

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Gestión

Maestría Profesional en Gerencia de la Calidad e Innovación

Propuesta de diseño de una guía metodológica para la aplicación de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices

Caso: Fase de *upstream* del sector hidrocarburífero

Mayra Alejandra Carrión Fueltan

Tutora: Carmen del Rocío Peralvo Guzmán

Quito, 2020



Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Mayra Alejandra Carrión Fueltan, autora de la tesis intitulada “Propuesta de una guía de aplicación de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices. Caso: Fase de *upstream* del sector hidrocarburífero”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Gerencia Integrada de la Calidad e Innovación en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo, por lo tanto, la Universidad utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en formato virtual, electrónico, digital u óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

08 de febrero de 2021

Firma: _____

Resumen

Al momento, son escasos los estudios de ciclo de vida en el sector petrolero y sus principales procesos; por tal razón se plantea una propuesta de diseño de una guía metodológica para la aplicación de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices para la fase de *upstream* del sector hidrocarburífero.

Se incluye el análisis del marco de referencia (teórico, normativo, legal) en relación al tema de investigación, así como un análisis situacional del sector hidrocarburífero en el país, la fase de *upstream* y sus implicaciones ambientales y el breve resumen de las partes y conceptos más relevantes de las normas 14040 (2006) y 14044 (2006).

Los objetivos descritos forman parte del cuerpo de la tesis, cuya información en conjunto es utilizada para la formulación de la propuesta de guía metodológica, resultado del trabajo realizado.

La tesis se fundamentó en el Análisis de Ciclo de Vida *conceptual*, que, como lo indica Esperanza Haya Leiva (2016, 5), es un estudio cualitativo de carácter general, cuya finalidad principal es la identificación de los potenciales impactos y determinar cuáles son los más significativos; el alcance del ACV utilizado para esta investigación será el de la *cuna a la puerta* que abarca desde el proceso de exploración, pasando por la perforación y la producción que comprenden la fase de *upstream*.

El ACV requiere la identificación de aspectos ambientales en los que puede influir y cada uno de los componentes requeridos para la elaboración de productos o servicios, desde su origen como proveedores, materias primas, transporte, hasta el tratamiento o disposición final, a este enfoque proactivo se lo denomina Análisis de Ciclo de Vida (ACV). (Valdés, Alonso, y Calso 2016)

Metodológicamente la guía se realiza con base en investigación de múltiples fuentes bibliográficas tanto en idioma español como en inglés; con respecto a las normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006) es un trabajo deductivo que inicia con un acercamiento al lector de los conceptos mediante gráficos y tablas resumen, en lo posterior, se aplica distintos métodos para la comprensión de cada fase que compone el

Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y se demuestra mediante ejemplos básicos y prácticos cómo se solventan los requisitos de las normas de gestión ambiental utilizadas, lo que ha dado como resultado la guía metodológica para la aplicación de las normas de Gestión Ambiental - ISO nombradas con anterioridad.

El trabajo incluye un detalle de herramientas metodológicas, ejemplos de software con bases de datos precargadas, detalle de aspectos e impactos ambientales determinados en la fase de *upstream*, requisitos según la normativa ecuatoriana aplicable, entre otros, que pueden servir de fundamento para aplicarlo en estudios de otros procesos, áreas o industrias según aplique.

Se determinó que al instaurar la metodología ACV se crea una conciencia, involucramiento y cultura arraigada en la organización y sus miembros, en relación a la responsabilidad ambiental.

El ACV puede convertirse en una herramienta que aporte significativamente a crear una ventaja competitiva con respecto a industrias que valoren exponencialmente el cuidado del medio ambiente.

Palabras clave: caracterización, calentamiento global, emisiones, residuos, petróleo, aspectos ambientales, impactos ambientales, *upstream*

A mi principal motor de vida, Dios, mi Señor, quien me sostiene en cada encrucijada y me acompaña todo momento de la vida.

A mis padres por su apoyo absoluto e impulso constante para cumplir mis metas.

A mis hijas Daniela y Camila, mi motivación; por su amor incondicional, paciencia y comprensión en cada momento de este nuevo reto profesional.

A Wil, mi novio, quien me recuerda lo fuerte que soy y me alienta a ser mejor.

A Carmen Peralvo, mi tutora de tesis, por su paciencia y por creer en mi capacidad para realizar este trabajo.

Tabla de contenidos

Figuras y tablas.....	11
Glosario de términos.....	13
Introducción.....	17
Capítulo primero: Marco de referencia	23
1. Consideraciones teóricas sobre los sistemas de gestión.....	23
2. Enfoque normativo	28
3. Visión general del marco legal a aplicarse	30
Capítulo segundo: Análisis situacional.....	33
1. Metodología de la investigación.....	33
2. Origen del petróleo, principales características y fases de la industria hidrocarburífera.....	33
3. El sector hidrocarburífero en el Ecuador, la fase de Upstream y los impactos ambientales relacionados con esta fase.....	36
4. Impactos ambientales relacionados con la fase de Upstream.....	40
5. Introducción y relevancia de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 Evaluación del Ciclo de Vida, Principios y marco de referencia e ISO 14044 Análisis del Ciclo de Vida, Requisitos y directrices	41
Capítulo tercero: Propuesta de una guía de aplicación de las normas de Gestión Ambiental 14040 (2006) y 14044 (2006).....	51
1. Definición del objetivo y del alcance ACV.....	51
2. Análisis del inventario del Ciclo de Vida (ICV)	57
3. Evaluación del impacto del Ciclo de Vida (EICV)	60
4. Interpretación del Ciclo de Vida.....	65
5. Informe	73
6. Revisión crítica.....	75
Conclusiones.....	79
Lista de referencias.....	83
Anexos.....	87
Anexo 1: Mapa de bloques petroleros ecuatorianos a 2015	87
Anexo 2: Mapas de sísmica 2D y 3D.....	88

Anexo 3: Modelado de la Fase de <i>upstream</i>	90
Anexo 4: Sistema de producto de la Fase de <i>upstream</i>	91
Anexo 5: Frecuencia de monitoreos ambientales determinados en el Raohe	92
Anexo 6: Programas informáticos para realizar el ACV	93
Anexo 7: Ejemplo de hoja de recopilación de datos de análisis del inventario de ciclo de vida.....	96
Anexo 8: Metodologías para la evaluación del impacto del ciclo de vida y para su interpretación	97
Anexo 9: Evaluación de impactos del ciclo de vida	98
Anexo 10: Indicadores por cada subproceso de la Fase de <i>upstream</i>	101
Anexo 11: Matriz de aspectos e impactos ambientales de la Fase de <i>upstream</i>	103

Figuras y tablas

Figura 1. Representación del ciclo PHVA – Mejora continua	24
Figura 2. Fases de la industria hidrocarburífera	35
Figura 3. Etapas de la fase de Upstream.....	37
Figura 4. Inyección y levantamiento por gas.....	39
Figura 5. Principios del ACV	43
Figura 6. Fases de un ACV y un ICV	44
Figura 7. Ejemplo de un sistema de producto para el ACV	45
Figura 8. Función, unidad funcional y flujo de referencia	46
Figura 9. Tipos de datos para ACV y fuentes.....	47
Figura 10. Requisitos de calidad de datos para ACV	47
Figura 11. Procedimientos simplificados para el análisis del inventario	48
Figura 12. Puntos importantes para definición de objetivo y alcance del ACV.....	51
Figura 13. Vinculación de los procesos unitarios.....	53
Figura 14. Alcances del ACV. Zero Consulting. (2018).....	56
Figura 15. Elementos de la EICV	60
Figura 16. Proceso de selección de indicadores ambientales	65
Figura 17. Participación de cada subproceso de la fase de Upstream	67
Figura 18. Incidencia de las categorías de impacto en la fase de Upstream.....	69
Figura 19. Interrelaciones y flujo de la comunicación ambiental.....	74
Tabla 1. Normas ambientales a utilizarse	29
Tabla 2. Crudos de referencia.....	34
Tabla 3. Fases de la cadena de valor hidrocarburífera	35
Tabla 4. Aspectos e impactos ambientales de la fase de Upstream.....	40
Tabla 5. Cuadro comparativo – Estructura de las normas.....	42
Tabla 6. Ejemplos de unidad funcional por subproceso.....	57
Tabla 7. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida – Entradas y Salidas de los subprocesos de la Fase de Upstream.....	59
Tabla 8. Clasificación de las categorías de impacto asignadas a las entradas y salidas de la fase de Upstream.....	61

Tabla 9. Factores de Caracterización para la categoría de Calentamiento Global - Kg eq. CO ₂	63
Tabla 10. Cálculo de los factores de Caracterización.....	63
Tabla 11. Frecuencia de Entradas y Salidas por Subproceso de la fase de Upstream....	66
Tabla 12. Recurrencia de las Categorías de impacto por cada entrada y salida de los subprocesos de la fase de Upstream	68
Tabla 13. Competencia de revisores/equipos de revisión.....	76
Tabla 14. Perfil profesional de los participantes en la Revisión crítica	76

Glosario de términos

A

Acidificación

Es un proceso químico por el que algunas sustancias se transforman, adquiriendo características ácidas. Las sustancias que experimentan alteraciones ácidas son aceites lubricantes, carburantes tras la combustión, grasas, anticongelantes, etc., 63, 69, 70, 102, 103

Aguas de formación

Esta agua siempre es producida con el petróleo y con el gas. Este fluido es muy tóxico debido a su alto contenido de sodio., 40

anaeróbicas

Las bacterias anaerobias son microorganismos que son capaces de sobrevivir y multiplicarse en ambientes que no tienen oxígeno., 40

Aspectos Ambientales

Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente, 23, 24

B

biocombustibles

Combustibles para el transporte, derivados de fuentes renovables como plantas y animales, 34

C

C2H4

Un hidrocarburo olefínico recuperado de los procesos de refinado o petroquímicos. El etileno es usado como materia prima petroquímica para numerosas aplicaciones químicas, así como la producción de bienes de consumo., 63

categorías de impacto

Clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados de análisis del inventario del ciclo de vida., 11, 45, 46, 49, 62, 64, 69, 70, 74, 85, 98

CFC-11

Triclorofluorometano (CFC-11) (Freón-11) es un refrigerante, propelente (en los aerosoles) y espumante. Su versatilidad deriva de que su punto de ebullición es a temperatura ambiente y presión atmosférica, por lo que se puede comportar bien como líquido o gas., 62, 63

CFCs

Los clorofluorocarbonos (CFC) son derivados de los hidrocarburos saturados. Los CFC, son una familia de gases que se emplean en diversas aplicaciones, principalmente en la industria de la refrigeración, y de propelente de aerosoles,

tienen una gran persistencia en la atmósfera, de 51 a más o menos 200 años., 64

Ch

CH4

El metano es el hidrocarburo saturado de cadena más corta que existe. Es una sustancia incolora y no polar, que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias, y se caracteriza por su baja solubilidad en fase líquida y elevada persistencia en la atmósfera., 61, 63, 64, 65, 68, 70, 102, 103

C

Ciclo de Vida

Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final, 6, 9, 11, 17, 25, 41, 42, 56, 58, 59, 61, 64, 65, 67, 80, 84, 85, 86

CO2

El dióxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, ligeramente ácido y no inflamable. Es soluble en agua cuando la presión se mantiene constante., 12, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 70, 102, 103

cortes

Son los fragmentos de roca que se obtienen del proceso de perforación., 40, 60, 63, 68, 69

D

dB

decibelio (dB), es una unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras magnitudes físicas., 61, 68, 102, 103

desbroce

Eliminación de obstáculos o impedimentos que dificultan una acción, 39, 60, 63, 68, 69

downstream

Compuesto por los subprocesos de Refinación e industrialización de hidrocarburos y la Comercialización de hidrocarburos, 33

E

Emisión de ruido

Es la cantidad de contaminante acústico vertido a la atmósfera en un período determinado., 61, 68, 102

emisiones

Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión, 6, 25, 26, 29, 39, 59, 60, 67, 69, 71, 98

eutrofización

Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas., 63

F

flujos elementales

Materia o energía que entra o sale del sistema bajo estudio sin transformación por parte del ser humano, 45, 46, 53, 54

I

impactos ambientales

También conocido como impacto antrópico o impacto antropogénico, es la alteración o modificación que causa una acción humana sobre el medio ambiente, 6, 9, 10, 11, 17, 18, 20, 24, 25, 26, 35, 39, 44, 59, 66, 70, 71, 80, 98, 104

Inmisión de ruido

la inmisión es la concentración de contaminantes acústicos a nivel del suelo., 61, 68

K

Kg. Eq de

Kilogramos equivalentes de..., 62, 63, 65, 70

L

lodos de perforación

El lodo de perforación es una suspensión acuosa de una arcilla especial

la bentonita, este lodo se coloca en las paredes del terreno durante la excavación y sirve para evitar o reducir los derrumbes del terreno., 40

M

Material particulado

Mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire., 61, 63, 65, 68, 70, 102, 103

midstream

Fase de transporte, almacenamiento de hidrocarburos, biocombustibles y sus mezclas, 33, 54

MJ

Megajoule (MJ) medida derivada de energía, trabajo y cantidad de calor en el Sistema Internacional de Unidades (SI). El joule es equivalente a la energía consumida o trabajo

realizado al aplicar la fuerza de un newton a través de una distancia de un metro., 63

N

NO3

El nitrato es un compuesto de nitrógeno que se forma en el agua residual al convertirse el amonio en nitrato a través del nitrito (nitrificación). El nitrato es uno de los principales nutrientes de la naturaleza., 63

NOx

Es un término genérico que hace referencia a un grupo de gases muy reactivos [tales como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO2)] que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones., 61, 63, 65, 68, 70, 102, 103

O

oxidantes fotoquímicos

Oxidantes producto de reacciones químicas que ocurren por influencia de energía radiante, ya sea del sol o de otra fuente. En el caso de las atmósferas contaminadas, mediante este tipo de procesos se producen numerosos contaminantes secundarios., 63, 69, 70

P

partes interesadas

Persona u organización que puede afectar, verse afectada, o percibirse como afectada por una decisión o actividad, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 42, 49, 50, 53, 55, 66, 76, 81

S

SF6

El Hexafluoruro de Azufre es un gas inerte, más pesado que el aire, no es tóxico ni inflamable, pero es asfixiante y posee un color y olor característicos. Se produce por reacción directa a unos 300°C de azufre fundido y el flúor gaseoso., 64

Sistema de producto

Conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas., 9, 45, 54, 92

SO2

El dióxido de azufre u óxido de azufre, es un gas incoloro con un característico olor irritante. Se trata de una sustancia reductora que, con el tiempo, el contacto con el aire y la humedad se convierte en trióxido de azufre., 63, 65, 70

SOx

Los óxidos de azufre son gases generados por la combinación de una molécula de azufre con dos o tres moléculas de oxígeno, generalmente en procesos de combustión en los que el combustible aporta compuestos azufrados a la reacción., 61, 63, 65, 68, 70, 102, 103

T

trochas

Corredores naturales a través de la masa forestal. Su tránsito es pedestre y para vehículos livianos, 39

U

unidad funcional

Desempeño cuantificado de un sistema de producto para su utilización como unidad de referencia., 11, 45, 46, 48, 57, 58

upstream

Fase de la industria hidrocarburífera compuesta por los subprocesos de exploración, perforación y explotación o producción, 1, 3, 6, 9, 10, 18, 20, 33, 36, 39, 53, 54, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 77, 91, 92, 102, 104

V

vertidos

Conjunto de materiales de desecho que se vierten en algún lugar, especialmente los procedentes de instalaciones industriales o energéticas., 16, 59

Introducción

La propuesta de diseño de una guía metodológica para la aplicación de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices

Caso: Fase de upstream del sector hidrocarburífero, es formulada con el propósito de fundamental de entregar lineamientos y estructuras básicas de cómo desarrollar la metodología del ACV a través del desempeño de la fase de *Upstream* de la industria hidrocarburífera y los subprocesos que la componen.

La guía contiene detalla la metodología del ACV a través de ejemplos sencillos y de fácil entendimiento, en vista que las normas ISO (específicamente) son expuestas como un sinnúmero de conceptos y lineamientos teóricos a seguir para su cumplimiento, indicando el *Qué hacer*, pero que no detallan el *Cómo hacerlo*.

Es necesario comenzar esta investigación por el tema global de contaminación generada durante décadas por las industrias en la elaboración y consumo de productos o servicios, lo que ha creado una preocupación creciente por parte de la humanidad y varios gobiernos que han tomado conciencia frente a los daños medioambientales, el uso desmedido de los recursos naturales no renovables y los daños derivados por contaminación y vertidos sin ninguna medida o restricción afectando aire, fuentes de agua, y suelo.

Esta preocupación ha llevado a varias organizaciones con y sin fines de lucro, gubernamentales y no gubernamentales a buscar opciones para la regularización y control de la contaminación, así como la gestión, mejora y optimización de procesos que disminuyan los daños provocados por el hombre y permita recuperar las condiciones para un desarrollo sustentable para las generaciones venideras.

En ese sentido, el documento La auditoría ambiental y las normas ISO 14000 (Padin 2019, 4), señala como antecedente de las normas ISO de Gestión ambiental:

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar en la Cumbre para la Tierra, organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en junio de 1992 en Río de Janeiro –Brasil–. Ante tal acontecimiento, ISO se compromete a crear normas ambientales internacionales después denominadas, ISO 14000.

Hoy en día los mercados e industrias en distintos países han establecido requisitos para ingreso de importaciones, entre las que constan, el cumplimiento con un Sistema de gestión ambiental en el que se demuestre cómo se gestiona y controla los impactos ambientales relacionados con la industria de la cual proceden. Las empresas con interés de ingreso, preocupadas por la mejora continua e inclinadas a conseguir una ventaja competitiva están implementando progresivamente las normas ISO que son estándares reconocidos y aceptados a nivel mundial.

