

TRABAJO DE GRADO

MONOGRAFÍA

LA “EVALUACION AMBIENTAL EN SITIO FASE I”, UNA HERRAMIENTA EFICAZ  
PARA DETERMINAR SI EXISTEN CONDICIONES AMBIENTALES RECONOCIDAS  
EN SITIOS DE DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS

JHON HOOVER MÁRQUEZ CASTELLANO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios  
Especialización en Gestión de proyectos  
Bogotá D.C., Febrero de 2018

## MONOGRAFÍA

LA "EVALUACION AMBIENTAL EN SITIO FASE I", UNA HERRAMIENTA EFICAZ  
PARA DETERMINAR SI EXISTEN CONDICIONES AMBIENTALES RECONOCIDAS  
EN SITIOS DE DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS

JHON HOOVER MÁRQUEZ CASTELLANO

Director:  
JENNIFER MOSQUERA MOSQUERA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios  
Especialización en Gestión de proyectos  
Bogotá D.C., Febrero de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia agradezco a Dios por obsequiarme la paciencia, la dedicación y la fuerza de voluntad para afrontar este reto tan importante para mi vida profesional.

A mi madre por su voz de aliento en los momentos difíciles., a mi esposa e hijo por su paciencia y apoyo incondicional.

Por ultimo a la UNAD y sus docentes por brindarme la oportunidad de realizar una meta propuesta y servirme de puente hacia el conocimiento.

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	11
3. GENERALIDADES .....	12
3.1. La Evaluación Ambiental en sitio Fase I.....	12
3.2. Aplicación de la evaluación ambiental de forma preventiva .....	12
3.3. Beneficios por realizar la evaluación ambiental Fase I en estos sitios:.....	15
3.4. Como consecuencia de la investigación en una evaluación ambiental obtenemos estos resultados.....	16
3.5. Limitaciones y excepciones.....	16
4. ELABORACIÓN DEL INFORME DE EVALUACIÓN AMBIENTAL EN SITIO – FASE I	17
4.1. Características del área de influencia.....	21
4.2. Descripción de las estructuras, vías y mejoras .....	21
4.3. Sistema de detección y control de fugas .....	25
4.4. Manejo de residuos .....	26
4.5. Contexto geológico e hidrológico general.....	26
4.6. Información histórica del sitio .....	27
4.7. Investigaciones ambientales previas .....	28
4.8. Estudio de receptores sensibles .....	29
4.9. Modelo conceptual del sitio .....	30
4.10. Observaciones de reconocimiento del sitio .....	32
4.11. CONCLUSIONES .....	35
5. RECOMENDACIONES .....	37
6. CONCLUSIONES .....	39
7. BIBLIOGRAFIA .....	41

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ESTACION DE SERVICIO.....	22
FIGURA 2 CANALETA PERIMETRAL .....	23
FIGURA 3 DETALLE TRAMPA DE GRASA .....	23
FIGURA 4 DETALLE DE POZO DE MONITOREO .....	25

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 RESUMEN EJECUTIVO .....	19
TABLA 2 EJEMPLO OBSERVACIONES RECONOCIMIENTO INTERIOR/EXTERIOR PARA EL SITIO .....	33

## NOMENCLATURA DE SIGLAS

ASTM	=	<i>American Society for Testing and Materials</i> - Sociedad Americana de Ensayos de Materiales
IGAC	=	Instituto Agustin Codazzi
CDI	=	Compuesto de Interés.
EAF I	=	Estudio Ambiental Fase I
EAF II	=	Estudio Ambiental Fase II
EDS	=	Estación de Servicio.
Km.	=	Kilómetros
LGBR	=	Límites Genéricos Basados en Riesgo.
MADS	=	Ministerio De Ambiente, Y Desarrollo Sostenible.
m.	=	metros
N.A.	=	No Aplica.
PM	=	Pozo de Monitoreo.
CAR's	=	Condiciones Ambientales Reconocidas.
CAR	=	Corporación Autónoma Regional
PCB's	=	Policlorados Bifenilos

## 1. RESUMEN

La protección del medio ambiente es una prioridad que involucra al estado, al sector empresarial y al social. Estos, deben trabajar de la mano de políticas que promuevan la conservación del patrimonio natural del país que se ha visto agotado como consecuencia del inadecuado manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.

Como consecuencia, se han modernizado sistemas, procesos, procedimientos y diseñado estrategias para proteger el medio ambiente. Una de esas estrategias es la “evaluación ambiental en sitio Fase I”, la cual se utiliza como primera fase para determinar condiciones ambientales reconocidas que hacen referencia a la presencia o probable presencia de sustancias peligrosas o productos derivados del petróleo en un predio en condiciones que permitan indicar una fuga de producto existente, una fuga de producto antigua, o una amenaza material de liberación de sustancias peligrosas o productos derivados del petróleo en el suelo, aguas subterráneas, aguas de superficie o en estructuras dentro del predio.

La evaluación ambiental en sitio Fase I, coteja las condiciones físicas del sitio, observa las actividades que allí se realizan y de su entorno más cercano como parte de la visita de campo, la cual es complementada con información secundaria, que con base en el criterio del profesional permiten calificarlas como condiciones ambientales reconocidas.

En algunos casos se requerirán estudios complementarios que permitan realizar una investigación intrusiva para determinar si existe un impacto real en el suelo o el agua subterránea, por fuera de los límites recomendados.

*Descriptor clave: Medio Ambiente, evaluación ambiental, sustancia peligrosa, condición ambiental reconocida, visita de campo, amenaza material.*

## **ABSTRACT**

The protection of the environment is a priority that involves the state, the business sector and the social sector. These must work hand in hand with policies that promote the conservation of the natural heritage of the country that has been exhausted as a result of inadequate management and use of natural resources. As a consequence, systems, processes, procedures and strategies have been modernized to protect the environment.

One of these strategies is the "Phase I Site Environmental Assessment", which is used as the first phase to determine recognized environmental conditions that refer to the presence or probable presence of dangerous substances or petroleum products in a facility under conditions that indicate an existing product leak, an old product leak, or a material threat of release of hazardous substances or petroleum products in the soil, groundwater, surface water or structures within the premises.

