio Finandes, lugar donde se registraron problemas en el subsuelo por filtraciones de gasolina.

Se impermeabilizó el muro del inmueble y se construyeron pozos pequeños de monitoreo.

Adicionalmente se informó por parte de la estación de servicio que no existió ninguna fuga de combustible de los tanques y que la mancha que apareció en el edificio fue de años anteriores.

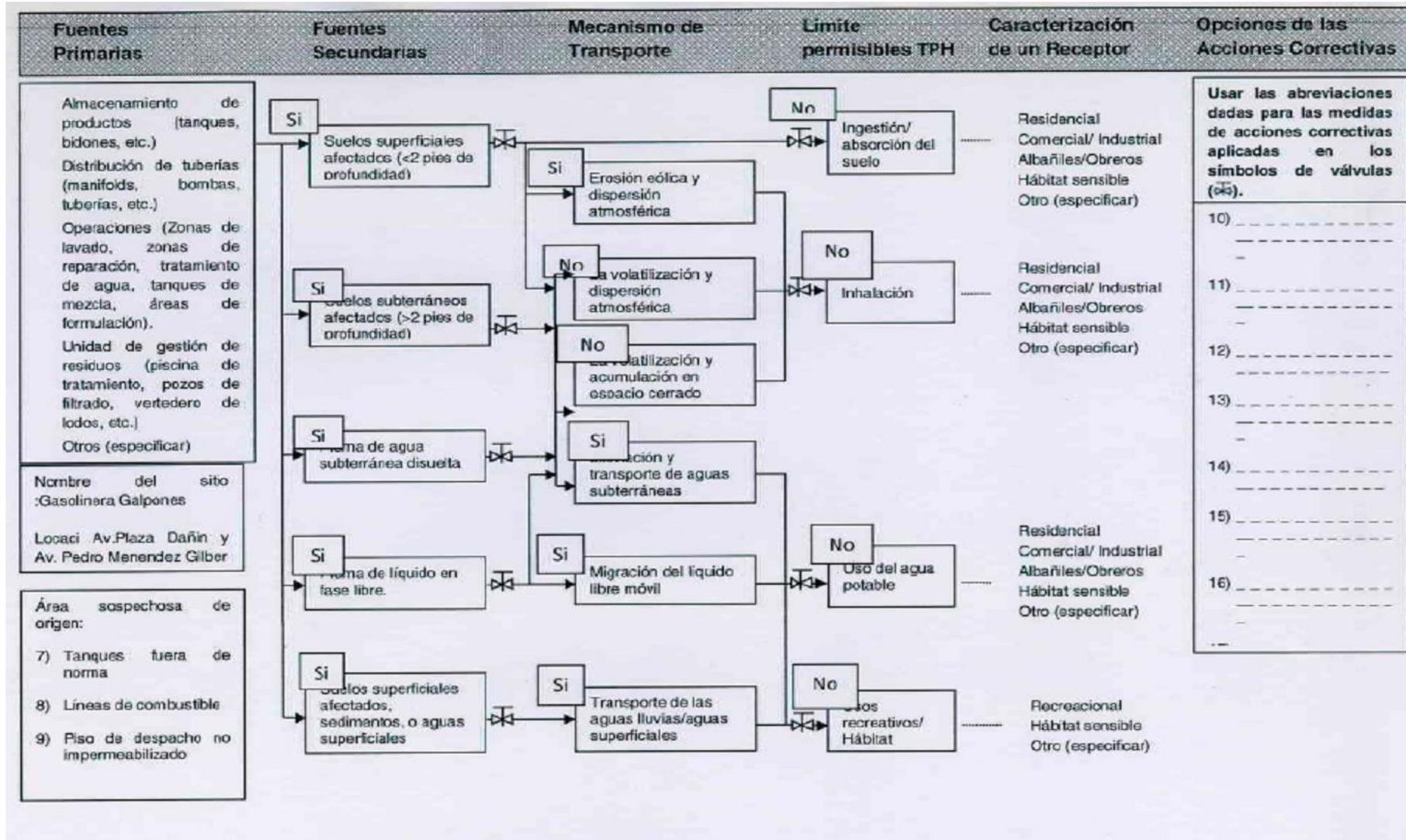


Imagen # 3 - Fuga de combustible Petrocomercial

Fuente: [http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/573441/-](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/573441/)