La implementación o certificación de la norma ISO 14001:2015 Sistemas de Gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso (Asociación Española de Normalización y Certificación 2015) ha permitido que las organizaciones sean conscientes de sus operaciones e identifiquen los aspectos ambientales directamente asociados a sus procesos productivos. La versión 2015 de esta norma demanda entre sus partes fundamentales la implicación en la identificación de aspectos ambientales en los que puede influir y cada uno de los componentes requeridos para la elaboración de productos o servicios, desde su origen como proveedores, materias primas, transporte; la producción o elaboración; las entregas o despachos al consumidor hasta el tratamiento o disposición final; a este enfoque proactivo se lo denomina Análisis de Ciclo de Vida (ACV). (Valdés, Alonso, y Calso 2016)

El ACV como metodología satisface varios requisitos de la norma certificable ISO 14001:2015, como por ejemplo, el numeral 6.1.2 Aspectos ambientales (2015, 20), dice: “la organización debe determinar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que puede controlar y de aquellos en los que puede influir, y sus impactos ambientales asociados desde una perspectiva de *ciclo de vida*.”

El ACV definido en el documento Análisis del ciclo de vida y Huella de carbono del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca Gobierno Vasco (2009, 4) señala:

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida). Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos.

El interés por el desarrollo de esta guía, tiene enfoques académicos y profesionales; entre algunos de los propósitos se encuentra el conocer pormenorizadamente las normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006), relacionadas con la adecuada gestión ambiental de organizaciones que tengan o aspiren implementar un Sistema de gestión ambiental (SGA) sea éste certificado o no; otro de los propósitos es entregar una herramienta práctica y de consulta a las personas u organizaciones interesadas en conocer minuciosamente la incidencia ambiental de una o varias de las actividades que desempeñan, procedimientos que desarrollan o productos que elaboran.

Esta guía es un trabajo meramente investigativo como ya se mencionó y de aplicación de la metodología del Análisis del ciclo de vida orientada a la Fase de *upstream* de la industria hidrocarburífera, sin embargo, no es impedimento para su aplicación en cualquier otro tipo de industria, proceso, actividad, tamaño u orientación.

Es un trabajo deductivo que inicia con un acercamiento al lector de los conceptos textuales mediante gráficos y tablas resumen, en lo posterior, se aplica distintos métodos para la comprensión de cada fase que compone el ACV y se demuestra mediante ejemplos básicos y prácticos cómo se solventan los requisitos de gestión ambiental, que son objeto de este estudio

Para mejor comprensión de la metodología del Análisis del ciclo de vida y su estructura se utiliza bibliografía complementaria e interpretativa del ACV y de cada una de sus fases con el propósito de plasmar de forma comprensible y con ejemplos básicos, la forma en la que podría ser aplicada, modificada o ampliada conforme a los objetivos establecidos en la primera instancia dentro del estudio de ACV, los procesos involucrados, el acceso a la información de la organización y la de sectores empresariales, así como la orientación del público objetivo al cual se encuentra dirigido el estudio.

Entre los beneficios identificados para los usuarios, a través del desarrollo de la guía, se pueden mencionar los siguientes:

- Identificación y caracterización de aspectos e impactos ambientales por los subprocesos que intervienen, en este caso en la Fase de *upstream* de la industria hidrocarburífera.
- Utilizar como fuente de consulta, modelo, estructura, ejemplos, información de bases de datos que podrían ser aplicados al ACV de cualquier otra industria.
- Mediante la recolección de información, datos, mediciones, entre otros; las organizaciones que implementen el estudio de ACV podrían a su vez estar

simplificando el proceso de recolección y presentación de información solicitada periódicamente por la autoridad ambiental competente y demás partes interesadas.

- Facilita la toma de decisiones relacionadas con aspectos ambientales.
- Si el seguimiento y control de impactos se realiza de forma oportuna beneficiará a la organización a mantener una reputación ambiental favorable frente a sus partes interesadas, mejorará su economía al optimizar procesos implantando eficiencia y eficacia en las organizaciones.
- Permite gestionar de forma adecuada los impactos significativos y darles seguimiento aquellos de menor impacto.
- Favorece el acceso a mercados ambientalmente responsables que valoran sobremanera las metodologías aplicadas y las certificaciones obtenidas con el propósito de mantener al mínimo los impactos al ambiente y ecosistemas involucrados.
- Un estudio de ACV, favorece al monitoreo ambiental constante de procesos, productos y servicios desde su origen hasta su disposición final, según el alcance establecido.

El capítulo primero corresponde al Marco de referencia, Consideraciones teóricas sobre los sistemas de gestión y la bibliografía a ser utilizada en el desarrollo del trabajo de investigación que tiene una fuerte orientación al uso de las normas ISO y específicamente a las de orientación ambiental relacionada con el análisis de ciclo de vida y sus etapas correspondientes vistas desde la perspectiva de varios autores y metodologías citadas a lo largo de la tesis.

El Enfoque normativo detalla algunas de las normas citadas y utilizadas. Presenta conceptos, citas, ejemplos y fundamentos de normas, fundamentalmente, se analizará las normas de Gestión ambiental ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental, Requisitos con orientación para su uso; ISO 14040 (2006) Análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO14044 (2006) Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices, así como ISO 14063:2014 Comunicación ambiental directrices y ejemplos; ISO 14047:2012 *Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations*, entre otras.

El marco legal a aplicarse incluye una serie de leyes y reglamentos ambientales ecuatorianos, entre los cuales se encuentran: La Constitución de la República,

Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas de Ecuador, Ley de Hidrocarburos, Código Orgánico del Ambiente y Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas.

El capítulo segundo presenta un Análisis situacional de la industria hidrocarburífera.

Se realiza un brevísimo recorrido por varios autores y sus aportes a las teorías del origen del petróleo, características, detalle de densidades y distintos mercados petroleros, también se presenta un acercamiento a la historia petrolera ecuatoriana e identificación de los impactos ambientales relacionados a la Fase de *upstream*; de manera adicional se presenta de forma didáctica explicaciones, gráficos y tablas a modo de resumen del contenido y enfoque de las normas ISO 14040 (2006) y 14044 (2006).

El capítulo tercero contiene la propuesta de la Guía metodológica para la aplicación de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, Requisitos y directrices de la Fase *upstream* del sector hidrocarburífero.

La guía abarca cada una de las fases del Análisis de ciclo de vida (ACV), se ejecuta ejemplos con base en la teoría de las normas aplicando métodos que fácilmente podrían ser usados o ampliados a distintos alcances y estudios.

Con el trabajo de tesis se pretende estructurar un modelo que facilite el entendimiento y crear procesos de orientación al usuario para la consecución de los objetivos ambientales propuestos o requerimientos de partes interesadas.

Capítulo primero

Marco de referencia

1. Consideraciones teóricas sobre los sistemas de gestión

El logro del éxito sostenido es uno de los principales objetivos de los sistemas de gestión; se trata básicamente de la ventaja competitiva obtenida a partir de la orientación y uso de las Normas Internacionales ISO (International Organization for Standardization), sean estas simplemente aplicadas o implementadas y certificadas.

El éxito sostenido es una cualidad organizacional que se logra a través de factores como: compromiso a nivel institucional, responsabilidad social, gestión ambiental y respeto por el entorno y cultura en la que se desenvuelve la organización; también se logra con la implantación de conceptos como la eficiencia, eficacia y calidad en la producción de bienes y servicios; la adaptación a los cambios del entorno y del mercado en el que compete; entre otros, que la organización quiera abordar para cumplir con sus objetivos.

El logro del éxito sostenido es el parte del resultado de un trabajo e involucramiento constante de la alta dirección y su influencia en toda la organización a través del liderazgo; la alta dirección es el pilar fundamental para el logro de metas y objetivos a través de la satisfacción de las necesidades y expectativas de sus clientes y de otras partes interesadas pertinentes.

La Norma Internacional ISO 9000:2015 - Sistemas de gestión de la calidad, Fundamentos y vocabulario (2015, 22), señala en la Nota 1 a la entrada, que: “El éxito sostenido enfatiza la necesidad de un equilibrio entre los intereses económico-financieros de una organización y aquellos del entorno social y ecológico.”

Desde el punto de vista ambiental se ha estipulado como factor de éxito para un sistema de gestión que la organización tome acciones para prevenir, mitigar o reducir los impactos desfavorables y aproveche las oportunidades con respecto a los impactos favorables, estableciendo las condiciones en que estas últimas, se puedan incrementar en beneficio del ambiente.

El tratamiento de estos impactos y la prioridad para su tratamiento dependerán de la influencia y afectación que tengan frente a los objetivos estratégicos y el cumplimiento de metas; todo esto es posible cuando la alta dirección aborda de manera eficaz los riesgos

ambientales de sus actividades y se logra mediante la integración de la gestión ambiental a todos los procesos de negocio e incorporando la gobernanza ambiental al sistema de gestión global de la organización. (Asociación Española de Normalización y Certificación 2015, 9)

Otro de los términos y prácticas sugeridas que incluye las normas ISO para los sistemas de gestión, es el de mejora continua, que en la norma ISO 14001:2015 (Asociación Española de Normalización y Certificación 2015, 16) es considerada como la “Actividad recurrente para mejorar el desempeño” dentro de cualquier sistema de gestión y siendo el caso los SGA.

La mejora ayuda a anticipar y cumplir tanto necesidades de partes interesadas, así como incrementar la eficiencia económica a través del ahorro de costos, recursos, tiempo y energía, reducción de residuos, etc.

Los sistemas de gestión en orientación de aplicación de las normas ISO considera dentro del ciclo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) o denominado también de Mejora continua, a la mejora como inicio y fin de todos los procesos.

La norma de gestión ambiental ISO 14001:2015 no es la excepción y también define a la mejora continua como un proceso que no es estático, no se detiene; al contrario, es cíclico, sistemático e iterativo, de ahí toma la denominación de *continua*. Desde esa perspectiva se puede concluir que cada corrección, análisis o prevención, confluirá en un nuevo comienzo que permitirá seguir detectando oportunidades de mejora para el sistema de gestión.



Figura 1. Representación del ciclo PHVA – Mejora continua

Fuente y elaboración: UNE-EN ISO 14001:2015. ISO (International Organization for Standardization) (2019, 10)

La figura 1 muestra gráficamente el ciclo PHVA y la forma iterativa con la que funciona.

Las actividades de mejora, aprendizaje e innovación son aspectos clave, sistemáticos e interdependientes que contribuyen al éxito sostenido de la organización y a su capacidad para responder proactivamente a los cambios, permitiéndole cumplir su misión y visión, desarrollando sus actividades con calidad y cumpliendo las expectativas de sus partes interesadas.

El término toma de decisiones en los sistemas de gestión puede ser como un proceso complejo que implica cierta incertidumbre derivada de las acciones u omisiones en las que la organización actúa o deja de actuar y sobre las cuales la alta dirección debe orientar, disponer y gestionar para la continuidad de sus actividades regulares en favor de los intereses organizacionales y de las partes interesadas.

Herbert Simon, citado en el texto *Teorías Contemporáneas de la Organización y del Management* (2008, 180–90), es el ganador del premio nobel de Economía, quien entendió que el proceso de toma de decisiones es quizá el más importante dentro de la organización; dicho proceso, ha sido una de las grandes preocupaciones dentro del campo administrativo, tanto en su estudio, disciplina y en término de desempeño laboral para quienes efectúan esta actividad de forma constante o esporádica, sean estos, gerentes, presidentes, directores, líderes de proceso, etc.

Con el propósito de apoyar el proceso de toma de decisiones se han formulado modelos (cualitativos y cuantitativos) para la descripción y predicción de situaciones como el estudio de casos para la toma de decisiones que se ha conceptualizado y analizado por varias disciplinas y estudiado desde distintas perspectivas.

Las normas ISO, su estructura, aplicación y uso dentro de las organizaciones ha facilitado la toma de decisiones; este proceso se puede realizar de manera efectiva con base en los resultados de indicadores que miden el desempeño de la organización, también se puede realizar a partir de la revisión que realiza la alta dirección a intervalos planificados de todo lo actuado bajo el sistema de gestión, entre otros factores, permitirán disminuir el riesgo y la incertidumbre en la toma de decisiones.

Ingresando en temas ambientales y de ciclo de vida es necesario definir a qué se conoce como Aspectos Ambientales, según la *Norma Internacional ISO 14001:2015, Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos para su uso* (2015, 13), los define como: “Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o

puede interactuar con el medio ambiente”. En la nota 1 a la entrada se señala: “Un aspecto ambiental significativo es aquel que tiene o puede tener uno o más impactos ambientales significativos” que son determinados mediante la aplicación de uno o más criterios.

Según lo descrito por Granero Castro (2011, 38): “existe un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de sus componentes. Esta acción puede ser [resultado] de un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales.”

Así mismo, ISO 14001:2015 (2015, 34), en el anexo A.6.1.2 Aspectos Ambientales, menciona que:

Los cambios en el medio ambiente, ya sean adversos o beneficiosos, que son resultado total o parcial de los aspectos ambientales, se denominan impactos ambientales [que] pueden ocurrir a escala local, regional y global, y también pueden ser de naturaleza directa, indirecta o acumulativa. La relación entre los aspectos ambientales y los impactos ambientales es una relación de causa-efecto.

En el año 1987, a través de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD), se presenta el informe *Nuestro futuro común*, denominado también como Informe *Brundtland*, llamado así en honor a la Dra. Brundtland, quien presidía dicha comisión; en el informe se publica la definición de desarrollo sustentable.

La Organización de las Naciones Unidas en su blog Objetivos de desarrollo sostenible (Moran 2020, párr. 9) señala que: “El desarrollo sostenible se ha definido como el desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

Dicho término ha sido interpretado desde distintos puntos de vista, cada uno, desarrollado conforme los lineamientos que rigen su visión, sin embargo, la realidad que vivimos actualmente, en cuanto a temas ambientales y uso indiscriminado de recursos nos sugiere que el término y la definición de desarrollo sostenible acepta y motiva el desarrollo como tal, bajo la condición que dicho crecimiento no comprometa los recursos y formas con las que se mantendrán y crecerán las generaciones futuras; la definición incita una producción más limpia y un desempeño ambiental consiente.

En lo que corresponde a *Ciclo de vida*, el punto 6.1.2 Aspectos ambientales de la norma ISO 14001:2015 (2015, 20), expresa: “la organización debe determinar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que puede controlar y de

aquellos en los que puede influir, y sus impactos ambientales asociados desde una perspectiva de ciclo de vida”.

Partiendo desde esa perspectiva, la Organización Internacional de Normalización (ISO) formuló en el año 2006 la norma ISO 14040 cuya versión en español se conoce como Norma Española UNE-EN ISO 14040 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia (2006a, 10), define al Ciclo de Vida como las “Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final”.

Originalmente, el ciclo de vida fue usado como una herramienta para la toma de decisiones al comparar diferentes procesos y productos con base en un criterio medioambiental, hoy en día el ACV se considera como una herramienta metodológica para evaluar los impactos ambientales de productos, procesos y sistemas.

El ACV evalúa las cargas ambientales asociadas mediante la identificación y descripción cuantitativa de la energía y los materiales utilizados, y los desechos liberados al medio ambiente, luego analiza los impactos a través del ciclo de vida completo de la actividad desde la cuna a la tumba. La evaluación incluye la extracción y procesamiento de las materias primas, fabricación, distribución, uso, reúso, mantenimiento, reciclado, disposición final y todo el transporte involucrado. (Comas Matas y Morera Carbonell 2012, 4:4–6 Traducción me pertenece)

Siendo el tema focal, el Análisis de ciclo de vida en la cuestión ambiental, se citará y tratará temas del documento Conceptos básicos del Análisis del Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño que expone: “el enfoque de ciclo de vida es un prerrequisito para cualquier evaluación sólida de sustentabilidad, esto permitirá evitar que se transfieran impactos a la economía o al ambiente o en otras partes o etapas del sistema analizado.” (Suppen y van Hoof 2005, 1)

Uno de los principales objetivos identificados en los trabajos sobre la temática del Análisis del Ciclo de Vida es:

Cuantificar un indicador agregado (como una unidad de medida ambiental), basado en los diferentes problemas ambientales y determinado por sus distintas variables (impactos). Esta cuantificación se realiza relacionando los impactos con los problemas ambientales. Para la interpretación de estos impactos (por ejemplo, cantidades de energía, uso de materiales, emisiones) es importante establecer el efecto que tienen estos sobre los problemas. (5)

Orientado a la gestión ambiental y el éxito sostenido Clements y Senlle (1997, 101), recalca la importancia, beneficios y los usos de la información generada por el ACV, mencionando:

[La información generada por un estudio de ACV] se puede utilizar para complementar su sistema de gestión; puede ayudar a [la] compañía a examinar los efectos de sus productos, servicios y actividades en el tiempo; además [esta información] es lo suficientemente flexible como para poder utilizar su informe final para solicitar determinadas especificaciones de su producto o para demostrar su conformidad con diversas regulaciones.

En lo referente a la industria hidrocarburífera; el libro *El petróleo en el Ecuador*, la nueva era petrolera señala de forma general que el petróleo es una compleja mezcla de compuestos químicos, minerales y gas, que se encuentran en una capa tectónica porosa donde se almacena, cuyo origen se produce por la descomposición de materia orgánica durante varios miles de años, sometida a grandes presiones y temperatura de las profundidades. (Poveda et al. 2013, 13)

Salvador Ortuño Arzata (2012, 35) señala dentro de la industria hidrocarburífera los siguientes procesos que conforman su cadena de valor a) la exploración y producción se dedica a la búsqueda de nuevos yacimientos para desarrollo y explotación de campos, b) el transporte del crudo hacia las refinerías o el gas hacia los centros de tratamiento, y; c) la refinación y la comercialización etapa en la que se obtienen los productos derivados del crudo y la disponibilidad en los centros de distribución y consumo.

El mismo autor, hace una aproximación a los impactos ambientales identificados dentro del sector hidrocarburífero, entre los que se puede distinguir:

1. *Impactos en la salud de la población*. A causa de emisiones en cada fase.
2. *Impacto ambiental*. Afectaciones a ecosistemas tanto terrestres y marinos, debido a las actividades inmersas durante toda la cadena de valor del petróleo.
3. *Cambio climático y calentamiento global*. Principalmente por la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. (117–19)

2. Enfoque normativo

Se detallan las normas, criterios, metodologías, lineamientos y sistemas, que establecen la forma en que deben desarrollarse las acciones para alcanzar los objetivos propuestos.