The environmental evaluation in Phase I site, checks the physical conditions of the site, observes the activities carried out there and their closest environment as part of the field visit, which is supplemented with secondary information, which based on the criteria of the professional allow them to qualify as recognized environmental conditions. In some cases, additional studies will be required to allow an intrusive investigation to determine if there is a real impact on the ground or groundwater, beyond the recommended limits.

*Key descriptors: Environment, environmental assessment, dangerous substance, recognized environmental condition, field visit, material threat.*



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende orientar en el diseño e implementación de una Evaluación Ambiental en sitio Fase I de un predio en el que funciona una estación de servicio (gasolinera), en conformidad con las guías de práctica habitual establecidas en el (ASTM) Práctica E 1527 a 1505 (véase la sección 3.5 para las limitaciones y excepciones). Esta evaluación ambiental en sitio Fase I se realizará con el propósito de satisfacer los requisitos de diligencia debida de quien posee un activo y quiere verificar su condición actual desde el punto de vista ambiental.

El propósito de este trabajo es desarrollar un informe teniendo en cuenta las consideraciones para evaluar y determinar las condiciones ambientales de la estación de servicio, realizando la revisión de la información existente para la estación de servicio en entidades Nacionales, Municipales, y locales. En agencias de regulación ambiental como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), los registros públicos e información directa de datos obtenidos con el administrador de la estación, relativos al predio y sus alrededores.

Estos datos se utilizaron en un esfuerzo por identificar las instalaciones fuera del sitio o los sitios que tienen un riesgo potencial de afectar negativamente al Inmueble, y el uso de la tierra y la información histórica de ocupación del inmueble para ayudar con la identificación de las condiciones ambientales reconocidas alrededor del sitio en estudio.

Se contacta a funcionarios de la Corporación Autónoma Regional de la zona, al departamento de bomberos, y otros organismos locales competentes para indagar sobre los problemas conocidos del medio ambiente en el inmueble o en el área cercana a su ubicación.

Se lleva a cabo una visita de reconocimiento del sitio, para identificar visualmente las condiciones ambientales del predio y sus alrededores. La información recopilada se utiliza para identificar condiciones ambientales que probablemente puede indicar la presencia de elementos como materiales peligrosos o tóxicos, desechos peligrosos, derivados de petróleo, tanques enterrados y tanques sobre superficie, pozos secos, pozos sépticos, equipos que puedan contener PCB's (Policlorados Bifenilos), áreas de suelo manchado o descolorido, presencia de aguas superficiales, pavimento y/o pisos, y áreas de estrés o vegetación muerta que podrían ser identificadas visualmente en el predio.

También se lleva a cabo una evaluación visual de los inmuebles adyacentes para detectar la presencia de puntos de preocupación ambiental fuera del sitio que podrían tener un impacto adverso en el inmueble objeto de estudio. Se toman fotografías a color para documentar las condiciones actuales del inmueble y en los casos aplicables también de los Inmuebles colindantes, en el momento del reconocimiento del sitio.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la información base para evaluar y determinar si existen CAR's, "**condiciones ambientales reconocidas**". Con el fin de valorar potenciales pasivos ambientales asociados con la estación de servicio (gasolinera).

### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Valorar potenciales pasivos ambientales asociados con el predio.
- Cotejar las condiciones físicas del sitio.
- Observar las actividades que se realizan en el predio y su entorno más cercano.

### **3. GENERALIDADES**

Para entender a fondo lo que pretende una Evaluación Ambiental en sitio Fase I en sitios de distribución de hidrocarburos, debemos entender un concepto fundamental y del cual se hará referencia a lo largo de esta investigación. Que es un “PASIVO AMBIENTAL”, este se traduce como los daños Ambientales que una planta, estación de servicio, campo petrolero, empresa, etc., realiza sin compensar, y el costo de la compensación que estas entidades debieran asumir para eliminar dichos daños.

#### **3.1. La Evaluación Ambiental en sitio Fase I**

Es un reporte preparado por los dueños, arrendatarios, usuarios y/o potenciales compradores de predios y/o instalaciones industriales/comerciales, que identifica RESPONSABILIDADES sobre la contaminación existente o potencial.

#### **3.2. Aplicación de la evaluación ambiental de forma preventiva**

Es en esencia, una revisión e investigación extensa, dirigida a conocer las condiciones ambientales de un sitio, predio o terreno, con respecto a su nivel de contaminación como consecuencia de las actividades y operaciones llevadas a cabo en el mismo, a través del tiempo. Esto se creó, debido a que en el pasado no existía un reconocimiento de las consecuencias de posibles impactos y/o contaminación al suelo, subsuelo y agua subterránea por prácticas consideradas “Normales”, como lo son:

- El "entierro" de residuos
- El abandono de líquidos peligrosos en contenedores inadecuados.
- El abandono de residuos o líquidos peligrosos en contenedores sobre pisos fracturados.

Esta información recolectada en la evaluación ambiental se utilizará con el fin de valorar potenciales pasivos ambientales asociados con el predio. El término "CONDICIONES AMBIENTALES RECONOCIDAS" hace referencia a la presencia o probable presencia de sustancias peligrosas o productos derivados del petróleo en un predio en condiciones que permitan indicar una fuga de producto existente, una fuga de producto antigua, o una amenaza material de liberación de sustancias peligrosas o productos derivados del petróleo en el suelo, aguas subterráneas, aguas de superficie o en estructuras dentro del predio.

La guía ASTM<sup>1</sup> define "**amenaza material**" como "una amenaza física observable o evidente, que es razonablemente probable que conduzca a una fuga, que en concepto del profesional ambiental, genere una amenaza al medio ambiente y podría tener efectos para la salud pública o al medio ambiente." No se considera suficiente para establecer una característica del sitio como una "condición ambiental reconocida" sólo la existencia misma de esta. Con el fin de establecer una característica del sitio como una "**condición ambiental reconocida**", se aclara que "debe haber una evidencia convincente de que:

---

<sup>1</sup> ASTM. *American Society for Testing and Materials* - Sociedad Americana de Ensayos de Materiales

1) La sustancia peligrosa o producto derivado del petróleo fue liberado de su envase o fue liberado como parte de la operación sobre ó bajo la superficie del sitio o

2) En virtud de la condición del contenedor o el estado de la operación que almacena o manipula estos productos, existe una preocupación razonable en el futuro previsible que estas materias serán liberadas a la superficie del Inmueble "(nuevo y mejorado estándar de valoración del sitio, revisiones de la ASTM Fase I).