1/Gasolinera_de_Petrocomercial_vuelve_a_funcionar.html#.UG8_NU3Mj6Y

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EVALUACIÓN



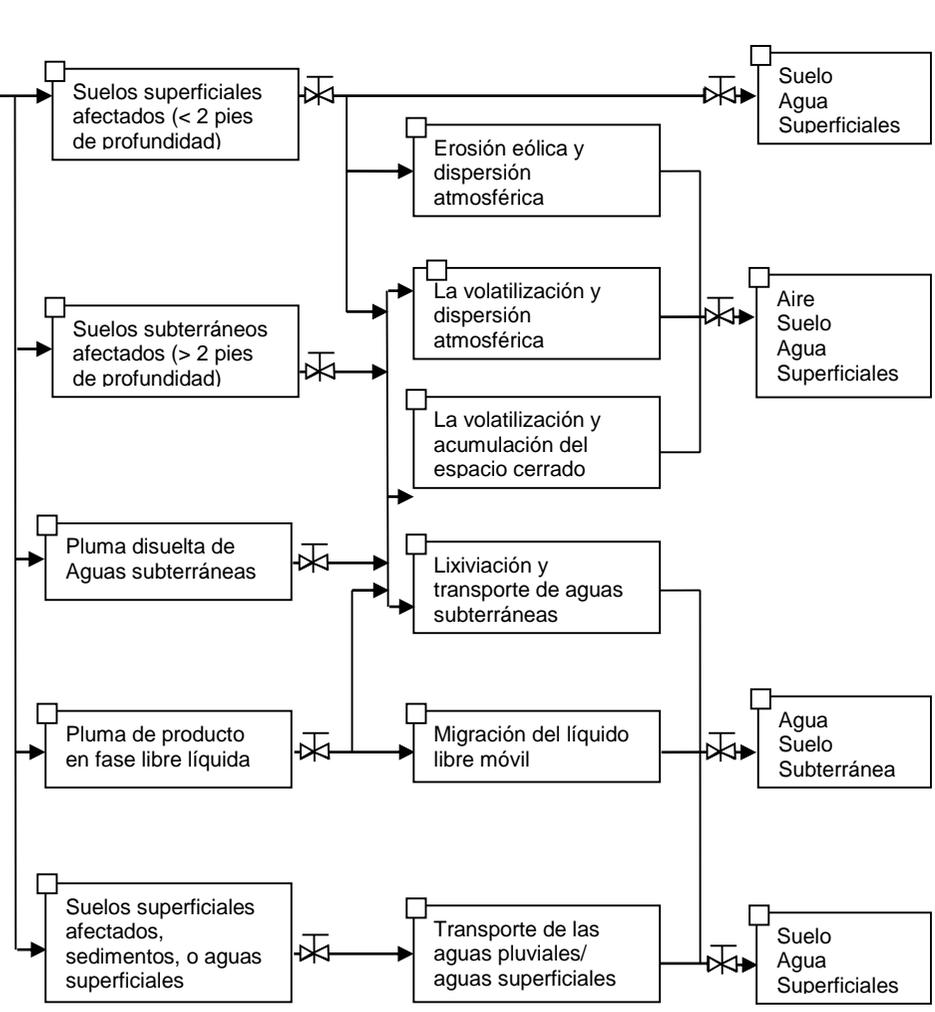
Fuentes Primaria	Fuente Secundaria	Mecanismo de Transporte	Límites permisibles TPH	Caracterización de un Receptor	Opciones de las Acciones Correctivas
------------------	-------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

- Almacenamiento de productos (tanques, bidones, etc.)
- Distribución de tuberías (colectores, bombas, tuberías, etc.)
- Operaciones (Zonas de lavado, zonas de reparación, tratamiento de agua, depósitos mezcladores, áreas de formulación).
- Unidad de gestión de residuos (embalses, pozos secos, vertedero de lodos, etc.)
- Otros (especificar)

Nombre del sitio: _____

 Locación: _____

Área Fuente Sospechosa:
 1) _____
 2) _____
 3) _____
 4) _____
 5) _____
 6) _____



- Residencial
- Comercial/ Industrial
- Constructor
- Hábitat sensible
- Otro (especificar)

- Residencial
- Comercial/ Industrial
- Constructor
- Hábitat sensible
- Otro (especificar)

- Residencial
- Comercial/ Industrial
- Constructor
- Hábitat sensible
- Otro (especificar)

- Recreacional
- Hábitat sensible
- Otro (especificar)

Liste las abreviaturas utilizadas para la adopción de medidas correctivas aplicadas a la válvula de símbolos.	
1)	_____
2)	_____
3)	_____
4)	_____
5)	_____
6)	_____
7)	_____
8)	_____
9)	_____

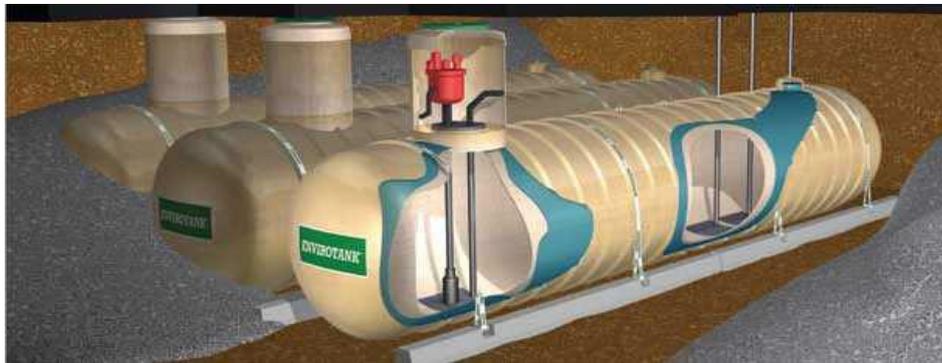
Paso 1: Caracterizar los sitio fuentes y las vías de exposición <ul style="list-style-type: none"> • Complete el formulario Nivel 1 • Ponga visto a los recursos que correspondan, mecanismos de liberación, y actuales o inminentes vías de exposición 	Paso 2: Identificar los receptores, comparar las condiciones del lugar con los niveles del Nivel 1 <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los receptores • Poner visto a los receptores potenciales que correspondan y valores superiores a los del RBSL 	Paso 3: Identificar las posibles medidas correctivas <ul style="list-style-type: none"> • Completar el resumen del reporte del Nivel 1 • Llene en las válvulas de exposición de las vías de exposición registre la sigla de la medida correctiva por encima de la válvula, y registre la abreviatura en la tabla del lado derecho.
--	---	--