Para el desarrollo del tema de tesis planteado se utilizará principalmente las Normas ISO relacionadas a la gestión ambiental que serán el soporte informativo y herramienta básica fundamental para el desenlace en el argumento propuesto. La tabla 1 detalla varias de las normas a usarse:

Tabla 1
Normas ambientales a utilizarse

Norma	Nombre
ISO 14001:2015	Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso (2015)
ISO 14040 (2006)	Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia (2006a)
ISO 14044 (2006)	Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.(2006b)

Fuente: ISO (International Organization for Standardization). (2019)

Elaboración propia

Es necesario referir el origen de las normas ISO dentro de la gestión ambiental; por ello, y, en razón de la preocupación creciente por el medio ambiente y cómo las organizaciones y sus actividades afectan o se ven afectados por los requisitos y necesidades de sus partes interesadas; María Belén Padin (2019,4), señala: “La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar en la Cumbre para la Tierra, organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en junio de 1992 en Río de Janeiro –Brasil–. Ante tal acontecimiento, ISO se compromete a crear normas ambientales internacionales, después denominadas, ISO 14000”.

La norma ISO 14001:2015 (2015, 9), en relación con su propósito ambiental, ha sido formulada con el objetivo de: “proporcionar a las organizaciones un marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas.”

ISO 14001:2015 es una norma certificable, sin embargo, una organización la puede utilizar en su totalidad o en determinados fragmentos con el propósito de mejorar su desempeño ambiental o gestionar sus responsabilidades ambientales, constituyéndose en un pilar de sostenibilidad; empero, la declaración de conformidad no se realiza si no se demuestra con evidencia del cumplimiento de todos los requisitos. (12)

La certificación es un proceso que le representa a la organización inversión de recursos entre ellos tiempo y dinero; razón por la cual se deberá definir los beneficios inmediatos y de largo plazo que se espera obtener con la certificación. (Roberts y Robinson 2003, 19).

Las normas internacionales ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices según su objeto y campo de aplicación “no está[n] prevista[s] para fines contractuales o reglamentarios, ni para registro y certificación.” (Asociación

Española de Normalización y Certificación 2006b, 9); es decir, son utilizadas únicamente como direccionamiento, herramienta y apoyo para lograr el éxito sostenido en el SGA de la organización, apoyar la toma de decisiones que aporten al desarrollo organizacional y para cumplir con los requisitos de sus partes interesadas.

3. Visión general del marco legal a aplicarse

La investigación con relación a la Fase del Upstream (comprendida por los subprocesos de exploración, perforación y extracción o producción), se basará en el marco legal ecuatoriano, por ejemplo: la Constitución de la República del Ecuador, Ley de Hidrocarburos (EC Ministerio de Hidrocarburos 1978), reglamentos, decretos, ordenanzas o normas relacionadas y denominadas como ley aplicable, estableciendo el orden de prelación y las exigencias para el desarrollo de actividades y las respectivas sanciones para el incumplimiento.

El Contrato modificadorio al contrato de prestación de servicios para la exploración y explotación de hidrocarburos (petróleo crudo), denominado así, por tratarse de un documento legal que modifica al contrato original en determinadas cláusulas; es uno de los formatos generalmente utilizados por el Estado ecuatoriano para regular contractualmente las actividades a realizar por las empresas privadas que se dedican a la exploración y explotación de crudo en el territorio ecuatoriano.

La Constitución de la República del Ecuador (EC Función Ejecutiva 2008 art. 408) expone:

Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución.

A través de este marco legal se garantiza la soberanía, el uso y propiedad de los recursos naturales no renovables en general, así como, el desarrollo de actividades de explotación, en este caso de hidrocarburos para que mantengan armonía con los principios ambientales y demás normativa relacionada.

La Constitución deja entrever la preocupación por temas ambientales para el caso de la explotación de los recursos, mencionando: “En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.” (Art. 72)

El Código Orgánico del Ambiente (EC Función Ejecutiva 2017) al respecto de las regulaciones para el sector de recursos naturales no renovables dice: “La regulación del aprovechamiento de los recursos naturales no renovables y de todas las actividades productivas que se rigen por sus respectivas leyes, deberán observar y cumplir con las disposiciones del presente Código en lo que respecta a la gestión ambiental de las mismas”. (art. 2). El artículo 166, numeral 3, declara como competencia exclusiva de la autoridad ambiental nacional, la emisión de autorizaciones administrativas en relación a: “Aquellos proyectos correspondientes a los sectores estratégicos establecidos en la Constitución”.

El artículo 245, Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable, señala que las instituciones del Estado y personas naturales o jurídicas se encuentran obligadas según corresponda a:

1. Incorporar en sus propias estructuras y planes, programas, proyectos y actividades, la normativa y principios generales relacionados con la prevención de la contaminación [...];
2. Optimizar el aprovechamiento sustentable de materias primas;
3. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética, así como el aprovechamiento de energías renovables;
4. Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes al ambiente, considerando el ciclo de vida del producto;
5. Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones;
6. Promover con las entidades competentes el acceso a la educación para el consumo sustentable;
7. Promover el acceso a la información sobre productos y servicios en base a criterios sociales, ambientales y económicos para la producción más limpia y consumo sustentable;
8. Coordinar mecanismos que faciliten la transferencia de tecnología para la producción más limpia;
9. Minimizar y aprovechar los desechos; y,
10. Otros que la Autoridad Ambiental Nacional dicte para el efecto.

Por otro lado, el Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas (2018 art. 2), se encuentra formulado, orientado y especializado, como directriz que permita al órgano correspondiente: regular, administrar, controlar y fiscalizar las actividades del sector (art.

1), reglamento que “se aplicará a todas las Operaciones Hidrocarburíferas, en las diferentes fases de la industria hidrocarburífera, ejecutadas por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, empresas mixtas, consorcios, asociaciones, u otras formas contractuales reconocidas en el Ecuador”.

En relación al tema ambiental y los riesgos involucrados, el nivel contaminante de las operaciones y afectaciones de los lugares ambientalmente sensibles donde se desempeñan las actividades, el Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas, expresa:

Los Sujetos de Control, deben realizar las operaciones hidrocarburíferas observando las disposiciones y regulaciones que la Ley, contratos y demás normativa vigente señalen sobre los sistemas de gestión integral de calidad, seguridad, salud ocupacional y ambiente, eficiencia energética, responsabilidad social y medidas de control vigentes en el Ecuador. Si estas faltaran, deberán aplicar los procedimientos y las mejores prácticas de la industria hidrocarburífera internacional. (art. 14)

La legislación detallada permite visualizar una regulación preocupada, vigilante y motivadora con respecto al uso consciente de recursos naturales no renovables, promoviendo su optimización, mejora de procesos y uso el ciclo de vida de los productos en el que se aproveche, reduzca y reutilice los desechos, entre otras alternativas ambientalmente viables; lo que permitirá una mejor calidad de vida propendiendo a una economía circular, sustentable y sostenible.

La figura a continuación, resume gráficamente el orden de prelación y aplicación de las leyes, reglamentos, decretos, normas, mejores prácticas o cualquier otra forma que se pueda aplicar a este u otros estudios, se resume a breves rasgos lo que promulga cada una de ellas en relación con los objetivos ambientales de la investigación y la orientación de estos a los recursos naturales no renovables y especialmente al petróleo.



Fuente y elaboración: propia, defensa de tesis 2020

Capítulo segundo

Análisis situacional

1. Metodología de la investigación

El desarrollo de la propuesta de diseño de una guía metodológica para la aplicación de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices para la fase de *upstream* del sector hidrocarburífero se realiza con un enfoque meramente investigativo, conceptual y cualitativo del ACV.

Se trata de un trabajo deductivo que inicia con un acercamiento al lector de los conceptos textuales mediante gráficos y tablas resumen, en lo posterior, se aplica distintos métodos para la comprensión de cada fase que compone el ACV y se demuestra mediante ejemplos básicos y prácticos cómo se solventan los requisitos de gestión ambiental, que son objeto de este estudio

Cabe recalcar que la normativa principal y soporte del trabajo que se presenta son las normas de gestión ambiental ISO de la Organización Internacional de Normalización o por sus siglas en inglés: *International Organization for Standardization*; la consulta se realizó entre los años 2019 y 2020 en las versiones oficiales en español de las Normas Europeas UNE-EN ISO publicadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (Aenor) y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO del Servicio Ecuatoriano de Normalización, que son *normas adoptadas* de la versión original que se publican únicamente en idiomas: inglés, francés y alemán.

2. Origen del petróleo, principales características y fases de la industria hidrocarburífera

Según Blanca Azcárate y Alfredo Mingorance (2002, 37):

Todavía hoy no se reconoce con absoluta certeza el origen del petróleo, aunque al parecer la mayoría de los expertos coinciden en un origen orgánico. Las teorías más recientes consideran su formación debida a la acción de macroorganismos que actuaron sobre restos vegetales y animales sometidos a elevadas condiciones de temperatura y presión [...]

Las capas de materia orgánica acumulada son cubiertas por estratos superiores de corteza terrestre durante miles de años, produciendo una transformación química que afecta de manera importante su composición, transformando los sedimentos en varias sustancias y gases, entre los que constan hidrocarburos ligeros, – líquidos y gaseosos– que se almacenan en yacimientos y capas de roca porosa.

Clasificación según la densidad

El petróleo en su estado natural se clasifica según su densidad o gravedad, la American Petroleum Institute (API) clasifica el petróleo en liviano, mediano, pesado y extra pesado, bajo los siguientes parámetros:

- Crudo liviano o ligero: tiene gravedades mayores a 31,1° API.
- Crudo mediano o medio: tiene gravedades entre 22,3 y 31,1° API.
- Crudo pesado: tiene gravedades entre 10° y 22,3° API.
- Crudo extrapesado: gravedades menores a 10° API (Jaimes 2012, 65)

Crudos de referencia

En el mercado existen varios crudos de referencia, con esta denominación se conoce “a la clasificación del petróleo que [se] ha extraído de fuentes específicas que por sus características de viscosidad, grado de azufre y pureza son tomados como referencia en la comercialización de los distintos tipos de petróleos a nivel mundial” (González 2016, párr. 1). La tabla 2 presenta un resumen de los Crudos de referencia:

Tabla 2
Crudos de referencia

Barril de referencia	Detalle
Brent Blend	Lo componen 15 crudos de campos en los Sistemas Brent y Ninian en el mar del norte, petróleo dulce y ligero, con bajo contenido de azufre y baja densidad ideal para la producción de gasolina, queroseno y gasóleo.
West Texas (WTI)	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para medir crudo estadounidense. • Emiratos Árabes lo usa como referencia para la producción de crudo de la región Asia-Pacífico.
Tapis (Malasia)	Utilizados como referencia para crudo ligero del Lejano Oriente, conformado por países como Corea del Norte, Corea del Sur, China, Japón, Taiwán y Vietnam.
Minas (Indonesia)	

Fuente: Petróleo: historia y perspectivas geopolíticas. James, Miguel. (2012)
Elaboración propia

Fases de la industria hidrocarburífera

Existen varios autores que conciben la cadena de valor del petróleo y sus procesos de distinta manera, sin embargo, Salvador Ortuño Arzata (2012, 35), señala que dentro

de la industria petrolera se reconocen tres grandes procesos que conforman su cadena de valor: a) la exploración y producción, b) el transporte, y, c) la refinación y la comercialización.

La figura Nro. 2 muestra los procesos detallados, así como las empresas públicas encargadas de las Fases de *upstream* y *downstream*:

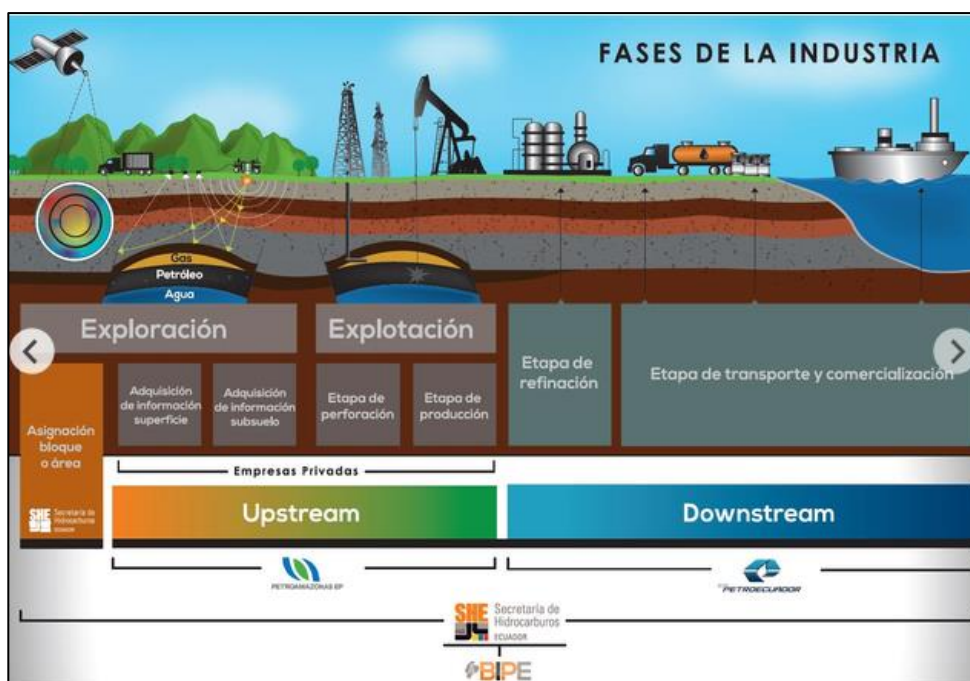


Figura 2. Fases de la industria hidrocarburífera

Fuente y elaboración: Secretaría de Hidrocarburos Ecuador. (2019)

Las fases de la cadena hidrocarburífera de acuerdo a la normativa ecuatoriana vigente, específicamente, en el Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas (EC Ministerio de Hidrocarburos 2018 art. 111) señala como fases de la cadena hidrocarburífera al *upstream*, *midstream* y *downstream*; detallados con sus respectivos procesos en la tabla 3:

Tabla 3
Fases de la cadena de valor hidrocarburífera

Fase	Capítulo	Proceso	Conceptos
Upstream	II	Exploración	Es la planificación, ejecución y evaluación de todo tipo de estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y otros, así como, la perforación de pozos exploratorios y actividades relacionadas necesarias para el descubrimiento y ubicación de hidrocarburos en el subsuelo. (49)
	III	Perforación	Constituyen la perforación de pozos exploratorios, avanzada, desarrollo, re-entradas, inyectores, re-inyectores, de relleno, multilaterales, programas alternos (profundizaciones, cambio del diseño geométrico del pozo, sidetrack, perforación costa afuera; y otros). (46)
	IV	Explotación (Producción)	Desarrollo y producción de petróleo y/o Gas Natural en todo tipo de yacimiento. (49)

Fase	Capítulo	Proceso	Conceptos
Midstream	VII	Transporte, almacenamiento de hidrocarburos, biocombustibles y sus mezclas ¹	La actividad de recibir, entregar y, en su caso, conducir Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos, de un lugar a otro por medio de ductos u otros medios, que no conlleva la enajenación o comercialización de dichos productos por parte de quien la realiza a través de ductos.
Downstream	VII	Refinación e industrialización de hidrocarburos	Proceso o la serie de procesos físico-químicos, mediante los cuales el crudo y/o el Gas Natural se transforman en derivados, ya sea como productos terminados o como materia prima para la obtención de nuevos productos. (55)
	IX	Comercialización de hidrocarburos	Actividades de abastecimiento, almacenamiento, envasado, transporte, distribución y venta al público de Gas Natural, derivados (incluidos aceites y grasas lubricantes), Biocombustibles y sus mezclas, a nivel Nacional; y/o, la importación y exportación de hidrocarburos. (47)

Fuente: Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas. Ministerio de Hidrocarburos (2018).
Elaboración propia

3. El sector hidrocarburífero en el Ecuador, la fase de Upstream y los impactos ambientales relacionados con esta fase.

La historia del petróleo en el Ecuador data de 1878, año en el que se realizó la primera concesión petrolera en lo que hoy se conoce como la provincia de Santa Elena, en 1911 llegan a Ecuador los primeros equipos de perforación a percusión, método que se basa en el golpeteo con una pesada herramienta de corte (trépano) que se eleva con un cable y que cae por gravedad, fragmentando el suelo.

En el año 1940 se construyó la primera refinería en el Ecuador denominada La Libertad ubicada en Santa Elena, dicha refinería estaba compuesta de dos plantas de destilación primaria para procesar aproximadamente mil barriles de crudo por día.

En los años subsiguientes se hicieron concesiones de forma simultánea, en 1967, la era petrolera empieza para el Ecuador, en razón que Texaco-Gulf aumentó la explotación de áreas hidrocarburíferas, y también porque en 1970 se inicia la construcción del sistema de Oleoducto transecuatoriano cuya finalidad fue el transporte de crudo desde la Amazonía ecuatoriana al terminal marítimo de Balao para la exportación.

Gracias a la renta petrolera y la comercialización externa, el país se fortaleció económicamente favoreciendo la capacidad financiera del Estado ecuatoriano y

¹ Para más términos relacionados con la industria hidrocarburífera dirigirse al documento *Glosario de términos petroleros*. (Dirección General de Exploración y Extracción de Hidrocarburos, Estados Unidos Mexicanos 2015)

cubriendo la deuda social, laboral, agrícola y eléctrica de la época. (Poveda et al. 2013, 16–22)

La actividad del sector tiene una participación aproximada al 11% del PIB, niveles que se han mantenido de forma variable e inestable, sin embargo, en el año 2004 alcanzó un 37,13% en razón de la entrada en funcionamiento del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), valores que han ido decreciendo ubicándose por debajo del 5% para el año 2013 lo que representó un crecimiento de únicamente 1,74% en relación al PIB. (Ekos 2014)

En el anexo 1 se presenta el mapa de los bloques petroleros al año 2015, correspondiente a Ecuador continental, reportado por la Secretaría de Hidrocarburos, hoy Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables.

En resumen, se puede evidenciar los inicios de la industria en un país que era netamente agrícola y de crecimiento económico lento, así como la tecnología introducida para la explotación y extracción de crudo y los esfuerzos de construcción de oleoductos, vías, accesos, carreteras, terminales, etc., para poder realizar el transporte, almacenamiento y finalmente realizar la exportación del petróleo.