Por todas estas razones antes expuestas es de vital importancia implementar la evaluación ambiental debido a que en la actualidad existen muchas empresas que no consideran la valoración de posibles Daños Ambientales, y estas mismas tampoco consideran como costos en sus operaciones, aquellos relacionados con la contaminación mencionada.

Esta es la razón principal que origina un pasivo ambiental traducido en un daño ambiental, y la empresa sin darse cuenta puede disminuir sus operaciones e incluso incurrir en el cierre de sus instalaciones pues la autoridad ambiental tiene estas consideraciones contempladas en sus leyes.

### **3.3. Beneficios por realizar la evaluación ambiental Fase I en estos sitios:**

En el ámbito económico:

- Planeación estratégica para atender contingencias
- Elaboración de planes de acción sin presión.
- Evitar el cierre de las instalaciones.
- Evitar la suspensión de actividades por multas.
- Crecimiento económico por aumento en la competitividad de la empresa o negocio.
- Reconocimiento nacional e internacional por medio de certificaciones.

En el ámbito ambiental

- Identificar Pasivos Ambientales.
- Identificar y Administrar Responsabilidades Ambientales.
- Disminución de Riesgo Ambiental y a la Salud Humana.
- Cumplimiento de la Normatividad Local e Internacional.
- Certificaciones Nacionales e Internacionales.
- Contribuir al Desarrollo Sustentable del País.

### **3.4. Como consecuencia de la investigación en una evaluación ambiental obtenemos estos resultados.**

- Identificación de Pasivos Ambientales Potenciales.
- Plan de Acción y/o contingencia en un estudio posterior llamado EAF II “Estudio Ambiental Fase II” que se realiza cuando se han encontrado evidencia de focos potenciales de contaminación producto de la operación en el sitio de estudio
- Costo estimado del estudio Fase I con las justificaciones técnicas y legales.
- Prioridades, con Actividades Programadas.
- Asesoría Jurídica-Legal.

### **3.5. Limitaciones y excepciones**

El alcance de la Evaluación Ambiental en sitio Fase I no incluye condiciones ajenas a la actividad económica del sitio, para el caso de los sitios de distribución de hidrocarburos no se tiene en cuenta la evaluación por presencia de asbestos, pintura con base de plomo, presencia de radón, plomo en el agua potable, los humedales, el cumplimiento normativo, recursos culturales e históricos, higiene industrial, salud y seguridad, recursos ecológicos, especies en peligro de extinción, la calidad del aire interior, líneas de alta tensión. Lo anterior se considera fuera del alcance de la Evaluación Ambiental Fase I en sitios de distribución de hidrocarburos.



#### **4. ELABORACIÓN DEL INFORME DE EVALUACIÓN AMBIENTAL EN SITIO – FASE I**

La Evaluación Ambiental de sitio Fase I, coteja las condiciones físicas del sitio, observa las actividades que allí se realizan y de su entorno más cercano como parte de la visita de campo, la cual es complementada con información secundaria que con base en el criterio del profesional que la realiza, permiten calificarlas como condiciones ambientales reconocidas. En algunos casos se requerirá profundizar más con estudios complementarios que permitan realizar una investigación intrusiva para determinar si existe un impacto real en el suelo o el agua, por fuera de los límites recomendados en el “Manual Técnico para la Ejecución de análisis de Riesgos para los sitios de Distribución de Derivados de hidrocarburos del MADS<sup>2</sup>”.

La primera etapa de la Evaluación Ambiental en sitio Fase I se realiza:

- De conformidad con las guías establecidas por las ASTM E 1527-05<sup>3</sup>.
- Con el propósito de satisfacer los requisitos de diligencia debida de quien posee un activo y quiere hacer una verificación inicial de su condición actual desde el punto de vista ambiental.

---

<sup>2</sup> MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

<sup>3</sup> ASTM International E 1527-05, Práctica para las evaluaciones de sitios ambientales: proceso de evaluación de sitios ambientales, Fase I, que aclara el lenguaje y fortalece el informe que surge del seguimiento de la norma. La E1527 brinda pautas a las personas que evalúan la condición ambiental de los inmuebles comerciales e identifica "condiciones ambientales reconocidas en conexión con una propiedad".

El objetivo de la Evaluación Ambiental de sitio Fase I fue establecer la información base, para evaluar y determinar si existen "*CONDICIONES AMBIENTALES RECONOCIDAS*" en el inmueble. Esta información se utilizará con el fin de valorar potenciales pasivos ambientales asociados con el predio.

El término "*CONDICIONES AMBIENTALES RECONOCIDAS*" hace referencia a la presencia o probable presencia de sustancias peligrosas o productos derivados del petróleo en un predio en condiciones que permitan indicar una fuga de producto existente, una fuga de producto antigua, o una amenaza material de liberación de sustancias peligrosas o productos derivados del petróleo en el suelo, aguas subterráneas, aguas de superficie o en estructuras dentro del predio.

Esta investigación no incluye la valoración de las condiciones mínimas que pueden presentarse en una instalación y que generalmente no presentan un riesgo importante de daño a la salud pública o al medio ambiente y que por lo general no serían objeto de un requerimiento por parte de las autoridades competentes.

La siguiente tabla es un ejemplo donde se resumen los aspectos a evaluar específicamente para el sitio en investigación (Estación de Servicio) respecto a su: Presencia/ausencia.