FIG 2. Diagrama de Flujo de la Evaluación de la Exposición del Escenario ASTM modificado Miguel Paredes

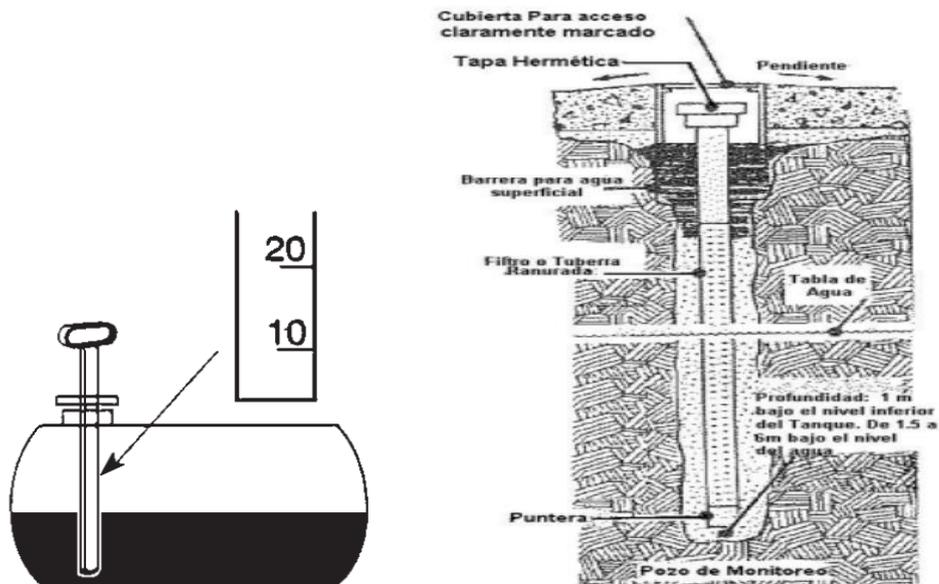
ELEMENTOS DE UNA GASOLINERA



Zona de descarga



Tanque subterráneo de almacenamiento con sus accesorios y equipos



Varilla de medición

Pozo de monitoreo, piezométrico

Fuente: Pemex Manual de Estaciones de Servicio 2011



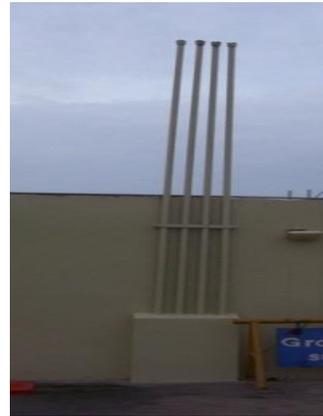
Manhole



Tubería metálica de simple pared



Tubería flexible de doble pared



Tubería de venteo



Surtidor, aparato monoproducto



Surtidor, aparato multiproducto

Fuente: Pemex Manual de Estaciones de Servicio 2011

FOTOS DEL ESTUDIO DE CASO, TRABAJOS REALIZADOS EN LA GASOLINERA GALPONES DEL GOBIERNO PROVINCIAL DEL GUAYAS 2012



Foto 1: Vista general de la gasolinera Galpones –dos islas 2012



Foto 2: Pista no pavimentada de la gasolinera Galpones con evidencias de derrames de combustibles, 2012



Foto 3: Área de tanques de la gasolinera Galpones -2012



Foto 4: Manhole de cemento del tanque de diésel donde se aprecia la fuga de diésel de la bomba sumergible



Foto 5: Tuberia de combustible metalica sobre el piso



Foto 6: Manhole de cemento de tanques de combustible Super y Diesel



Foto 7: Máquina perforadora con aditamento de Split barrel en la gasolinera Galpones, realizando perforaciones



Foto 8: Técnico de laboratorio tomando muestra de agua del nivel freático de la gasolinera Galpones



Foto 9: Muestreador de suelos Split Barrel con muestra de suelo para laboratorio de la gasolinera Galpones



Foto 10: Maestrante dirigiendo los trabajos de perforación, recolección de muestras de agua y suelo subterráneas de la gasolinera Galpones del GPG 2012