Fase de upstream: exploración, perforación y producción

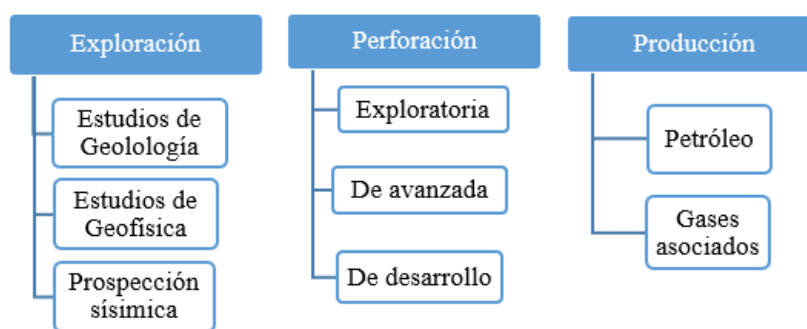


Figura 3. Etapas de la fase de Upstream. Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas. Ministerio de Hidrocarburos (2018)

Elaboración propia

La figura Nro. 3 presenta los procesos intervinientes en la Fase de *upstream* y los subprocesos de cada uno.

La exploración se resume en la búsqueda y localización del hidrocarburo mediante diferentes tipos de estudios, tanto de superficie y de las distintas capas terrestres utilizando distintas herramientas y tecnologías, entre las cuales se encuentran los métodos geológicos y los métodos geofísicos, estos últimos, usados en zonas de difícil exploración

como por ejemplo: superficies pantanosas, selváticas o desérticas; dichos estudios dan como resultado una carta geológica que devela las posibilidades de encontrar petróleo.

A partir de la carta geológica se realiza la exploración sísmica de reflexión que es un estudio más certero obtenido mediante la recepción y almacenamiento digital de datos en una herramienta denominada *geófono*.

En primera instancia se realizan intervenciones de cargas explosivas controladas o cañoneo de aire comprimido (en tierra o mar, respectivamente), actividades que causan vibraciones o temblores artificiales cuyas ondas acústicas atraviesan cada una de las capas tectónicas son absorbidas en una proporción y otras retornan creando patrones, que, según su longitud, magnitud, tiempo de retorno a superficie, entre otros parámetros, revelan datos a los expertos sobre la existencia o no de petróleo. La información obtenida se procesa de tal manera que se transforma en imágenes y mapas de la estructura del subsuelo.

El anexo 2 muestra mapas de Ecuador continental conforme la sísmica 2D y 3D, tanto de adquisición como procesada, y, la ubicación de pozos con sus respectivas leyendas para mejor comprensión de las imágenes presentadas por el Banco de Información Petrolera publicado por la Secretaría de Hidrocarburos.

Los resultados de los estudios descritos derivan en la decisión o no de perforar; inicialmente y cuando los estudios arrojan resultados favorables se realizan perforaciones de pozos exploratorios que serán la última prueba que se requiere para continuar con la perforación de avanzada que da inicio a un programa de perforación de pozos de desarrollo para la producción comercial del hidrocarburo.

La producción se realiza bajo dos técnicas que son: por flujo natural y por flujo artificial. El flujo natural se presenta en razón de la presión, agua y el gas contenidos en las capas más profundas de la tierra a las que se accedió mediante la perforación, dichos factores permiten que el crudo fluya hacia el exterior sin ningún tipo de intervención.

Con el paso del tiempo, la presión natural se vuelve inconstante y casi nula, por la extracción de fluidos, razón por la cual, se interviene el pozo con técnicas artificiales, que consisten en continuar con la producción de petróleo a través del levantamiento a gas, por bombeo (mecánico, hidráulico, utilización de bombas electro sumergibles y de cavidad progresiva), así como la inyección de agua, gas, químicos cuyo fin es mantener la producción mientras existan las condiciones para la extracción.

La figura 4 muestra un pozo y los flujos para levantamiento de crudo a través de la inyección de gas.

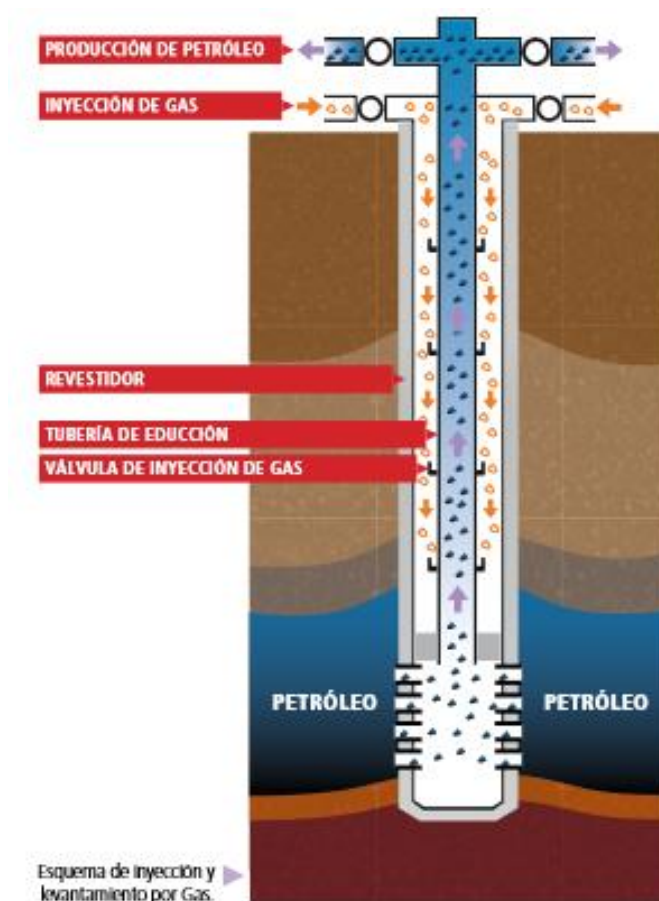


Figura 4. Inyección y levantamiento por gas

Fuente y elaboración: Revista PDVSA Producción, Colección Soberanía Petrolera. PDVSA. (2019, 13)

Las circunstancias en las que se utilizan estos métodos y técnicas se denominan Recuperación, Salanger (2005, 3–4) menciona tres fases dentro de la recuperación:

Recuperación primaria [...], el petróleo se drena naturalmente hacia los pozos bajo el efecto del gradiente de presión existente entre el fondo de los pozos y el seno del yacimiento.

Recuperación secundaria [...] consiste[n] en inyectar dentro del yacimiento un fluido [...] para mantener un gradiente de presión. Estos fluidos se inyectan por ciertos pozos (inyectores), y desplazan o arrastran una parte del petróleo hacia los otros pozos (productores).

Recuperación terciaria [...] cuyo propósito es mejorar la eficiencia del desplazamiento mediante una reducción de las fuerzas capilares, se pueden citar la utilización de solventes miscibles con el crudo y la obtención de baja tensión interfacial con soluciones de surfactantes o soluciones alcalinas. Para mejorar la eficiencia de barrido se puede reducir la viscosidad del crudo mediante calentamiento, aumentar la viscosidad del agua con polímeros hidrosolubles [...].

4. Impactos ambientales relacionados con la fase de Upstream

Tal y como lo manifiesta Herrera, Cooper, y Mustang Resources Ltd. (2010, 18):

El proceso [de la explotación de crudo] comienza con un grupo de geólogos y/o geofísicos que hacen un estudio del subsuelo y definen un área en donde la geología sugiere que hidrocarburos podrían estar almacenados en esa área. Luego se determinan los parámetros de adquisición que iluminen la zona de interés apropiadamente creando un balance entre presupuestos, calidad de la imagen y preservación del medio ambiente. Luego se procede a obtener permisos de los propietarios de los terrenos para poder tener acceso a la superficie durante todas las etapas subsiguientes. Simultáneamente se desarrollan estudios y planes de manejo tanto social como ambiental. Después se realizan el levantamiento topográfico del proyecto, el corte y preparación de las líneas sísmicas.

La industria hidrocarburífera y todos los procesos involucrados son contaminantes, el avance de la tecnología, así como la constante preocupación por la preservación del ambiente, han llevado a la industria a desarrollar alternativas para una producción más limpia y con el menor impacto posible, dichas mejoras a su vez permiten cumplir con las regulaciones del sector.

La Fase de *upstream* es especialmente contaminante debido a que en ella empieza el proceso de extracción de crudo lo que involucra tanto la afectación a la flora y fauna circundante, la deforestación, desbroce, contaminación de agua, suelo, así como el uso químicos e instrumentos que expiden emisiones, ruidos y vibraciones; la tabla 4, muestra los procesos que componen el *upstream* y los impactos ambientales relacionados:

Tabla 4
Aspectos e impactos ambientales de la Fase de *upstream*

Aspecto ambiental	Impacto ambiental
PROCESO: Prospección sísmica	
Apertura de trochas	Deforestación
Construcción de helipuertos	Deforestación
Construcción de campamentos	Deforestación Facilidades para la colonización de poblaciones autóctonas Caza y pesca intensiva
Perforaciones sísmicas Explosiones Vuelo de helicópteros	Contaminación acústica Desplazamiento de fauna
Plantas de Generación	Contaminación acústica Emisiones a la atmósfera Desplazamiento de fauna Generación de residuos líquidos (lubricantes usados)
Compactación del suelo por camiones vibradores	Erosión Derrumbes
Disparos aéreos, dirección hacia abajo, con efecto horizontal (Mar)	Afectación en el comportamiento reproductivo y/o alimenticio de aves, mamíferos marinos y cetáceos, daños y modificaciones en su sistema de comunicación para orientación y para atrapar alimentos, fallas en audición, alteración de respuestas frente a condiciones de estrés, hipertensión y desbalance endocrino. Disminución de fuentes alimenticias.
Detonaciones	Contaminación de las aguas de pozos. Destrucción de vertientes de agua. A nivel de cuerpos de agua superficial se produce erosión de las zonas de playa. Sedimentación de los ríos.

Aspecto ambiental	Impacto ambiental
PROCESO: Perforación	
Perforación	Producción de desechos como cortes y lodos de perforación con alto contenido de metales pesados, sustancias radioactivas, hidrocarburos. Contaminación acústica.
Preparación de lodos de perforación	Inhiben el crecimiento y desarrollo reproductivo de algunas especies acuáticas. Reducción de comunidades biológicas. Cambios en las respuestas inmunológicas de peces y otras especies. Generación de condiciones anaeróbicas en el fondo de los sedimentos, alterando la composición de comunidades microbianas.
Piscinas abiertas	Migración de desechos a las capas subterráneas del suelo. Desborde por altos niveles de pluviosidad, contaminando fuentes de agua superficiales, tierras aledañas de cultivo, ecosistemas, etc.
Cortes de perforación (Mar)	Contaminación del lecho marino, en vista que no tienen un tratamiento previo, afectando a la vida marina. Creación de desiertos biológicos y cambios en composición de las comunidades marinas.
Aspecto ambiental	Impacto ambiental
PROCESO: Perforación	
Instalación de Plataformas	Impacto físico, alteración de vida silvestre cuando la infraestructura incide en los sitios de apareamiento, desove, alimentación y rutas de migración. Contaminación acústica.
Construcción de Plataformas	Deforestación directamente proporcional al tamaño de la plataforma. Pérdida de diversidad, erosión del suelo. Generación de desechos domésticos. Taponamiento e interrupción de vías de drenaje naturales.
Cementación de pozo	Contaminación del suelo con químicos de alto nivel de toxicidad como el limo, arcilla, lignosulfonato de calcio, bentonita, compuestos antiespumantes, ácidos grasos, entre otros.
Aspecto ambiental	Impacto ambiental
PROCESO: Extracción	
Quema de gas	Contaminación del aire
Derrames de petróleo	Daños al subsuelo, suelo, afluentes y toda su biodiversidad, entrando en cadena alimenticia de los animales y humanos que se proveen de esas fuentes, generación de residuos sólidos contaminados de hidrocarburo.
Aguas de formación	Contaminación suelo y radiación
Uso de químicos	Como Biocidas, anticorrosivos, anti emulsificantes, solventes generando ambientes tóxicos afectando la flora y fauna que se encuentran en contacto, generación de residuos sólidos (recipientes).

Fuente: Acción Ecológica (2007)

Elaboración propia

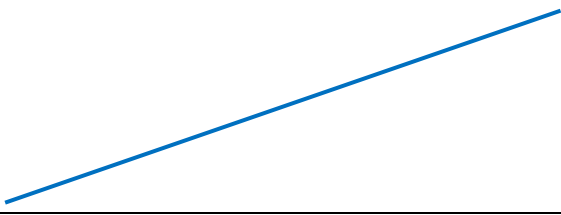
5. Introducción y relevancia de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 Evaluación del Ciclo de Vida, Principios y marco de referencia e ISO 14044 Análisis del Ciclo de Vida, Requisitos y directrices

Las normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006), comparten estructura e información de forma casi idéntica, en vista que a las dos les atañe el ciclo de vida; sin embargo, cada una trata sus enunciados con un análisis más o menos profundo y con la amplitud y detalle que le corresponde.

La tabla 5 muestra una comparación estructural de las normas en mención, que muestra tanto la estructura de las normas y relación existente entre los contenidos de cada

una; no obstante, la ISO14040 (2006) presenta un numeral y contenido que no es común para ambas, se trata de la Descripción general del análisis del ciclo de vida (ACV).

Tabla 5
Cuadro comparativo – Estructura de las normas

ISO 14040 (2006) Evaluación del Ciclo de Vida, Principios y marco de referencia	ISO 14044 (2006) Análisis del Ciclo de Vida, Requisitos y directrices
1. Objeto y campo de aplicación 2. Normas para consulta 3. Términos y definiciones	1. Objeto y campo de aplicación 2. Normas para consulta 3. Términos y definiciones
4. Descripción general del análisis del ciclo de vida (ACV). 4.1. Principios del ACV 4.2. Fases de un ACV 4.3. Características esenciales de un ACV 4.4. Conceptos generales del sistema de producto	
5. Marco de referencia metodológico 5.1. Requisitos generales 5.2. Definición del objetivo y del alcance 5.3. Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) 5.4. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) 5.5. Interpretación del ciclo de vida	4. Marco de referencia metodológico para el ACV 4.1. Requisitos generales 4.2. Definición del objetivo y del alcance 4.3. Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) 4.4. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) 4.5. Interpretación del ciclo de vida
6. Informes	5. Informe 5.1. Requisitos y consideraciones generales 5.2. Requisitos adicionales y orientación para los informes para una tercera parte 5.3. Otros requisitos del informe para aseveraciones comparativas que se desvela al público
7. Revisión Crítica 7.1. Generalidades 7.2. Necesidad de revisión crítica 7.3. Procesos de revisión crítica	6. Revisión crítica 6.1. Generalidades 6.2. Revisión crítica por un experto interno o externo 6.3. Revisión crítica por un panel de partes interesadas

Fuente: UNE-EN ISO 14040 (2006) y UNE-EN ISO 14044 (2006). (2019)

Elaboración propia

Con el propósito de tener una visión integral del contenido de las normas, a continuación, se presenta un resumen de las partes más relevantes basado en información contenida en las normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006); en la ejecución, cada fase y sus componentes específicos deben encontrarse alineados con base en el objetivo y el alcance propuesto para cada tipo de estudio y definidos acorde a los resultados esperados.

Objeto y campo de aplicación

Es un enunciado común entre ambas normas y comprenden los estudios del Análisis tanto del ciclo de vida (ACV) así como los del Inventario del ciclo de vida (ICV).

Normas para consulta

En este enunciado, cada norma cita a la otra como fuente de consulta, es decir, en ISO 14040 (2006) se sugiere se consulte a la norma ISO 14044 (2006) y viceversa.

Términos y definiciones

Los términos y definiciones son los mismos en ambas normas y son fuente fundamental de consulta en el caso de no encontrarse familiarizado con un término en específico.²

Descripción general del análisis del ciclo de vida (ACV) – ISO 14040 (2006)

En la figura 5 se presenta de forma consolidada los principios que rigen al Análisis del ciclo de vida.

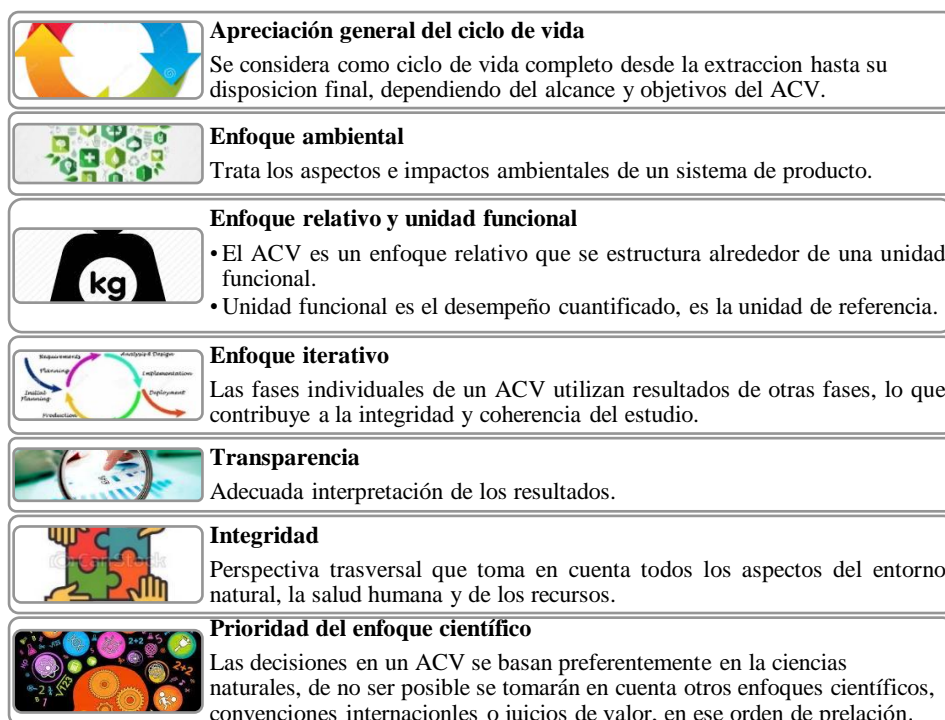


Figura 5. Principios del ACV

Fuente: UNE-EN ISO 14040 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019)
Elaboración propia

² Para la revisión de cada uno de los términos en mención y su respectivo significado, remítase a las normas de gestión ambiental ISO 14040 (2006) – Evaluación del Ciclo de Vida, Principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del Ciclo de Vida, Requisitos y directrices

La figura 6 resume los requisitos generales de los estudios completos relacionados con el Análisis de ciclo de vida y las fases involucradas cuando un estudio tiene el alcance únicamente hasta el Inventario de ciclo de vida (ICV).