**TABLA 1 RESUMEN EJECUTIVO**

<b>ITEM</b>	<b>SI/NO</b>	<b>INFORME DE REFERENCIA</b>
<b>EXISTE UN CASO ABIERTO SOBRE FUGA DE PRODUCTO</b>	No	<i>No se ha identificado.</i>
<b>EXISTE UN CASO CERRADO SOBRE FUGA DE PRODUCTO</b>	No	<i>No se ha identificado.</i>
<b>SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO EXISTENTES EN TANQUES ENTERRADOS (UST)</b>	Si	<i>La estación de servicio cuenta con 3 Tanques Enterrados distribuidos de la siguiente manera: (2) tanques de 12.000 galones para el almacenamiento de Gasolina Corriente, (1) tanque bicompartido de 12000 galones para el almacenamiento de 6.000 galones de Extra y 6.000 galones de Diesel.</i>
<b>ANTIGUOS TANQUES ENTERRADOS IDENTIFICADOS</b>	No	<i>No se han identificado</i>
<b>ANTIGUOS TANQUES ENTERRADOS PARA ALMACENAMIENTO DE ACEITE USADO</b>	No	<i>No se han identificado</i>
<b>TANQUES SUPERFICIALES ACTUALES O ANTIGUOS</b>	No	<i>No se han identificado</i>
<b>TRAMPAS DE GRASAS</b>	Si	<i>Cuenta con 2 trampas de grasas de 3 compartimentos y una caja de aforo.</i>
<b>POZOS DE MONITOREO</b>	Si	<i>Cuenta con 4 pozos de monitoreo. No se evidenció afectación por contaminación con hidrocarburo.</i>
<b>ACTIVIDADES DE GESTIÓN DE RESIDUOS</b>	Si	<i>Realizan segregación en la fuente</i>
<b>LAVADERO DE AUTOS</b>	Si	<i>Pertenece a la estación de servicio.</i>
<b>VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES</b>	Si	<i>Las rejillas y canaletas descargan en la trampa de grasas, la salida de la trampa va al alcantarillado.</i>
<b>CANALETAS PERIMETRALES Y REJILLAS</b>	Si	<i>La limpieza se realiza diariamente.</i>
<b>EQUIPOS HIDRÁULICOS</b>	Si	<i>Pertencen a la estación de servicio.</i>
<b>INMUEBLES ADYACENTES – RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES</b>	Si	<i>Se encuentra ubicada en una zona residencial-comercial.</i>
<b>ANOMALÍAS EN LA SUPERFICIE</b>	Si	<i>Se identificaron algunas grietas sobre la superficie de las placas de concreto.</i>
<b>TAMBORES</b>	Si	<i>Se utilizan canecas de 55 galones para el almacenamiento de residuos sólidos, tanto convencionales, como peligrosos.</i>
<b>SISTEMA DE REMEDIACIÓN ACTIVO</b>	No	<i>No aplica</i>

FUENTE: Elaboración propia

Se realiza una investigación de captación de aguas subterráneas dentro de la zona de influencia de acuerdo con información suministrada por las Corporaciones Autónomas Regionales CAR. Esta información se relaciona considerando la importancia del agua subterránea y la ubicación de los puntos de explotación directa respecto al sitio en estudio, para determinar el nivel de riesgo cualitativo del mismo.

La Evaluación Ambiental de sitio Fase I, pone de manifiesto pruebas de condiciones ambientales reconocidas (car) correspondientes al predio, en conformidad con la práctica ASTM E 1527-05<sup>4</sup>: por ejemplo.

***CAR-1: La estación de servicio cuenta un sistema de tanques enterrados distribuidos de la siguiente manera: (2) Tanques de 12.000 galones para almacenamiento Gasolina Corriente, (1) Tanque bicompartido de 12.000 galones para el almacenamiento de 6.000 galones de Extra y 6.000 galones de Diesel.***

***CAR-2: La estación de servicio cuenta con dos separadores de Grasas y Aceites, a los cuales se le realiza la limpieza una vez en el mes, y los residuos generados son almacenados para su posterior disposición.***

***CAR-3: Se identificaron sobre la superficie del área de las islas grietas y deformaciones.***

---

<sup>4</sup> ASTM International E 1527-05, Práctica para las evaluaciones de sitios ambientales: proceso de evaluación de sitios ambientales, Fase I, que aclara el lenguaje y fortalece el informe que surge del seguimiento de la norma. La E1527 brinda pautas a las personas que evalúan la condición ambiental de los inmuebles comerciales e identifica "condiciones ambientales reconocidas en conexión con una propiedad".

***CAR-4: Se observaron 4 pozos de monitoreo, se encontraron en perfecto estado, no se evidenció afectación por contaminación con hidrocarburo, los pozos se hallaron con agua.***

#### **4.1. Características del área de influencia**

Se debe establecer la zona de estudio donde potencialmente se pueden generar impactos y de acuerdo al concepto de uso del suelo establecido por la Curaduría Urbana definir su uso y tipología, es decir si es residencial, comercial, industrial o agrícola. Se identifican además los establecimientos, instituciones educativas, centros de salud, parques, establecimientos religiosos, centros comerciales y lugares de ingreso masivo de personas.

#### **4.2. Descripción de las estructuras, vías y mejoras**

Durante la inspección que se realiza al sitio, se identifican las estructuras fundamentales para el funcionamiento de la estación de servicio (gasolinera), como la estructura que cubre la zona de distribución, las islas, los surtidores para la distribución de combustible, los accesos viales a la estación, bodega, cuarto de máquinas, oficina de la estación, baños públicos, cuarto de basura, etc,. Ubicando dentro del predio los servicios que prestan y que pertenecen a la estación de servicio.

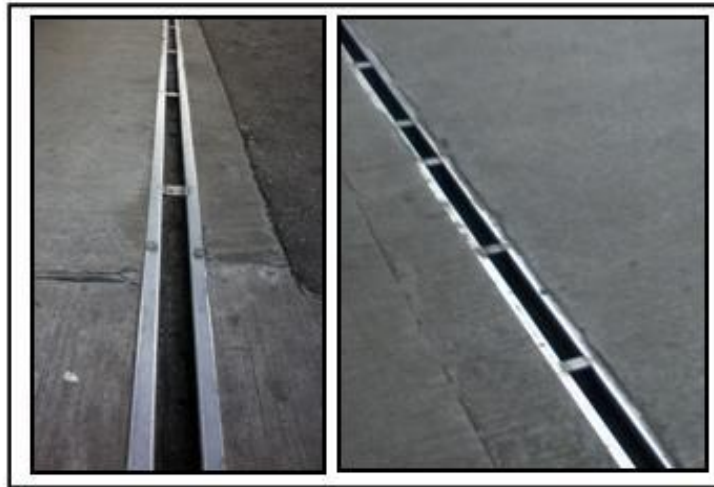
**FIGURA 1 ESTACION DE SERVICIO**



*FUENTE: Elaboración propia*

En la descripción de la estación de servicio (gasolinera) también se define el número de plantas que la conforman y los materiales con los cuales está hecha la construcción, el número total de tanques enterrados para almacenamiento de combustible, la capacidad de almacenaje, el material del cual está hecho. Las áreas de estacionamiento vehicular, oficinas, se describen además las rejillas y canaletas perimetrales las cuales son diseñadas para prevenir posibles derrames de combustible y si ocurre, llevarían el combustible producto del derrame a las trampas de grasa, lugar donde se realiza el tratamiento en primera instancia del agua impactada por hidrocarburos. Además de prevenir un posible impacto las rejillas y canaletas perimetrales conducen el agua lluvia, es muy importante verificar su estado y la periodicidad de su mantenimiento.

**FIGURA 2 CANALETA PERIMETRAL**



*FUENTE: Elaboración propia*

La trampa de grasa es un sistema mediante el cual se separan los residuos sólidos y restos de grasa, en este caso restos de combustible en el evento de fuga o derrame. La trampa evita que estos contaminantes avancen por la cañería garantizando que el agua pueda seguir con seguridad hacia los sistemas de de evacuación. Muy importante constatar los periodos de limpieza de estas trampas de grasa.

**FIGURA 3 DETALLE TRAMPA DE GRASA**



*FUENTE: Elaboración propia*

La estación de servicio como requisito, debe contar con pozos monitores exigidos por la autoridad ambiental bajo estándares de diseño para este fin.

El pozo de monitoreo cumple varias funciones:

- Sirve para determinar el nivel freático (Nivel de agua subterránea).
- Calcular la dirección del flujo,
- La variación del nivel.
- Toma de muestras para análisis físico-químicos.

El propósito del pozo de monitoreo es verificar la condición exacta del agua subterránea garantizando excelentes muestreos sin alteraciones. Esto ayudará a tener el control sobre los posibles impactos que genere la actividad económica de la estación e implementar soluciones.

Durante la Evaluación Ambiental de sitio Fase I se deben inspeccionar los pozos de monitoreo para:

- Observar la condición física de cada pozo.
- Evaluar su funcionamiento.
- Verificar mediante muestreo el estado del agua subterránea.
- Determinar contaminación macroscópica, (a simple vista).



**FIGURA 4 DETALLE DE POZO DE MONITOREO**



*FUENTE: Elaboración propia*

Por otro lado, de acuerdo a la investigación y la información suministrada por las Corporaciones Autonomas Regionales CAR, se localizan las captaciones de agua subterránea en el área donde esta ubicada la estación de servicio.

#### **4.3. Sistema de detección y control de fugas**

Las estaciones de servicio deben contar con un sistema automático de medición, llamado Veeder Root; el cual optimiza la medición de tanques de manera automática y permite identificar fugas. El control de inventarios es manejado con este sistema, y los funcionarios de la estación de servicio llevan un registro diario de ventas.

Según el control diario de existencias y variaciones de combustibles, se verifican las variaciones en los tanques de combustible. Es conveniente hacer esta revisión con el fin de encontrar posibles causas de perdidas.

#### **4.4. Manejo de residuos**

Las estaciones de servicio deben realizar un manejo adecuado y eficiente de los residuos generados durante la operación. Es necesario que si la segregación en la fuente de los residuos generados en cada una de las áreas no la hace la misma estación de servicio, demuestre las certificaciones de las empresas que le prestan ese servicio, con actas de cantidad, acopio y tratamiento de los residuos recolectados.

Es importante en la Evaluación Ambiental de sitio Fase I, verificar como es el almacenamiento de los residuos convencionales y peligrosos, que cumpla con la legislación para almacenamiento de residuos según Decreto 4741 de 2005, y que cuente con una zona específica para su correcto almacenamiento de los residuos identificando su peligrosidad. Por último y de gran valor, evidenciar el permiso de vertimientos, pues la estación de servicio debe estar autorizada para realizar las descargas de aguas residuales generadas de sus actividades al alcantarillado, al suelo u otro medio, previo tratamiento de las mismas.

#### **4.5. Contexto geológico e hidrológico general**

Estos contextos sirven como complemento al informe de la "Evaluación Ambiental en sitio Fase I". La información geológica, sirve para establecer las condiciones esperadas en el subsuelo del inmueble, y que identifique como se encuentra conformada la zona de influencia, por ejemplo:

La zona de influencia se encuentra conformada por Aluviones de Ríos y Valles. Compuestos por gravas gruesas con intercalaciones de arena, limo, arcillas y cieno: los clastos que conforman estos son de toda gama de rocas que cubren las vertientes drenadas.

La información hidrológica permite documentar las características generales de los tipos de acuíferos existentes en la zona, los materiales que se encuentran por debajo, cual es el área aproximada, cuál es su extensión, cuál es su dirección y los depósitos que la conforman, por ejemplo: Esta zona la conforman los depósitos aluviales del río y sus principales quebradas afluentes.

Estos materiales están conformados por depósitos aluviales, terrazas aluviales bajas, terrazas de hasta 10 m., de altura, terrazas aluviales mayores a 10 m., y depósitos aluvio-torrenciales y abanicos aluviales. Esta unidad tiene un área aproximada de 150 Km<sup>2</sup> y se extiende en forma alargada paralela al curso principal del río, con dirección variable sur-norte y suroeste-noreste. Presenta una permeabilidad primaria moderada a alta, y una estructura favorable para la recarga y almacenamiento de aguas subterráneas.

#### **4.6. Información histórica del sitio**

Es fundamental la información histórica del sitio, para que la “Evaluación Ambiental de sitio Fase I” sea una herramienta eficaz para determinar si existen condiciones ambientales reconocidas en sitios de distribución de hidrocarburos.

Esta información se recopila directamente con personal de la estación de servicio e incluye la investigación de fotografías aéreas detalladas que permitan dilucidar, aclarar o complementar de manera alguna la información suministrada directamente por la instalación o por lo encontrado en la visita de campo, también es importante buscar el histórico de mapas topográficos para definir el tipo de terreno donde se encuentra la estación de servicio.

En la investigación de campo que se realiza a la estación de servicio a través de la entrevista directa al responsable de la instalación, se indaga para obtener datos específicos relacionados con derrames, fugas, datos ambientales relacionados con el predio, que pudieran representar una preocupación desde el punto de vista ambiental.

#### **4.7. Investigaciones ambientales previas**

Es importante verificar si en la estación de servicio (gasolinera), se han realizado investigaciones ambientales previas a nuestra EVALUACION AMBIENTAL DE SITIO FASE I. Esta información podría servir de base en nuestra evaluación o podría ser corregida con la elaboración del nuevo informe.