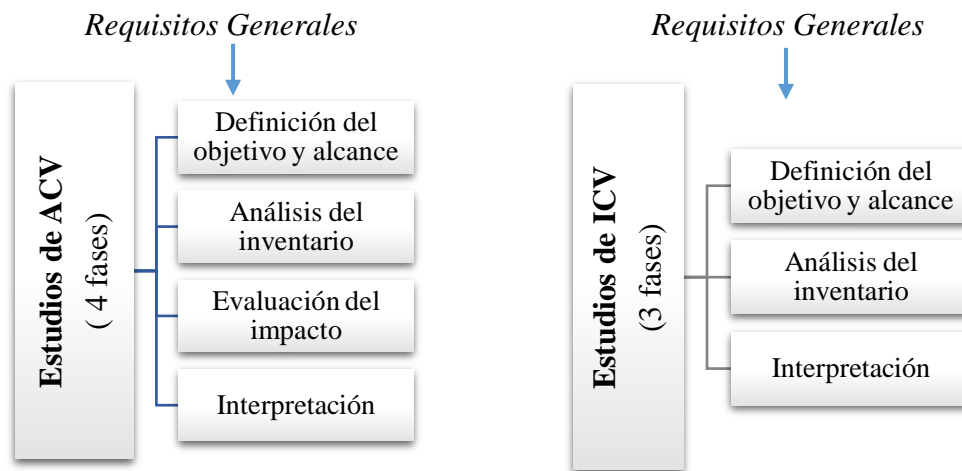


Figura 6. Fases de un ACV y un ICV

Fuente: UNE-EN ISO 14040 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019)
Elaboración propia

Características esenciales de un ACV

- No hay un método único para realizar un ACV.
- El ACV evalúa de forma sistemática los aspectos e impactos ambientales, duración y nivel de detalle que se encuentran estrechamente relacionados con el objetivo y alcance previamente establecidos.
- La metodología del ACV permite cualquier inclusión de hallazgos y mejoras, o ampliación y ajuste del alcance; cambios que se deberían documentar y con la justificación respectiva.
- El EICV es una fase de ACV, cuyos resultados proporcionan información sobre asuntos ambientales asociados con las entradas y salidas de un sistema de producto.
- El ACV tiene un procedimiento sistemático que se sustenta en los hallazgos de cada fase que lo compone, así como su respectivo análisis; situación que permite al equipo encargado del estudio presentar conclusiones basadas en evidencia objetiva de cada una de ellas según el alcance y objetivos establecidos.
- Se establece disposiciones de confidencialidad y propiedad, dependiendo del uso previsto de los resultados y el público al que va a ser dirigido.

- Los resultados de ACV no son únicos, ya que para su interpretación requiere de juicios de valor.
- El ACV no es lo mismo que un estudio de impacto ambiental, evaluación del desempeño ambiental y evaluación del riesgo, sin embargo, puede utilizar información de dichas fuentes. (Asociación Española de Normalización y Certificación 2006a, 19).

Sistema de producto y flujos elementales

La identificación de los procesos unitarios dentro de un sistema de producto ayuda a identificar tanto las entradas como las salidas, el nivel de detalle del modelado que se requiere para satisfacer el objetivo del estudio determina los límites de un proceso. (17).

La figura 7 muestra un sistema de producto y sus flujos respectivos.

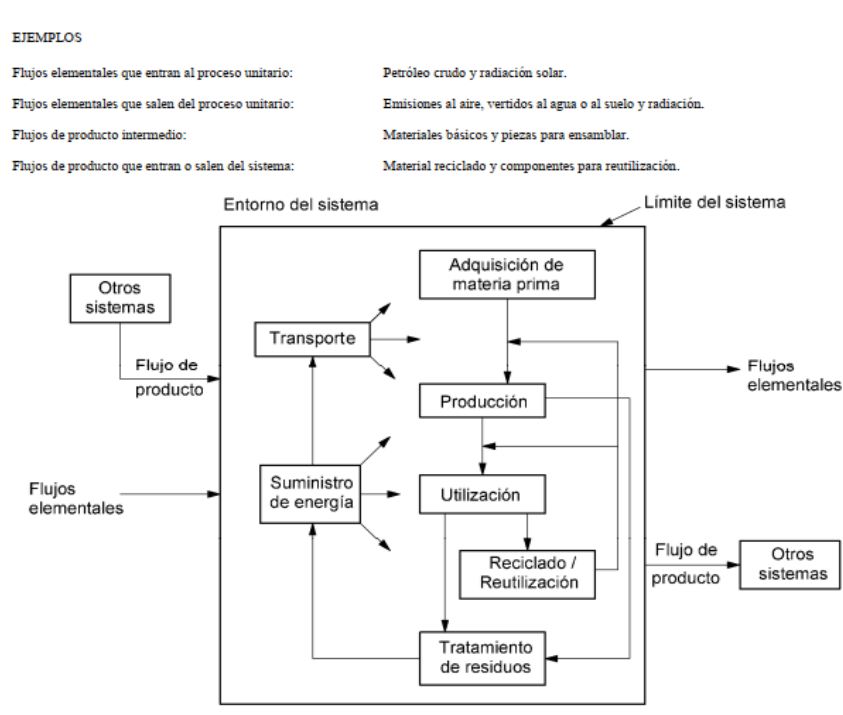


Figura 7. Ejemplo de un sistema de producto para el ACV

Fuente y elaboración: UNE-EN ISO 14040 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019, 18)

Objetivo y Alcance

El objetivo debe detallar entre varios requisitos, la motivación para efectuar el estudio de ACV, el uso que se le dará a la información obtenida (uso interno, externo o comparativo), y, el o los públicos a los cuales se orienta la divulgación de los resultados obtenidos.

El alcance a su vez debe considerar: sistema o sistemas a analizarse (este último si se trata de un estudio de tipo comparativo), límites y limitaciones, parámetros que deben cumplir los datos para ser considerados de calidad, se debe definir la unidad funcional aplicable al contexto del estudio, también, puede incluir la metodología para realizar el EICV, la caracterización y categorías de impacto, inclusive, si se dispone de formatos para recolección de la información, así como la selección de programas informáticos para el procesamiento de datos recabados, entre otros. (19)

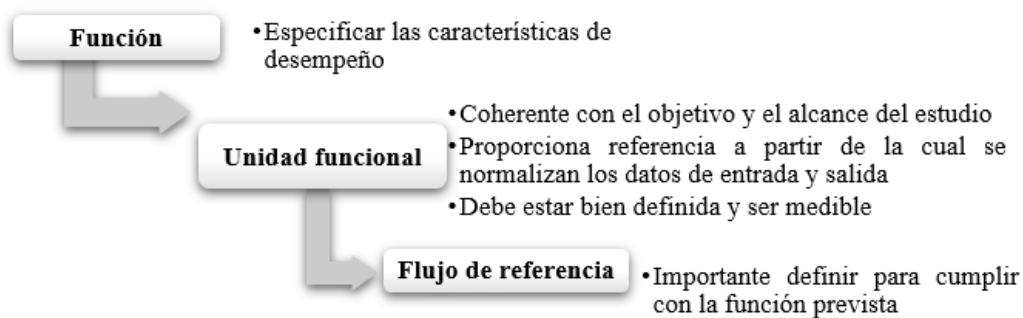


Figura 8. Función, unidad funcional y flujo de referencia

Fuente: UNE-EN ISO 14044 (2006). ISO (International Organization for Standardization).

(2019)

Elaboración propia

Los límites del sistema determinan qué procesos se deben incluir en el ACV; permite identificar y explicar los criterios utilizados para establecerlos; ayudan a describir el sistema a través del uso de un diagrama de flujo de procesos que permite visualizar los procesos unitarios y sus interrelaciones. De manera adicional, los límites permiten modelar el sistema de producto de tal forma que las entradas y salidas sean flujos elementales y flujos de producto; como aporte a los límites se puede utilizar varios criterios de corte para decidir qué entradas se incluyen en la evaluación, como: masa, energía, importancia ambiental, etc.; y cómo realizar los procedimientos de asignación.

En la EICV y los tipos de impacto deben contener mínimamente los siguientes elementos obligatorios: “Selección de categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización; Asignación de resultados de ICV (clasificación, y, Cálculo de resultados del indicador de categoría (caracterización)”. (23)

Con respecto a los requisitos relativos a los datos es necesario tomar en cuenta y diferenciar las suposiciones, los juicios de valor y los elementos opcionales y las limitaciones en los mismos, en vista que la confiabilidad de los resultados del estudio

dependerán fundamentalmente del tipo de datos que se incluyan en el estudio, la figura 9 señala los tipos y fuentes de datos para estudios de ACV.

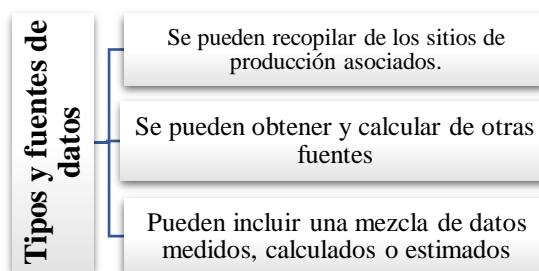


Figura 9. Tipos de datos para ACV y fuentes

Fuente: UNE-EN ISO 14044 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019)

Elaboración propia

Para que los datos para un estudio de ACV sean considerados de calidad deberán cumplir con las características detalladas en la figura 10.



Figura 10. Requisitos de calidad de datos para ACV

Fuente: UNE-EN ISO 14044 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019)

Elaboración propia

Con relación a los datos se deben tomar en cuenta: documentar los datos que falten, su tratamiento y los vacíos de información existentes, caracterizar mediante aspectos cualitativos y cuantitativos los datos obtenidos, utilizar los datos de sitios específicos o representativos en los procesos unitarios que contribuyen a los flujos de los sistemas bajo estudio, así como aquellos que tienen entradas y salidas pertinentes para el medio ambiente.

En relación a la revisión crítica se debe determinar si esta es necesaria, de qué tipo debe ser y quién la llevará a cabo.

Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV)

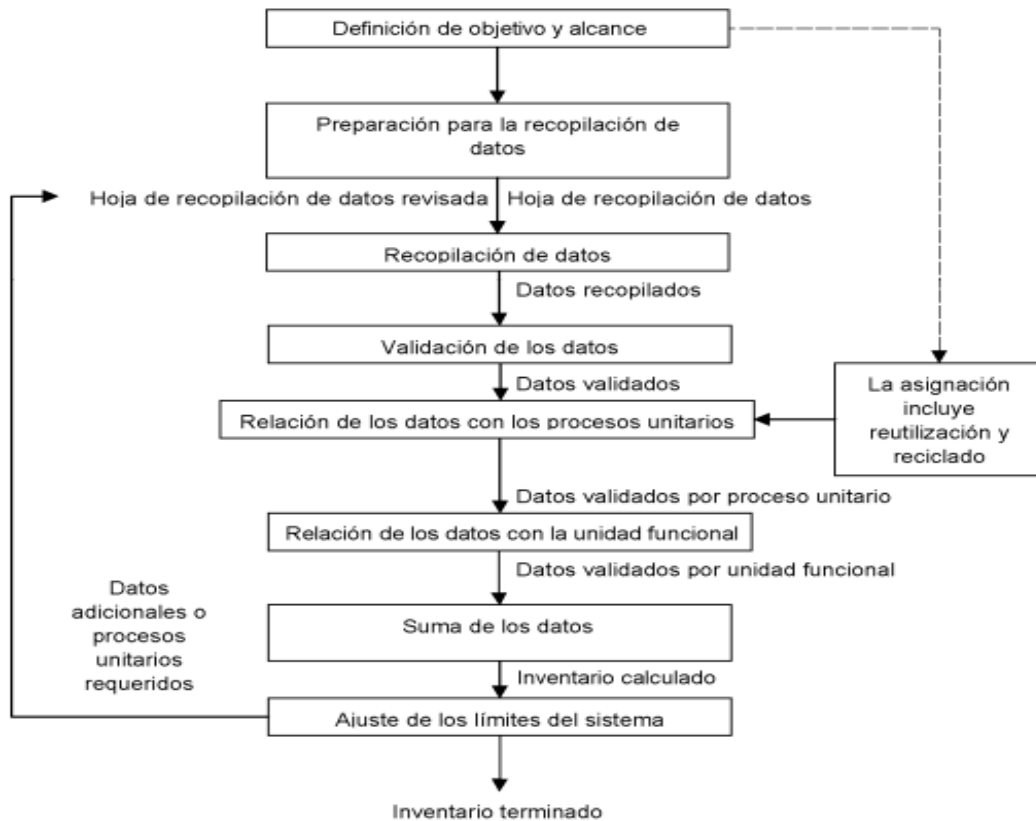


Figura 11. Procedimientos simplificados para el análisis del inventario

Fuente y elaboración: UNE-EN ISO 14044 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019, 21)

La figura 11 muestra un flujograma simplificado para el análisis del inventario del ciclo de vida, presentado en la norma ISO 14044, el mismo que debe contener:

- Recopilación de datos tanto cualitativa como cuantitativamente para cada proceso unitario, citar la fuente, se debe registrar una descripción de cada proceso unitario para evitar una duplicación de datos.
- Documentar todos los procedimientos de cálculo, especificar y aclarar explícitamente las suposiciones realizadas. “El cálculo debe dar como resultado que todos los datos de entrada y salida del sistema estén referenciados a la unidad funcional”. (Asociación Española de Normalización y Certificación 2006b, 22)
- Validación de datos: donde se verifique que los datos cumplan los requisitos de calidad en el proceso de recopilación y evidenciar dicho proceso.
- Realizar un diagrama de flujo adecuado que demuestre la relación de “los flujos entre procesos unitarios, los flujos de todos los procesos unitarios [...] con el flujo de referencia”. (22)

- Se debe realizar un análisis de sensibilidad para limitar el tratamiento posterior de los datos de entrada y salida que se establecieron como pertinentes al objetivo del ACV, documentar y detallar los ajustes de los límites realizados al sistema.

Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)

Es la fase donde se recopila la información asignada y analizada en las fases anteriores, se encuentra compuesto por elementos obligatorios y elementos opcionales. Los elementos obligatorios son: Selección de las categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización; Clasificación de los resultados del ICV a las categorías de impacto seleccionadas y Caracterización de los resultados de los indicadores de categoría; y, como elementos opcionales señala: la normalización, agrupación, análisis adicional de la calidad de datos y ponderación

Interpretación del ciclo de vida

Se compone de: “identificación de los asuntos significativos basados en los resultados de las fases del ICV e EICV de un ACV; una evaluación que considera las verificaciones de los análisis de integridad, sensibilidad y coherencia; conclusiones, limitaciones, y recomendaciones”. (32)

Informe – ISO 14044 (2006)

El tipo y formato se define de acuerdo al alcance del estudio, el contenido debe ser completo, claro y exacto, sin sesgo al público previsto, la metodología recomienda es una presentación gráfica de los resultados que lleva a comparaciones y conclusiones implícitas.

Se debería presentar un informe paralelo para divulgación a terceros, a fin de excluir información de carácter confidencial que le pertenezca de manera exclusiva a la organización o que no se pueda difundir por el riesgo de negocio que representa la difusión total de los datos y sus fuentes; sin embargo, este debe incluir información relevante y resultados que permitan informar de manera adecuada a otras partes interesadas en el estudio.

Revisión crítica – ISO 14044 (2006)

La revisión crítica debe asegurar que los métodos utilizados para realizar el ACV sean coherentes con la norma ISO 14044 (2006) y sean validados científica y técnicamente, además, que los datos y las interpretaciones se encuentran adecuadamente orientados en relación con el objetivo, alcance y limitaciones del sistema y finalmente, que el informe presentado tenga coherencia sea transparente.

La revisión crítica puede ser realizada por un experto interno o externo y cuando es presentado a una tercera parte esta revisión la realiza un panel de partes interesadas compuesto de al menos tres personas en el que deberá participar un experto en los temas de revisión. Los participantes deberán encontrarse en la capacidad de emitir comentarios y recomendaciones que entrarán a revisión del equipo de elaboración del ACV. (Asociación Española de Normalización y Certificación 2006b)

Capítulo tercero

Propuesta de una guía de aplicación de las normas de Gestión Ambiental 14040 (2006) y 14044 (2006)

La guía se orientará a brindar varias directrices y recomendaciones para su aplicación, así como unas cuantas herramientas para aplicación de las normas mencionadas, en este caso específico, en la fase de Upstream del sector hidrocarburífero.

Esta guía metodológica, así como las normas de base utilizadas para la presente investigación; no son un camino forzado o única opción; cada empresa, sea ésta, un pequeño emprendimiento o una multinacional, tiene sus particularidades, como el giro de negocio, sector en el que se desenvuelven, nicho de mercado, entre otras; lo que hace que cada una de ellas busque o adapte un sistema de gestión según su realidad y necesidades optando por adaptar, reducir o ampliar lo descrito a continuación.

1. Definición del objetivo y del alcance ACV

Como se indica en la norma ISO 14044 (2006) y el resumen detallado en el capítulo anterior; el objetivo y alcance del Análisis del ciclo de vida de cualquier empresa debe guardar la respectiva correspondencia a las actividades, deben ser coherentes y definirse de manera clara y concisa.