Con el propósito de determinar el potencial de riesgo tanto para fuentes confirmadas como sospechosas de contaminación, se considera la ubicación relativa de las instalaciones externas al predio con respecto a esta y con referencia a la dirección estimada de flujo de agua subterránea.

El flujo local de agua puede variar con respecto al regional por diversas condiciones: Características del drenaje local, variaciones del nivel freático local, geología sub-superficial, pozos de bombeo en el área de influencia (si existen), superficies topográficas. Se reconocen en la visita de campo que existan Inmuebles adyacentes con el potencial de afectar o estar afectadas por hidrocarburos o sustancias peligrosas, por lo cual puede o NO puede existir condiciones ambientales RECONOCIDAS en este sentido en el entorno del predio.

#### **4.8. Estudio de receptores sensibles**

Como parte de la investigación se realiza una verificación de campo, la cual tiene como objetivo primordial, la identificación de posibles receptores sensibles, con el fin de establecer una matriz de riesgo específicamente relacionada con los tanques enterrados para el almacenamiento de combustible en la estación de servicio (gasolinera). Esta matriz considera la evaluación de todos los receptores sensibles en un diámetro de 1500 m. a partir del centro de la instalación en estudio. Los receptores sensibles para este tipo de Evaluación Ambiental de sitio Fase I son: Centros Educativos, centros médicos, Centros religiosos, Centros cívicos, culturales o administrativos y por ultimo centros deportivos como canchas de futbol, baloncesto, microfútbol etc, parques o zonas de esparcimiento. Luego de la identificación de los posibles receptores sensibles la matriz de riesgo nos informara el nivel de riesgo en el que se sitúa la estación de servicio.

#### **4.9. Modelo conceptual del sitio**

Como una aproximación inicial respecto a las condiciones principales de exposición de la estación de servicio (gasolinera), se identifica la fuente principal del riesgo, el cual puede generar afectación en medios como el suelo subsuperficial y el agua subterránea a través del proceso de infiltración de producto en fase libre si llegara a haber un derrame o fuga de combustible.

La volatilización y dispersión atmosférica de Hidrocarburo debe ser considerada en la evaluación específica del riesgo (Si se lleva a cabo) ya que este es un medio de afectación potencial dentro de la estación de servicio así como la migración a agua subterránea y la Migración de líquido en fase libre. Estas rutas de exposición por la inhalación de vapores o el determinado uso del agua deben ser consideradas como parte del análisis de riesgo.

Se evalúan todas las potenciales rutas de exposición para la estación de servicio, por las cuales los contaminantes podrían migrar desde su área de origen hasta el punto de contacto o exposición directa al receptor, entre las que se consideraron: Contacto directo con suelo o agua impactada, inhalación de vapores, lixiviación desde el suelo afectado a aguas subterráneas, uso del agua como fuente de agua potable, migración de agua subterránea afectada y contacto directo con producto en fase libre.

Una vez realizada la visita de campo y evaluado el entorno de la estación se identifican las posibles rutas de exposición al riesgo:

## **SUELO:**

- Infiltración de contaminantes hacia el agua subterránea mediante fuente secundaria de contaminación, (suelo subsuperficial mayor a 1 metro de profundidad, tomando como referencia el nivel de superficie), donde se encuentran ubicados los tanques enterrados. El agua subterránea podría ser usada en el presente o en el futuro como agua potable.

## **AGUA:**

- Migración de vapores a recintos cerrados por Pluma de agua en fase libre, debido a que en cercanías de la estación de servicio pueden encontrarse receptores sensibles que puedan verse afectados por estos vapores.

El modelo conceptual que se propone para la estación de servicio, debe ser verificado mediante mediciones y análisis específicos respecto a la presencia de compuestos de interés, concentraciones, estado (sólido, Líquido, disuelto, etc), peligrosidad del CDI (compuesto de interés) (Toxicidad, Movilidad), verificación de rutas preferenciales (Mediciones en ellas de los CDI), tipo de suelo, modelo de flujo para el agua subterránea (Velocidad), usos actuales y/o futuros de los recursos, complementados con un análisis que permita confirmar si existen rutas potenciales de exposición completas.

#### **4.10. Observaciones de reconocimiento del sitio**

Este es el primer escalón para que la “Evaluación Ambiental de sitio Fase I” sea una herramienta eficaz. La visita de reconocimiento del sitio se realiza en la estación de servicio (gasolinera), para identificar visualmente posibles condiciones ambientales. De lo observado en campo se van documentando evidencias las cuales se deben relacionar en un cuadro, respecto a elementos que podrían ser fuente de condiciones ambientales adversas, si su manejo no es adecuado, un ejemplo podría ser el siguiente:



**TABLA 2 EJEMPLO OBSERVACIONES RECONOCIMIENTO INTERIOR/EXTERIOR PARA EL SITIO**

<b>ESTACION DE SERVICIO O GASOLINERA</b>			
ITEM	OBSERVADO DURANTE LA VISITA AL SITIO		OBSERVACIONES/COMENTARIOS
	Si	No	
TANQUES SOBRE SUPERFICIE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN / DEMOLICIÓN	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
DESECHOS SOBRE DRENAJES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
TAMBORES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se usan canecas de 55 galones para disposición de residuos convencionales
DRENAJES POR PISO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
SUSTANCIAS PELIGROSAS / DERIVADOS DEL PETRÓLEO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
GATOS O SISTEMAS HIDRÁULICOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pertencen a una concesión.
OLORES INUSUALES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
ESTANQUES, LAGOS, LAGUNAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
PISCINAS DE LÍQUIDOS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
SISTEMAS SÉPTICOS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Los residuos se acopian en una zona especial.
SOLVENTES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
SEPARADORES, TRAMPAS DE GRASA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Trampa referenciada con anterioridad.
FUGAS Ó DERRAMES EN SUPERFICIE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
SUELO MANCHADO O PAVIMENTO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manchas en la superficie de la estación.
MANCHAS O CORROSIÓN EN COLUMNAS Ó TECHO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
DESCARGAS DE AGUAS LLUVIAS DESDE LA ESTACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
VEGETACIÓN CON SIGNOS DE ESTRÉS O MUERTA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados.
ANOMALÍAS SUB-SUPERFICIALES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se identificaron algunas grietas en la superficie de las placas de concreto.
SUMIDEROS, BÓVEDAS DE PISO, POZOS DE LUBRICACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pertencen a una concesión.
TRANSFORMADORES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados
SISTEMA DE TANQUES ENTERRADOS (EXISTENTE O ACTIVO)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La estación de servicio cuenta con 3 Tanques Enterrados distribuidos de la siguiente manera: (2) tanques de 12.000 galones para el almacenamiento de gasolina corriente, (1) tanque bicompartido para el almacenamiento de 6.000 galones de Extra y 6.000 galones para el almacenamiento de Diesel.
ANTIGUOS SISTEMAS DE TANQUES ENTERRADOS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados
TANQUES ENTERRADOS (ALMACENAMIENTO DE ACEITE USADO Ó DESECHOS LÍQUIDOS)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados
SUSTANCIAS NO IDENTIFICADAS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No identificados
DESCARGA DE AGUAS DE DESECHO DESDE LA ESTACIÓN	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	No reportadas u observadas.
POZOS: ABANDONADOS, DE MONITOREO, REMEDIACIÓN, IRRIGACIÓN, INYECCIÓN, POZOS SECOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4 pozos de monitoreo, en óptimas condiciones, no se evidencio producto en fase libre.