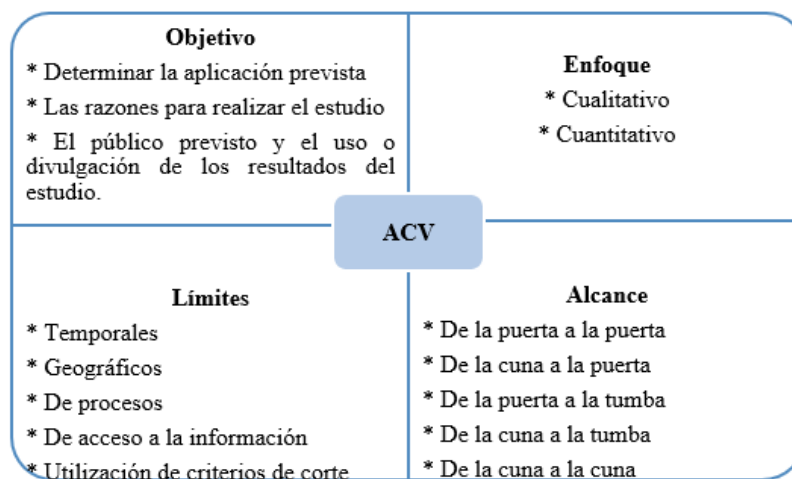


Figura 12. Puntos importantes para definición de objetivo y alcance del ACV. UNE-EN ISO 14044 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019)

Fuente y elaboración propias

Con este propósito la definición del objetivo, alcance y límites de un ACV para la Fase de *upstream*, se deberían tomar en cuenta los siguientes enunciados:

Objetivo

Inicialmente deberá definirse de forma clara, precisa y concisa las motivaciones que tiene la organización para realizar un estudio de ACV, qué propósitos persigue y los posibles resultados que espera obtener, el tipo de datos y metodologías que va a utilizar tanto para el análisis como para la recolección, el o los procesos o sistemas de procesos en los que va a aplicar el estudio de ACV y qué desea conocer de los mismos.

También determinar cuál será la aplicabilidad de los resultados obtenidos, cómo utilizará dichos resultados en la mejora de sus procesos y qué aportarán a su productividad en general y los beneficios ambientales que podrá alcanzar; el público al que desea llegar (entes estatales y de control, proveedores, consumidores y/o población general, entre otros) y la forma en que se comunicará dichos resultados.

Es importante mencionar que este objetivo y cada uno de sus componentes deben ser flexibles y tolerantes a cambios, de tal manera que, cuando cada parte del Análisis del ciclo de vida lo amerite puedan realizarse las modificaciones necesarias mientras se desarrolla el estudio.

Enfoque

El enfoque que tendrá el estudio puede ser de dos tipos: cualitativo, en el que se tratan temas básicamente conceptuales y descriptivos o el enfoque cuantitativo, el cual involucra los cálculos y análisis numéricos para la toma de decisiones, la concientización de la organización sobre sus productos o servicios y sus impactos relacionados con el ambiente, cumplimiento legal, contractual y para satisfacer requisitos de las partes interesadas, así como la optimización de recursos y la mejora tecnológica de los mismos.

Límites

De procesos

Según la norma *ISO 14040 (2006)*, sugiere describir el sistema utilizando un diagrama de flujo que muestre los procesos unitarios y sus interrelaciones, de tal forma que las entradas y salidas sean flujos elementales y flujos de producto.

Los límites de procesos se podrían determinar tal como se describe en el Anexo 3, el cual muestra tanto la Fase de *upstream* como primer límite y cada uno de los subprocesos involucrados en las etapas de Exploración, Perforación y Explotación de crudo, lo cual permite una visión gráfica de los límites del estudio.

La norma ISO 14040 (2006), denomina como Sistema de producto a la delimitación gráfica del ACV que se divide en conjuntos de procesos unitarios, los cuales se vinculan de la siguiente manera:

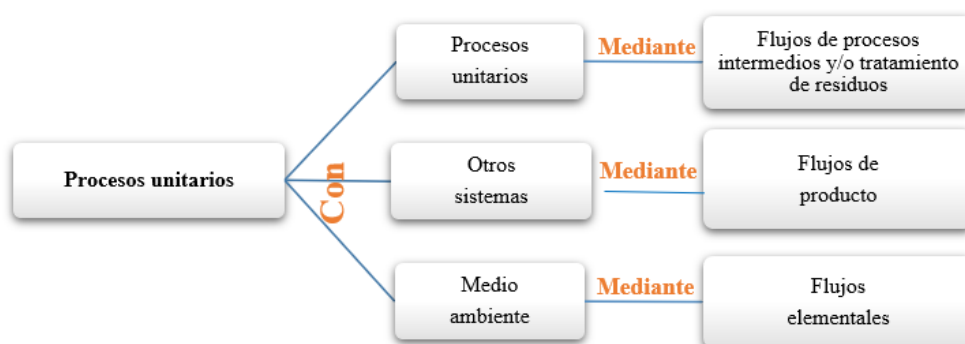


Figura 13. Vinculación de los procesos unitarios

Fuente: UNE-EN ISO 14040 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019)

Elaboración propia

Para el caso de la Fase de *upstream*, sus procesos unitarios se vinculan con todos los elementos citados en la figura 13. Se relaciona con procesos o productos intermedios por extracción de fluidos; con otros sistemas porque tiene estrecha relación con la fase de *midstream* que tiene sus propios subprocesos; y, con el ambiente por todos los aspectos que la obtención del crudo representa para el entorno.

El Anexo 4, muestra un ejemplo del sistema de producto de la Fase de *upstream*, los recursos que ingresan al sistema, los procesos unitarios, los flujos elementales y de proceso, así como los residuos generados, su tratamiento y reciclaje o reutilización.

El modelado de procesos podría utilizar cualquier herramienta informática que los expertos en planificación y proyectos petroleros decidan bajo mejor criterio, entre los que podemos nombrar: Excel, Bizagi, BPWIN, Lucid chart, Dexon designer, Aura Portal BPM Modeler, entre otros, que varían entre más o menos costosos y/o sofisticados para su uso, los que permitirán visualizar gráficamente a la fase como tal.

De acceso a la información

El acceso a la información, el tipo de datos y la calidad de los mismos, son factores de gran relevancia; hay que tener en cuenta que no se puede definir un gran objetivo, si para cumplirlo existirán barreras físicas, obstáculos en la recolección de la información, limitación en los recursos económicos, humanos y tecnológicos, por ello, establecer un objetivo sensato, acorde a la realidad y al entorno de cada organización puede ser uno de los medios para llegar al cumplimiento de las metas establecidas; de manera adicional, dicho objetivo deberá ser socializado a toda la organización y poner especial énfasis en las personas que de una u otra manera deberán proveer información o datos, lo que evitará que el estudio se entorpezca en la fase de inventario y evaluación.

Temporales

Los límites de carácter temporal deben ser definidos por la organización y con base a sus intereses, propósitos y objetivos a conseguir, y también en cumplimiento de los requisitos de partes interesadas, sin embargo, para que el estudio sea coherente y los resultados sean fiables, se estima que este no debería ser menor a un (1) año; en razón que la legislación ecuatoriana y requisitos contractuales establecen mayoritariamente una rendición de cuentas de actividades ambientales de forma anual.

Un estudio de ACV durante ese período le permite a la organización: monitorear el sistema o proceso definido, observar el comportamiento de los aspectos ambientales en los que incurre determinado proceso, analizar variaciones en caso de presentarse, determinar el nivel de afectación, evaluar la frecuencia con la que se presentan las variaciones, así como las posibles causas y su influencia en los resultados finales; propendiendo a una mejor comprensión del proceso íntegro, evitando una emisión de juicio sesgado por falta de datos e información.

Un estudio en tiempos menores puede ser posible, sin embargo, de la recolección de datos puntuales y monitoreo reducido los resultados obtenidos también serán reducidos y poco representativos frente a los sucesos, no permitiría la generalización de una condición ambiental, así como la comparación de datos entre períodos, desestimando al ACV.

Como se dijo anteriormente, la periodicidad la establece la organización frente a los objetivos que persigue; en tiempos más cortos se debería utilizar metodologías

diferentes, menos estructuradas y costosas, que permitan cumplir con lo establecido por la empresa y sus intereses.

Por otra parte, una de las bondades del uso de un ACV es que, al tratarse de un ciclo, el análisis de resultados se podría presentar con fines comparativos con corte entre períodos definidos dentro de la misma organización o con la Fase de *upstream* de otras empresas petroleras.

El Reglamento ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (EC Ministerio del Ambiente 2020 art. 63), establece para cada una de las fases y reportes a la autoridad ambiental determinadas frecuencias acorde al monitoreo a realizarse; el Anexo 5 presenta un resumen de los monitoreos establecidos y los períodos para la realización cada uno, los que varían entre diario, semanal, mensual, bimensual, semestral, anual y otros, conforme se establezca en el Estudio de impacto ambiental y el Plan de manejo ambiental autorizado para la organización.

Geográficos

La definición del área geográfica es sumamente importante, en vista que habrán diferencias de la Fase de *upstream* en una comparación entre campos o en un campo en específico; el usuario también podrá definir si el alcance del estudio es comparativo entre pozos o si se trata de la evaluación de uno de ellos; en dicho caso el límite se va reduciendo o ampliando conforme el objetivo del estudio, el uso que se pretenda dar a la información, el nivel de la profundidad del estudio y, el tipo de comparaciones que se pretende realizar.

Alcance

Con respecto al alcance, la profesora Esperanza Haya Leiva, en el módulo de Análisis de Ciclo de Vida, Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental (2016, 6), señala distintos tipos de alcance:

- **De la puerta a la puerta** (Gate to gate): considera únicamente las actividades (proceso productivo) de la empresa a la que se aplica.
- **De la cuna a la puerta** (Cradle to gate): toma en consideración desde la extracción y acondicionamiento de materias primas hasta el proceso productivo de la empresa.
- **De la puerta a la tumba** (Gate to grave): considera el proceso productivo de la empresa abarca hasta la fase de gestión de los residuos a que da lugar el producto.
- **De la cuna a la tumba** (Cradle to grave): estudia desde el acondicionamiento de las materias primas hasta la gestión última de los residuos (reciclaje u otros).

- **De la cuna a la cuna** (Cradle to cradle): considera el ciclo de vida completo del producto, ya que abarca desde el acondicionamiento de las materias primas hasta que el producto, tras quedar fuera de uso, es reintroducido en el mismo proceso productivo o en otro.

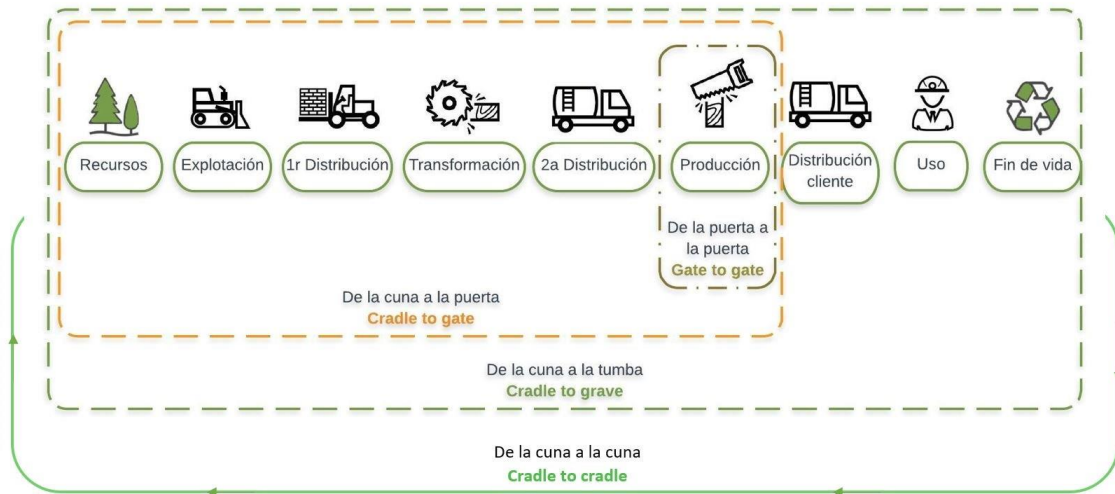


Figura 14. Alcances del ACV. Zero Consulting. (2018)

Fuente y elaboración: <https://blog.zeroconsulting.com/an%C3%A1lisis-ciclo-vida>

Siendo el *upstream* la fase en la que se aplicará el Análisis del ciclo de vida; de los alcances expuestos en la figura 14; el alcance más lógico y completo sería el de Cuna a la puerta tomando en cuenta que la Fase del *upstream* inicia con la prospección, pasando por la perforación y finalmente se realiza la extracción o producción de crudo, no obstante, también podría utilizar el alcance de la Puerta a la puerta, en el que el análisis se centraría en el subproceso principal de la Fase de *upstream* que es la extracción.

Unidad funcional

Para determinar la unidad funcional la literatura relacionada con el ACV, y, específicamente con este enunciado, recomienda que la unidad funcional sea un punto de referencia y estandarización, una unidad en la que se pueda referenciar cada medición y cada parte del estudio, así el texto Ecodiseño y análisis de ciclo de vida (2010, 56), dice: “la unidad funcional será la unidad de referencia para todas las entradas y salidas que obtendremos del sistema del Análisis de inventario”.

En tal razón, se podría definir a la unidad funcional de la Fase de *upstream* del sector petrolero a la unidad estándar de medición: el barril, que es equivalente a 42 galones, aproximadamente 159 litros. Esta unidad estará formulada en razón del alcance del estudio propuesto; para nuestro caso, la correspondencia con la unidad funcional sería directa, al tratar como un solo proceso a la fase del *upstream*; sin embargo, si se desea

realizar un estudio por subprocesos dentro de la Fase del *upstream* se debería plantear la unidad funcional para cada uno de ellos, así, por ejemplo:

Tabla 6
Ejemplos de unidad funcional por subproceso

Subproceso	Orientación	Unidad funcional
Prospección sísmica	Áreas de prospección	Metros o kilómetros cuadrados (m ² o km ²)
Perforación exploratoria y de avanzada	Áreas de perforación	Metros o kilómetros cuadrados (m ² o km ²)
	Profundidad alcanzada	Metros o kilómetros perforados (m o km)
	Generación de residuos por pozos perforados.	Metros cúbicos m ³
Extracción	Extracción de fluidos que incluyen crudo, agua de formación, químicos, etc.	Barriles de fluidos extraídos

Fuente y elaboración propias

2. Análisis del inventario del Ciclo de Vida (ICV)

Hablar de Análisis del inventario del ciclo de vida, implica iniciar con el proceso técnico y metodológico de la recolección, selección y análisis de datos ambientales relacionados con el tema de estudio.

Los datos recolectados responderán a los objetivos, metas, alcances y límites establecidos inicialmente en el ACV, a su vez los datos deberán ser consecuentes con preguntas que podrían establecerse antes de iniciar la recolección a fin de evitar la acumulación innecesaria de datos que no aporten al estudio:

- Qué – datos se requieren
- Cuando – determina la frecuencia de medición o los intervalos de recolección
- Cómo – de acuerdo a una metodología estandarizada para cada tipo de estudio y de industria que permita la comparabilidad de los datos, así como su reproducibilidad.

Una de las mejores fuentes es la recolección de datos a partir de los procesos que son objeto del estudio, ya que reflejarán actividades, entradas y salidas ambientales del sistema de producto, mediciones, resultados, etc., además de la experiencia de los dueños del proceso en su manejo y todo el soporte documental necesario. A partir de estos datos se puede tomar la decisión de realizar ampliaciones o reducciones al alcance y límites del ACV inicialmente propuesto, en caso de ser necesario.

Es importante mencionar que se debería contar con fuentes secundarias de información que apoyen el proceso, afirmen la condición de datos y los resultados del

estudio que se está llevando a cabo; sin embargo, no siempre esos datos pueden reflejar la realidad de un proceso, industria o país; hay que tomar en cuenta que estos y otros factores podrán acercarnos o alejarnos de los resultados apropiados en relación a los propósitos del estudio.

En relación con la Fase del *upstream* del sector Hidrocarburífero, la normativa legal vigente regula en gran manera los temas contractuales, económicos, ambientales, entre otros, sin embargo, se carece de una base de datos mínima que permita el análisis del desempeño ambiental de la industria como tal.

Si bien es cierto, el país no maneja una base de datos específica a nivel sector que permita identificar los impactos ambientales de la industria, existen programas informáticos que contienen bases de datos precargadas que ayudan en gran proporción al propósito de análisis de datos y en general a todo ciclo de vida, la Sociedad Pública de Gestión Ambiental en la publicación denominada: Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto expone un detalle bastante amplio de estas bases de datos (2009, 17–22). Revisar Anexo 6

Sin lugar a duda, las herramientas informáticas, así como el uso de bases de datos facilitan en gran magnitud el trabajo del ACV; dichos programas se presentan en forma más o menos amigables con el usuario, en la mayoría de casos existen costos por adquisición y uso de licencias, tienen orientaciones a sectores definidos, aunque también se pueden seleccionar determinados parámetros para un uso adaptado o aproximado a los propósitos del usuario.

Entre los beneficios de su uso se puede nombrar: el ahorro de tiempo de acuerdo al conocimiento previo y práctica en el manejo de la herramienta, la selección de los parámetros para adaptarlos a un estudio específico y la obtención de resultados más reales para su adecuada interpretación.

Cabe tener en cuenta que existe información de parámetros que se debe recolectar y procesar ya sea mediante el uso de fórmulas y cálculos matemáticos o digitarlos en los programas informáticos, para lo cual la norma ISO 14044 (2006) incluye dentro de sus anexos, formatos para cumplir con este fin, los mismos que se muestran en el Anexo 7.

Luego de la identificación y recolección de datos, la misma norma ISO 14044 (2006) sugiere en el numeral 4.3.2.3, los títulos bajo los cuales se pueden clasificar los datos, los ítems incluyen:

- entradas de energía, de materia prima, entradas auxiliares, otras entradas físicas,
- productos, coproductos y residuos,
- emisiones al aire, vertidos al agua y al suelo, y
- otros aspectos ambientales. (Asociación Española de Normalización y Certificación 2006b, 20)

Para una adecuada contabilización de datos, análisis de resultados y toma de decisiones a partir del levantamiento y muestreo ambiental, según sea el caso, los profesionales petroleros, proyectistas y el personal técnico medioambiental involucrado deberán establecer los parámetros a medir, indicadores que reflejen fidedignamente la actividad o proceso evaluado y las medidas o controles a tomarse con respecto a cada resultado significativo.

En la tabla 7 se colocó valores a modo de ejemplo a los ítems de entradas, salidas y emisiones identificados por cada subproceso involucrado en la Fase de *upstream*, la tabla permitirá visualizar un método para desarrollar el análisis del Inventario ciclo de vida.