FUENTE: Elaboración propia

Luego de realizar las observaciones se identifican los aspectos como “**CONDICIONES AMBIENTALES RECONOCIDAS**” resultado de la inspección de campo en el predio de la estación de servicio.

Como resultado de la inspección a una estación de servicio podríamos obtener varios ejemplos de CAR´s:

***CAR-1: La estación de servicio cuenta un sistema de tanques enterrados distribuidos de la siguiente manera: (2) Tanques de 12.000 galones para almacenamiento Gasolina Corriente, (1) Tanque bicompartido de 12.000 galones para el almacenamiento de 6.000 galones de Extra y 6.000 galones de Diesel.***

***CAR-2: La estación de servicio cuenta con dos separadores de Grasas y Aceites, a los cuales se le realiza la limpieza una vez en el mes, y los residuos generados son almacenados para su posterior disposición.***

***CAR-3: Se identificaron sobre la superficie del área de las islas grietas y deformaciones.***

***CAR-4: Se observaron 4 pozos de monitoreo, se encontraron en perfecto estado, no se evidenció afectación por contaminación con hidrocarburo, los pozos se hallaron con agua.***

#### 4.11. CONCLUSIONES

En esta última etapa de la “Evaluación Ambiental de sitio Fase I” se presentan los resultados producto de las evidencias recolectadas durante la visita de campo y la información investigada previamente, y se concluye el tipo de riesgo según el estudio de receptores sensibles, en el cual se sitúa la estación de servicio. Así mismo se resumen los resultados de las inspecciones realizadas a todas las estructuras que tienen incidencia directa en la operación de la estación de servicio y que son sensibles a ocasionar un posible impacto ambiental. Se ponen de manifiesto las pruebas de las “condiciones ambientales reconocidas” CAR’s correspondientes al predio, en conformidad con la práctica ASTM E 1527-05<sup>5</sup>, por ejemplo:

***CAR-1: La estación de servicio cuenta un sistema de tanques enterrados distribuidos de la siguiente manera: (2) Tanques de 12.000 galones para almacenamiento Gasolina Corriente, (1) Tanque bicompartido de 12.000 galones para el almacenamiento de 6.000 galones de Extra y 6.000 galones de Diesel.***

***CAR-2: La estación de servicio cuenta con dos separadores de Grasas y Aceites, a los cuales se le realiza la limpieza una vez en el mes, y los residuos generados son almacenados para su posterior disposición.***

---

<sup>5</sup> ASTM International E 1527-05, Práctica para las evaluaciones de sitios ambientales: proceso de evaluación de sitios ambientales, Fase I, que aclara el lenguaje y fortalece el informe que surge del seguimiento de la norma. La E1527 brinda pautas a las personas que evalúan la condición ambiental de los inmuebles comerciales e identifica "condiciones ambientales reconocidas en conexión con una propiedad".

***CAR-3: Se identificaron sobre la superficie del área de las islas grietas y deformaciones.***

***CAR-4: Se observaron 4 pozos de monitoreo, se encontraron en perfecto estado, no se evidenció afectación por contaminación con hidrocarburo, los pozos se hallaron con agua.***

## 5. RECOMENDACIONES

- En las evaluaciones ambientales de sitio Fase I, las medidas de protección ambiental deben estar dirigidas a la actividad humana, con el único propósito de hacer compatibles las estrategias de desarrollo económico y social, con las de preservación ambiental.
- Es recomendable que la evaluación ambiental de sitio Fase I, tenga un abanico mucho más amplio, sea aplicable a todas las empresas sin distinguir su actividad económica y que esté dentro del marco la estructura legal e institucional de carácter nacional para constituir un marco de referencia para la Evaluación ambiental de sitio Fase II.
- Es importante definir prioridades debido a la escasez de recursos para mitigar los problemas ambientales y esforzarnos para dar solución a aquellos de mayor gravedad.
- Se recomienda que los sistemas de monitoreo de las estaciones de servicio sean orientados no sólo hacia la fiscalización, sino también de manera fundamental como un instrumento de control en los indicadores del riesgo que involucren impactos significativos sobre el medio ambiente.

- Las recomendaciones son fundamentales, de ellas se desprenden posibles investigaciones complementarias a las zonas donde se presentan condiciones ambientales reconocidas, que fueron identificadas en este estudio, con el fin de establecer el estado ambiental del suelo que se encuentra debajo de ellas.
- La caracterización del suelo, para describir las condiciones ambientales y estado actual; y de la calidad del agua subterránea, para ser completado en una investigación de Fase II.

## 6. CONCLUSIONES

- Con esta herramienta "Evaluación Ambiental de sitio fase I, podemos determinar en primera instancia si existen condiciones ambientales reconocidas en sitios de distribución de hidrocarburos, además de la identificación de impactos o la posibilidad de los mismos.
- Podemos recomendar medidas preventivas y de mitigación de impactos por fugas, daños en estructuras y manejo inadecuado de residuos peligrosos, para la continuidad de la Evaluación ambiental del sitio en su Fase II.
- La información visual en la Evaluación Ambiental de sitio Fase I, es complementada con información secundaria que con base en el criterio del profesional que la realiza, permiten calificarlas como condiciones ambientales reconocidas.
- Es fundamental esta Fase I porque para la etapa de operación o Fase II, se mitigan todos los focos de contaminación y son sin duda, los impactos ambientales los que inciden sobre el medio afectando aspectos tales como vegetación, paisaje y medio social.