Tabla 7
Análisis del Inventario de ciclo de vida – Entradas y salidas de los subprocesos de la Fase de *upstream*

Entradas	Subprocesos de la Fase de <i>upstream</i>					Origen de datos
	Unidad	Prospección sísmica	Perforación	Extracción	Total	
Materiales						
Combustible	gal.	2.000	50.000	50.000	102.000	Registro de ingresos Movimiento de kárdex
Lubricantes	gal.	150	3.500	700	4.350	
Químicos	gal.	-	5.000	7.000	12.000	
Cemento	kg.	-	3.000	-	3.000	
Recursos						
Agua	m3/h	150	5.000.000	8.000.000	13.000.150	Consumos Medidos
Energía	kW/h	1.000	9.000	10.000	20.000	
Residuos						
De construcción	ton	1	5	1	7	Registros de generación y entrega de gestores.
De desbroce ³	ton	3	10	5	18	
Fluidos y ripios	ton	-	15	5	20	
Lodos y cortes de perforación ⁴	ton	-	20	5	25	
Agua residual y de formación	m3	-	2.000	3.000	5.000	
Gas (natural asociado y pobre)	ton	-	100	1.000	1.100	Medición de generación y quema de gas

³ Eliminación de obstáculos o impedimentos que dificultan una acción

⁴ Fragmentos de roca que se obtienen del proceso de perforación

Salidas Emisiones a la atmósfera y ruido	Subprocesos de la Fase de <i>upstream</i>					Origen de datos
	Unidad	Prospección sísmica	Perforación	Extracción	Total	
Emisiones de NOx	ton	-	450	300	750	Resultados de monitoreos realizados según la frecuencia y límites máximos permisible (LMP) estipulados según la normativa para el sector y las actividades hidrocarburíferas.
Emisiones de SOx	ton	-	500	200	700	
Emisiones de CO2	ton	1	1.000	500	1.501	
Emisiones de CH4	ton	-	25	50	75	
Material particulado ⁵	ton	-	900	400	1.300	
Inmisión de ruido ⁶	dB	70	100	60	230	
Emisión de ruido ⁷	dB	210	150	60	420	

Fuente y elaboración propias

La columna Origen de los datos, puntualiza, como sugerencia los documentos de donde se puede tomar los valores para los cálculos a realizarse; los técnicos según cada caso detallarán de forma más o menos amplia, tanto el contenido de la tabla como las fuentes de datos respectivos.

3. Evaluación del impacto del Ciclo de Vida (EICV)

La norma ISO 14044 (2006) (2006b, 25) indica que la Evaluación del impacto del ciclo de vida se constituye por elementos obligatorios y opcionales, que se muestran en la figura 15:

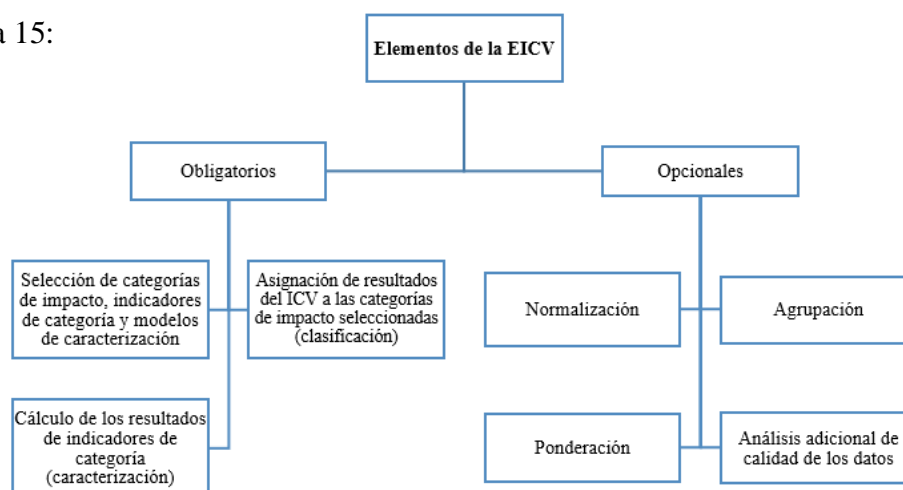


Figura 15. Elementos de la EICV

Fuente: UNE-EN ISO 14044 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2019)
Elaboración propia

⁵ Mezcla de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran en suspensión en el aire

⁶ Concentración de contaminantes acústicos a nivel del suelo

⁷ Cantidad de contaminante acústico vertido a la atmósfera en un período determinado

En orientación a los elementos obligatorios; el *Reporte Técnico ISO/TR 14047:2012 Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations* (2012), se señala como un instrumento que provee algunos ejemplos de las áreas clave de ISO 14044 a través de los cuales se puede entender los requerimientos de la norma; el Reporte Técnico ISO/TR 14047 puede ser utilizado como documento de apoyo y consulta en paralelo al presente trabajo de investigación.

En cuanto a la Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización, con base en la matriz de ejemplo desarrollada en la tabla 7 se presenta en la tabla 8 la clasificación y asignación de categorías de impacto ambiental a las entradas y salidas de la Fase de *upstream* del sector hidrocarburífero según el criterio establecido por la Sociedad de Toxicología Química Ambiental (SETAC), cabe recalcar que, según los objetivos a cumplir, las especificidades técnicas, el tipo de estudio y/o los procesos involucrados en el ACV, se podrían utilizar otras clasificaciones de categorías de impactos.

A pesar de lo anteriormente expuesto, se sugiere que cualquiera sea la metodología de EICV que se seleccione debería cumplir con las orientaciones, recomendaciones y exigencias que se estipule en la legislación y normativa ecuatoriana relacionada y vigente, tal como: el Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE), Normativa INEN, Ordenanzas Municipales, Acuerdos Ministeriales, entre otros dentro del ámbito nacional, y, en el internacional, se procura cumplir con los Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater publicación de la American Public Health Association (APHA), Environmental Protection Agency Method (EPA) y cualquier otro que se estime conveniente y aplicable.

Tabla 8
Clasificación de las categorías de impacto asignadas a las entradas y salidas de la Fase de *upstream*

Entradas	Categoría de Impacto	Unidad de Referencia	Factor de categorización
Combustible	Calentamiento global	Kg. Eq de CO ₂	Potencial de calentamiento global (PCG)
	Reducción de la capa de ozono	Kg. Eq de CFC-11	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)
Lubricantes	Calentamiento global	Kg. Eq de CO ₂	Potencial de calentamiento global (PCG)
	Reducción de la capa de ozono	Kg. Eq de CFC-11	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)

Entradas	Categoría de Impacto	Unidad de Referencia	Factor de categorización
Químicos	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
	Acidificación	Kg. Eq de SO2	Potencial de Acidificación (PA)
	Eutrofización	Kg. Eq de NO3	Potencial de eutrofización (PE)
Agua	Consumo de recursos energéticos	MJ	Cantidad consumida
Energía	Consumo de recursos energéticos	MJ	Cantidad consumida

Residuos	Categoría de Impacto	Unidad de Referencia	Factor de categorización
De construcción	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
De desbroce	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
Fluidos y ripsos	Eutrofización	Kg. Eq de NO3	Potencial de eutrofización (PE)
	Acidificación	Kg. Eq de SO2	Potencial de Acidificación (PA)
	Formación de oxidantes fotoquímicos	Kg. Eq de C2H4	Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)
Lodos y cortes de perforación	Eutrofización	Kg. Eq de NO3	Potencial de eutrofización (PE)
	Acidificación	Kg. Eq de SO2	Potencial de Acidificación (PA)
	Formación de oxidantes fotoquímicos	Kg. Eq de C2H4	Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)
Agua residual y de formación	Eutrofización	Kg. Eq de NO3	Potencial de eutrofización (PE)
	Acidificación	Kg. Eq de SO2	Potencial de Acidificación (PA)
	Formación de oxidantes fotoquímicos	Kg. Eq de C2H4	Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos (PFOF)
Gas (natural asociado y pobre)	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
	Acidificación	Kg. Eq de SO2	Potencial de Acidificación (PA)

Salidas	Categoría de Impacto	Unidad de Referencia	Factor de categorización
Emisiones de NOx	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
Emisiones de SOx	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
	Acidificación	Kg. Eq de SO2	Potencial de Acidificación (PA)
Emisiones de CO2	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
	Reducción de la capa de ozono	Kg. Eq de CFC-11	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)
Emisiones de CH4	Calentamiento global	Kg. Eq de CO2	Potencial de calentamiento global (PCG)
	Reducción de la capa de ozono	Kg. Eq de CFC-11	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)
Material particulado	Acidificación	Kg. Eq de SO2	Potencial de Acidificación (PA)

Fuente: Sociedad de Toxicología Química Ambiental (SETAC). (2020)
Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente existen algunas metodologías establecidas para la EICV y su respectiva interpretación; Esperanza Haya Leiva (2016, 23–24), sugiere varias. Diríjase al Anexo 8 para verificar las metodologías y aplicación de las mismas.

Adicionalmente, el documento Análisis del ciclo de vida y Huella de carbono (2009, 10–12) expone una matriz de las metodologías más utilizadas, así como, un amplio detalle de las fases que componen el EICV y lo que abarca cada una, categorías de impacto incluidas, una breve descripción y enlaces para consulta de la información presentada; matriz que se muestra en el Anexo 9.

Para continuidad del ejemplo que se viene desarrollando con fines meramente explicativos, en la tabla 9 se visualiza el factor de caracterización “Potencial del calentamiento global” según la metodología Eco-indicador 95, adicionalmente, la tabla 10 muestra los resultados del cálculo en kilogramos equivalentes de cada una de las sustancias que se encuentran inmersas dentro de los factores de caracterización “Potencial de acidificación” y “Potencial del calentamiento global”.

Tabla 9
Factores de Caracterización para la categoría de Calentamiento global - Kg Eq. CO2

Sustancia		Metodología Eco-indicador 95
Dióxido de carbono	CO2	1
Metano	CH4	11
Óxido nitroso	N2O	270
Hidrofluorocarbonos	CFCs	100 - 13.000
Hexafluoro de azufre	SF6	-

Fuente: Análisis del Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca Gobierno Vasco (2009)
Elaboración propia

Tabla 10
Cálculo de los factores de Caracterización

ICV			Conversión a Kg.	Factores de caracterización	
Salidas				Potencial de calentamiento global (PCG)	Potencial de acidificación (PA)
Emisiones a la atmósfera	Unidad	Valor		Kg. Eq de CO2	Kg. Eq de SO2
Emisiones de NOx	ton	750	750.000	-	-
Emisiones de SOx	ton	700	700.000	-	x 1 = 700.000
Emisiones de CO2	ton	1.501	1.501.000	x 1 = 1.501.000	-
Emisiones de CH4	ton	75	75.000	x 11 = 825.000	-
Material particulado	ton	1.300	1.300.000	-	-

TOTAL Caracterización Ec'95	2.326.000 kg. Eq de CO2	700.000 kg. Eq de SO2
--	--------------------------------	----------------------------------

Fuente: Análisis del Ciclo de Vida y Huella de Carbono. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca Gobierno Vasco (2009)

Elaboración propia

Cada equipo puede organizar y sugerir su metodología de trabajo, herramientas y fuentes a utilizar, entre las que pueden constar indicadores funcionales en relación a experiencias pasadas, lecciones aprendidas o partir de la experticia adquirida o el uso de listados genéricos o de referencia con base a los objetivos ambientales a alcanzar o los propósitos que persiga el estudio de ACV.

En cuanto a indicadores se debería establecer unos que faciliten el análisis matemático de los resultados y establecer el peso de cada impacto ambiental, lo que brindará la orientación necesaria para determinar los impactos de nivel prioritario, medidas de control necesarias y herramientas a utilizar para contrarrestar los efectos negativos detectados.

Los controles deberán orientarse al tratamiento adecuado y dentro de sus posibilidades, a la eliminación de los impactos relevantes a fin de mejorar su desempeño ambiental, lo que, en ningún caso puede significar que no se traten aquellos que sean de mediano y bajo impacto, sino, que su tratamiento no se realizará en primera instancia o de forma prioritaria, pero que la organización debería establecer los mecanismos adecuados para que estos impactos medios y bajos no se conviertan en un gran problema ambiental en un futuro cercano.

Por la extensión de los proyectos petroleros y en razón del amplísimo universo de posibilidades de criterios a analizar e indicadores a utilizar, la Guía Básica ambiental para la perforación de pozos de Petróleo y Gas del Ministerio del medio ambiente (1999, 171), indica:

No todos los posibles indicadores deben ser considerados. Habrá necesidad de establecer cuáles son relevantes para el negocio en términos, por ejemplo, del cumplimiento de objetivos y metas de gestión, o de las relaciones del proyecto con las partes interesadas (comunidad; autoridades ambientales; clientes, etc.) en el desempeño ambiental. [...]cada proyecto establecerá cuáles de los indicadores relevantes pueden ser efectivamente medidos, valorados e incorporados a la administración ambiental.

La figura 16 resume el proceso para la adecuada selección de indicadores ambientales.

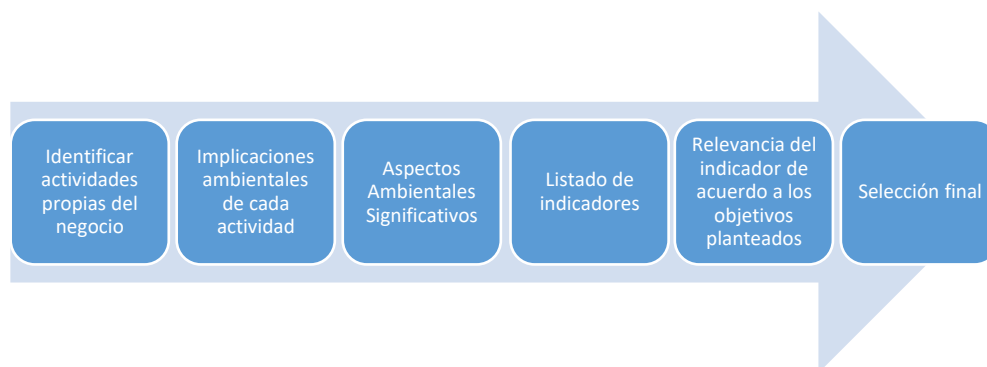


Figura 16. Proceso de selección de indicadores ambientales

Fuente: Guía Básica ambiental para la perforación de pozos. Ministerio del medio ambiente de Colombia. (1999)

Elaboración propia

El Informe de Gestión Ambiental del Sector Hidrocarburos 2014 (Asociación Colombiana del Petróleo 2015), recopila información ambiental relevante de la industria hidrocarburífera colombiana durante el año 2014, el Anexo 10 presenta una breve selección de indicadores por cada subproceso de la fase de Upstream y como aporte adicional se incluye la asignación de categoría de impactos ambientales asociados, según la clasificación de la SETAC.

El Anexo 11 incluye una matriz básica de los aspectos e impactos ambientales por subproceso de la Fase de *upstream*, metodología que también aporta criterios para el tratamiento de las actividades que impactan significativamente en el medioambiente entre los que constan el Criterio de frecuencia, severidad y criterio legal acorde a la Guía técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales (2015, 8), así como los niveles de priorización que permitirán la interpretación de los resultados obtenidos.

4. Interpretación del Ciclo de Vida

Esta fase precisamente insta a realizar una interpretación de los pasos y las metodologías previas, a analizar los resultados obtenidos y cómo estos se encuentran ligados a los objetivos y alcances; es decir, se fusionan los resultados obtenidos del Inventario del ciclo de vida (ICV) con los de la Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV).

La Guía Básica ambiental para la perforación de pozos de Petróleo y Gas del Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (1999, 171), señala que para el adecuado monitoreo y seguimiento se deben establecer:

- a) Las implicaciones ambientales de cada actividad, [que] es la manera como se relaciona a través el uso de recursos o la generación de residuos con el ambiente, y la capacidad de introducir cambios (de calidad expresados mediante la modificación de las características o de la cantidad del recurso).
- b) Identificar cuáles son los aspectos ambientales significativos [...].”

De manera adicional, la norma ISO 14044 (2006) (2006b, 32), en relación a los resultados de la EICV expone: “Los resultados de una EICV no predicen los impactos en los puntos finales de categoría, ni se sobrepasan los umbrales, los márgenes de seguridad, ni los riesgos”

El Anexo B (Informativo) de la ISO 14044 (2006) (45–55), incluye información ampliada y ejemplos aplicables para la Interpretación del Ciclo de Vida.

Daniel Garraín (2009, 25), señala a la fase interpretación, como la que “permite determinar en qué fase del ciclo de vida del producto se generan las principales cargas o impactos negativos al medio ambiente, y por tanto qué puntos del sistema evaluado pueden o deben mejorarse.”, según lo propuesto por Garraín y en secuencia de las asignaciones y los cálculos que se realizaron en los numerales y fases anteriores, se proporciona una interpretación de los resultados obtenidos.