- La evaluación ambiental de sitio Fase I, es el primer y fundamental paso para llevar a cabo todas las medidas de prevención, mitigación, contingencia y compensación para disminuir al mínimo los impactos ambientales que provoca la operación en una estación de servicio.



## 7. BIBLIOGRAFIA

- BERMUDEZ SANCHEZ, J. 2002. Obra Pública y Medio Ambiente. Marcial Pons. Madrid.
- CANTER, L.W. 1997. Manual de la Evaluación de Impacto Ambiental. McGraw-Hill. Madrid.
- CEDEX. 1989. I Ciclo de cursos teórico prácticos de evaluación de impacto ambiental originado por la obra pública. MOPU. Madrid.
- CUBILLOS, Rafael y RAMIREZ, Juan Mauricio. Diseño de un sistema de indicadores ambientales urbanos para Colombia. Fedesarrollo, Bogotá, 1996
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. Hidrogeología subterránea. Barcelona: Ediciones Omega S.A, 1976. 2359 p.
- DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (NJDEP). Bureau of Freshwater and Biological Monitoring: Stream habitat assessment Forms, New Jersey, 2001.
- DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (NJDEP). Bureau of Freshwater and Biological Monitoring: Rapid bioassessment Protocol, New Jersey, 2001. 67 Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN y UNIDAD DE POLÍTICA AMBIENTAL. Marco conceptual para un sistema de indicadores de gestión y planificación ambiental. Bogotá: DNP, 1997.

- DIAMOND, L. Civil Society and the Development of Democracy. Instituto Juan March de Estudios e Investigaciones. Working Paper, 1997. ESPINOZA, G.; GROSS, P. y HAJEK, E. Percepción de los problemas ambientales en las regiones de Chile. Santiago: CONAMA. Alfabetá. 1994. 647 p.
- FONDO FEN. Estudio de Cuentas Ambientales Nacionales en América Latina. Colombia, 1997.
- GENERALITAT VALENCIANA. 1992. La Evaluación del Impacto Ambiental en el planeamiento urbanístico. COPUT Colección Territorio 1. Valencia.
- GONZÁLEZ, Francisco y TREVISIOL, Eric. Problemática ambiental, planificación y ecodesarrollo. En: Universitas Económica, no.2, 1989.
- GROSS P. y HAJEK E. Indicadores de Calidad y Gestión Ambientales. Santiago: Alfabetá Artes Gráficas. 1998. 221 pp. Guidance document on control of toxicity test precision using reference toxicants. Report EPS 1/RM/12. (ENVIRONMENTAL PROTECTION SERIES). Canada, 1990.
- HAJEK E. R. La situación ambiental en América Latina. Algunos estudios de casos (Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Perú, Venezuela). CIEDLA (Fundación Adenauer). Buenos Aires: Balado-Buschi. 1991, 579 p.
- IAP-GTZ. Curso de especialización hidrogeológica. Curitiba: IAP/GTZ, 1993. 24
- ICONTEC. Normas y documentos de apoyo para la implementación, mantenimiento y mejora de los sistemas de gestión ambiental. Bogotá, 2004.
- IGME. 1985. Geología y prevención de daños por inundaciones. División de Geotecnia. Madrid. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL - Apuntes de la asignatura David Sánchez Ramos

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Suelos de Colombia, 1985.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Conceptos básicos de cartografía temática.
- INTERCONEXION ELECTRICA S.A. Metodología para la Evaluación Ambiental del Plan de Expansión del Sector Eléctrico Colombiano; Documento OAPE-144, 1991.
- ITGME. 1991. Evaluación y corrección de impactos ambientales. Secretaría General de la Energía y Recursos Mineros.
- LEOPOLD y DUNNE, Water in Environmental Planning, 1978.
- LINARES, E. J, URIBE. Libro rojo de Briófitas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente Colombia. Conservación Internacional Colombia. Instituto HUMBOLDT Colombia, 2002.
- MARTINEZ DE LA VALLINA, J.J. 1998. Guía básica para la elaboración de estudios de impacto ambiental de los instrumentos de ordenación territorial.
- MIMA. 1997. Paisaje y Desarrollo integral en Áreas de Montaña. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Madrid.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL y SECRETARIA EJECUTIVA DEL CONVENIO ANDRÉS BELLO SECAB. Propuesta de los indicadores de reducción de residuos, emisiones y efluentes y demás indicadores de impacto ambiental positivo. Colombia, 2005.

- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Universidad Nacional de Colombia. Indicadores socioculturales para la evaluación y seguimiento de la dimensión social en los EIA y PMA, Colombia, 2002.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE; INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Conservación Internacional Colombia. Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Política de participación ciudadana y comunitaria en el marco de la gestión ambiental de los sectores productivos: documento de trabajo, 2001.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Propuesta de Política de Evaluación Ambiental Expost de Proyectos de Inversión. Colombia, 1996.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Departamento Nacional de Aguas y energía eléctrica. Normas y recomendaciones hidrológicas: anexo II – Fluviometría, 1967. 100 p.
- MOPU. 1989. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. 1 carreteras y ferrocarriles. Monografías. Dirección General del Medio Ambiente. Madrid
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass: Proceedings of the Royal Society of London, 1948. p.12-145.
- PIÑAR MAÑAS, J.L. 2002. DESARROLLO SOSTENIBLE Y PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE. Civitas. Madrid. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL - Apuntes de la asignatura David Sánchez Ramos

- U. S. GEOLOGICAL SURVEY-USGS. Water-quality Information Data. Office of water quality de un programa de acción mundial, 2001. VESSMAN, Knapp & Lewis, Introduction to Hydrology, 1977.
- VIEIRA, L.S. & VIEIRA, M. N. F. Manual de morfología y clasificación de los suelos. São Paulo: Ceres, 1983. 313 p. WCI COLOMBIA LTDA. Seguimiento ambiental de proyectos minero-energéticos, Proyecto CERI-ACDI. Colombia: 1999