Interpretación

Conforme la tabla Nro. 7, se pudo observar cómo cada uno de los subprocesos usa en mayor o menor proporción los recursos y materiales o genera residuos y emisiones. En la tabla 11, se puede determinar la frecuencia con la que los valores más representativos, en relación a su unidad de medida, inciden en cada subproceso de la Fase de *upstream*:

Tabla 11
Frecuencia de entradas y salidas por subproceso de la Fase de *upstream*

Entradas	Subproceso de la fase de <i>upstream</i>			
	Unidad	Prospección sísmica	Perforación	Extracción
Materiales				
Combustible	gal.		X	X
Lubricantes	gal.		X	
Químicos	gal.			X
Cemento	kg.		X	

Recursos				
Agua	m3/h			X
Energía	kW/h			X
Residuos				
De construcción	ton		X	
De desbroce	ton		X	
Fluidos y ripios	ton		X	
Lodos y cortes de perforación	ton		X	
Agua residual y de formación	m3			X
Gas (natural asociado y pobre)	ton			X
Emisiones				
Emisiones de NOx	ton		X	
Emisiones de SOx	ton		X	
Emisiones de CO2	ton		X	
Emisiones de CH4	ton			X
Material particulado	ton		X	
Inmisión de ruido	dB		X	
Emisión de ruido	dB	X		
	Subproceso	Prospección sísmica	Perforación	Extracción
	Frecuencia	1	12	7

Fuente y elaboración propias

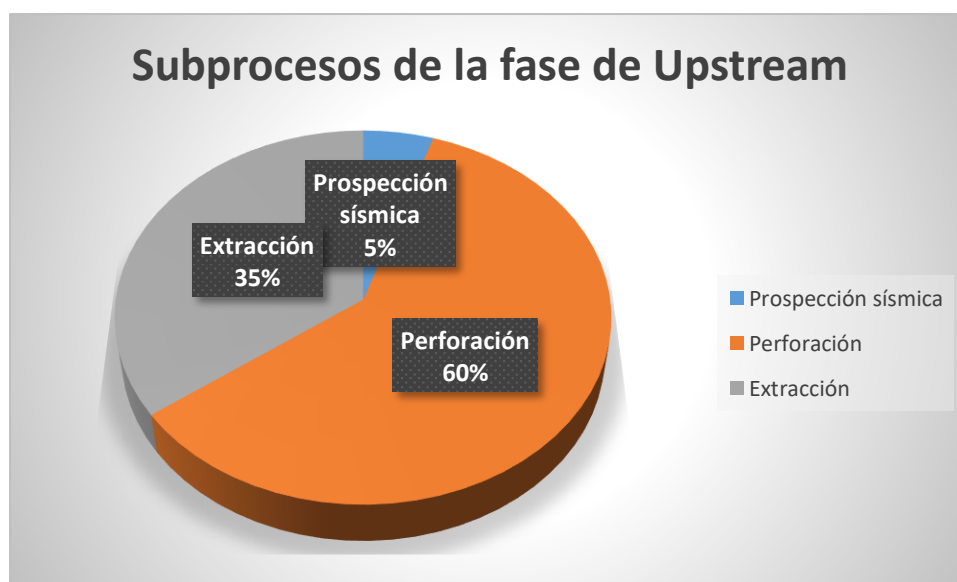


Figura 17. Participación de cada subproceso de la fase de Upstream
Fuente y elaboración propias

Con relación a la frecuencia y proporcionalidad presentados en la tabla 11 y figura 17 anteriormente presentadas, se puede determinar que el proceso con mayor incidencia, tanto en el uso de materiales y recursos, así como en la generación de residuos y emisiones es el subproceso de Perforación con un 60% del total de las observaciones.

Por esta razón, es el subproceso que debe ser controlado y monitoreado de forma prioritaria y constante, con el propósito de racionar y optimizar el uso de recursos, a la

vez reducir la generación de residuos y emisiones, todo ello mediante la mejora continua del subproceso a través de auditorías de cumplimiento y seguimiento, fiscalizaciones frecuentes, seguimiento de planificación y cumplimiento de objetivos, entre otros que permitan garantizar la eficiencia del proyecto en todos los ámbitos (financiero, económico, ambiental, etc.)

Remitiéndose a la tabla 8 Clasificación de las categorías de impacto asignadas a las entradas y salidas de la Fase de *upstream* dentro de la EICV se procede con el análisis cuantitativo de las categorías de impacto por cada recurso, material, generación de residuos y emisiones, presentado en la tabla 12, a fin de contabilizar la recurrencia de cada categoría de impacto.

Tabla 12
Recurrencia de las categorías de impacto por cada entrada y salida

Categoría de impacto	Calentamiento global	Reducción de la capa de ozono	Acidificación ⁸	Eutrofización ⁹	Consumo de recursos energéticos	Formación de oxidantes fotoquímicos ¹⁰
Materiales						
Combustible	X	X				
Lubricantes	X	X				
Químicos	X		X	X		
Recursos						
Agua					X	
Energía					X	
Residuos						
De construcción	X					
De desbroce	X					
Fluidos y ripsos			X	X		X
Lodos y cortes de perforación			X	X		X
Agua residual y de formación			X	X		X
Gas (natural asociado y pobre)	X		X			

⁸ Proceso químico por el que algunas sustancias se transforman, adquiriendo características ácidas

⁹ Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas.

¹⁰ Oxidantes producto de reacciones químicas que ocurren por influencia de energía radiante, ya sea del sol o de otra fuente

Categoría de impacto	Calentamiento global	Reducción de la capa de ozono	Acidificación	Eutrofización	Consumo de recursos energéticos	Formación de oxidantes fotoquímicos
Salidas						
Emisiones de NOx	X					
Emisiones de SOx	X		X			
Emisiones de CO2	X	X				
Emisiones de CH4	X	X				
Material particulado			X			
TOTAL	10	4	7	4	2	3

Fuente y elaboración propias

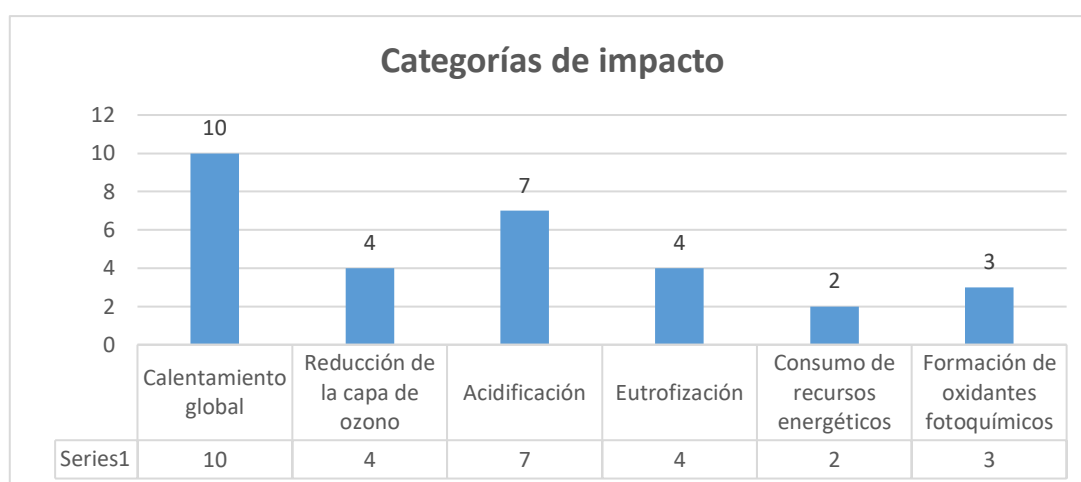


Figura 18- Incidencia de las categorías de impacto en la fase de Upstream
Fuente y elaboración propias

La figura 18 muestra que, de las categorías de impacto según la SETAC, utilizados para esta asignación y análisis, el que más recurrencia tiene en la Fase del *upstream* es la categoría de Calentamiento global seguido por la de acidificación; categorías que fueron cuantificadas con la metodología Eco-indicador 95, ejemplificado en la tabla 10; cuyos factores de caracterización luego del cálculo respectivo, totalizan: Potencial de calentamiento global en 2.326.000 Kg. Eq de CO₂ (kilogramos equivalentes de Dióxido de carbono) y Potencial de acidificación en 700.000 Kg. Eq de SO₂ (kilogramos equivalentes de Dióxido de azufre).

Por último, el Anexo 11 es una matriz de aspectos e impactos ambientales en la cual se pudo determinar cuáles fueron los impactos según ponderación, que merecían atención prioritaria y atención media, y, se propusieron inclusive las medidas de control que pudiesen ser aplicables.

Los resultados de la priorización se obtienen a partir de la sumatoria de todos los criterios y las valoraciones asignadas a cada impacto ambiental y aplicando la matriz de rangos para definir si cada uno es alto, medio o bajo.

Los resultados de la matriz indican que para una simulación de estudio de los principales aspectos e impactos ambientales en la Fase de upstream del sector hidrocarburífero, los más altos son los relacionados con el uso, consumo y contaminación de los recursos naturales renovables y no renovables como el aire, agua, suelo; para los cuales como medida de control a modo de ejemplo se propone el establecimiento y aplicación de Procedimientos de consumo de recursos naturales, Gestión de desechos y Control de emisiones a la atmósfera.

A continuación, se presenta una tabla resumen tomada a partir de la Matriz de aspectos e impactos ambientales donde se muestran varios controles operacionales sugeridos para la prioridad Alta de tratamiento:

IDENTIFICACIÓN				EVALUACIÓN	CONTROLES
PROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO ASOCIADO	ESCALA DE PRIORIDAD	CONTROL OPERACIONAL
EXPLORACIÓN	Planificar, ejecutar y controlar cierre	Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	ALTO	<p>Proyecto de concientización sobre el uso responsable del agua</p> <p>Procedimiento para verificación y control de instalaciones de agua y tuberías.</p> <p>Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones agua y tuberías.</p> <p>Procedimiento de consumo de recursos naturales</p>
	Transportar en áreas de sísmica (personas y maquinaria)	Consumo de combustible	Agotamiento de recursos naturales	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
	Construir vías y facilidades ejecutar los estudios	Apertura de trochas Construcción e instalación de campamentos Construcción de helipuertos construcción de vías de acceso	Corte, deforestación y desbroce Caza y pesca intensiva	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
		Detonaciones	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas Contaminación acústica	ALTO	<p>Procedimiento de detonaciones controladas.</p> <p>Cumplimiento de la normativa y los límites máximos permisibles en cuanto a emisiones acústicas y vibraciones</p>
		Consumo de energía	Agotamiento de recursos naturales	ALTO	<p>Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de la energía eléctrica</p> <p>Procedimiento para verificación y control de instalaciones eléctricas.</p> <p>Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones eléctricas y equipos.</p> <p>Procedimiento de consumo de recursos naturales</p>
		Consumo de combustible	Agotamiento de los recursos naturales	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
		Consumo de agua	Agotamiento de los recursos naturales	ALTO	<p>Procedimiento para verificación y control de instalaciones de agua y tuberías.</p> <p>Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones agua y tuberías.</p> <p>Procedimiento de consumo de recursos naturales</p>
		Desechos no peligrosos	Contaminación del suelo	ALTO	<p>Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos.</p> <p>Gestión de desechos</p>

IDENTIFICACIÓN				EVALUACIÓN	CONTROLES
PROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO ASOCIADO	ESCALA DE PRIORIDAD	CONTROL OPERACIONAL
PERFORACIÓN	Transportar en áreas de perforación (personas y maquinaria pesada)	Consumo de combustible	Agotamiento de recursos naturales	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
	Vías, facilidades, mantenimiento y plataformas de perforación	Consumo de energía	Agotamiento de recursos naturales	ALTO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de la energía eléctrica Procedimiento para verificación y control de instalaciones eléctricas. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones eléctricas y equipos. Procedimiento de consumo de recursos naturales
		Consumo de combustible	Agotamiento de los recursos naturales	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
		Consumo de agua	Agotamiento de los recursos naturales	ALTO	Procedimiento para verificación y control de instalaciones de agua y tuberías. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones agua y tuberías. Procedimiento de consumo de recursos naturales
		Uso de piscinas petroleras abiertas	Migración de fluidos contaminantes hacia aguas subterráneas Derrames por pluviosidad evaporación por efecto del sol	ALTO	Procedimiento para extracción, reutilización, tratamiento y disposición de fluidos y material de pozo
PRODUCCIÓN	Extracción de fluidos	Uso de lodos	Contaminación química del agua y suelo	ALTO	Procedimiento de uso, agotamiento y contaminación de recursos naturales
		Uso de piscinas petroleras abiertas	Migración de fluidos contaminantes hacia aguas subterráneas Derrames por pluviosidad evaporación por efecto del sol	ALTO	Procedimiento para extracción, reutilización, tratamiento y disposición de fluidos y material de pozo
	Monitorear - crudo y operación de bombas y válvulas (BES y químicos)	Consumo de energía	Agotamiento de recursos naturales	ALTO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de la energía eléctrica Procedimiento para verificación y control de instalaciones eléctricas. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones eléctricas y equipos. Procedimiento de consumo de recursos naturales
	Almacenar temporalmente desechos	Emisión de volátiles	Contaminación del aire	ALTO	Procedimiento control de emisiones a la atmósfera Gestión de desecho

Fuente: Instituto Distrital colombiano de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2015, 8-10)

Elaboración propia

Es importante mencionar que depende de la magnitud de la información, la calidad de los datos y la disponibilidad de la información para que los resultados del estudio de ACV sean confiables, si los datos son únicamente referenciales el nivel de incertidumbre se incrementa y los resultados no serán precisos, ni reflejarán la realidad de los procesos.

5. Informe

La interpretación del ciclo de vida es especialmente importante para que los expertos elaboren sus borradores e informes finales sobre el estudio en sí, los que variarán en extensión y contenido conforme la orientación del público al que va dirigido; pero, sea cual sea el caso, deberán tener características comunes como: ser entendibles, incluir las explicaciones necesarias ante eventos no programados, las ampliaciones que pudo sufrir el ACV en el desarrollo del estudio.

Como lo indica la ISO 14040 (2006) (2006b, 32), las limitaciones pueden ser: “los juicios de valor, la exclusión, de información espacial y temporal, los umbrales y la información de dosis-respuesta, el enfoque relativo y la variación en la precisión entre categorías de impacto”.

Adicionalmente, podría contener las restricciones detectadas y datos adicionales incluidos, los cuales se encontrarán debidamente sustentados, explicados y documentados en el desarrollo del estudio y expuestos en los resultados; una vez que se ha identificado asuntos significativos, realizado la verificación del análisis de coherencia, integridad y sensibilidad (34–36), etc., se podrá comunicar las conclusiones y recomendaciones emanadas del Análisis de ciclo de vida que pueden ser un factor preponderante al momento de la toma de decisiones organizacionales.

En relación al tipo de comunicaciones que debe tener la organización al interno y externo; la norma ISO 14001:2015 (2015, 12), menciona que la organización debe establecer los mecanismos pertinentes a fin de comunicar a los distintos públicos interesados lo concerniente a su sistema de gestión así como su desempeño ambiental.

La comunicación se establecerá determinando qué, cómo, cuándo y a quién comunicar, lo que permitirá fijar tanto la extensión como el contenido de sus informes. Para lo cual en el numeral 7.4.3 Comunicación externa expresa que lo que se deba comunicar externamente se realizará conforme a los procesos de comunicación de la

organización y acorde a los requisitos legales y otros requisitos de los distintos públicos a los que vaya direccionado el informe.

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 14063 Gestión Ambiental. Comunicación ambiental. Directrices y Ejemplos (ISO 14063 (2006),IDT) (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN 2014, 9), muestra un resumen gráfico de las interrelaciones y flujo de la comunicación ambiental:

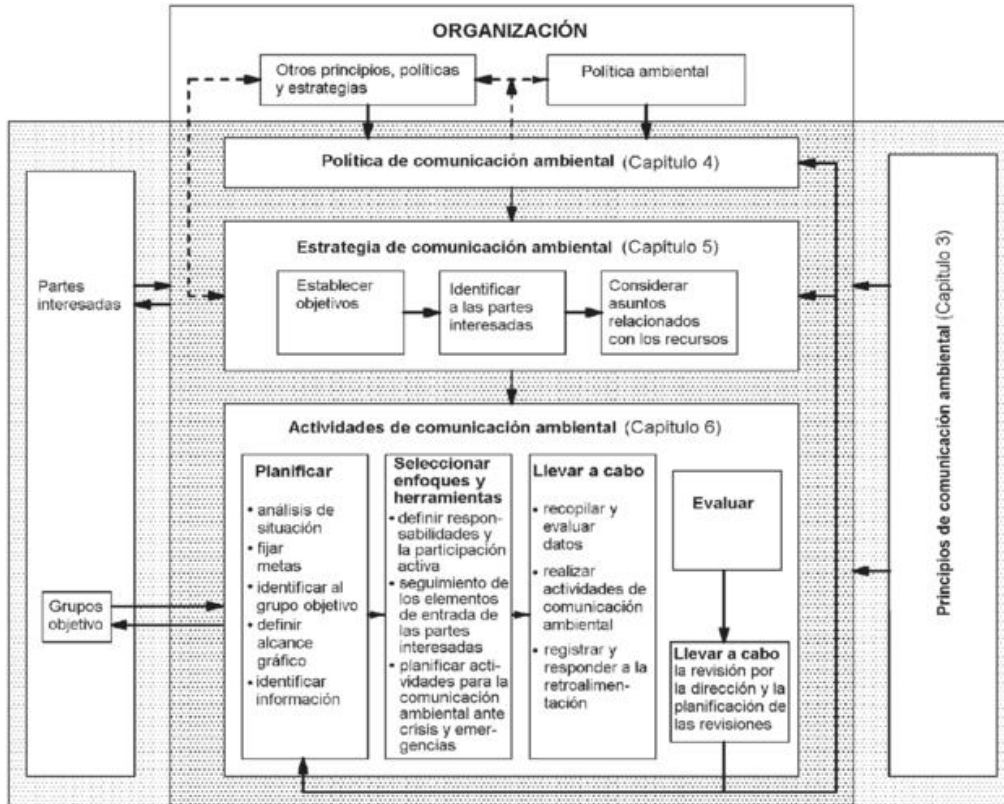


Figura 19. Interrelaciones y flujo de la comunicación ambiental

Fuente y elaboración: NTE INEN-ISO 14063 (2006). Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2020.

La figura 19 incluye tres notas al pie que permiten la mejor interpretación del gráfico; la Nota 1 indica que los títulos en negrita y numerados se refieren a los capítulos contenidos en la norma, la Nota 2 dice que las flechas punteadas indican la relación del sistema de comunicación ambiental con otros elementos de la organización y las flechas continuas indican la interrelación dentro del sistema de comunicación ambiental y la Nota 3 señala que el sombreado más oscuro indica la superposición del sistema de comunicación ambiental con la organización.

La NTE INEN-ISO 14063 (2006) dentro de la política de comunicación ambiental y en concordancia con el subtítulo de ésta sección, señala que la organización entre varios temas debe manifestar claramente el compromiso de divulgar información sobre su

desempeño ambiental, las fuentes sugeridas para el cumplimiento de este compromiso, para el caso de estudio podrían ser: Análisis del ciclo de vida de productos y actividades, lista de indicadores ambientales, datos de las evaluaciones de desempeño ambiental, registros de calificación profesional de los empleados de la organización responsables de los asuntos ambientales e información procedente de actividades con la comunidad entre otros que la organización defina.

La manera en la que la comunicación ambiental se llevará a cabo también es importante en vista del nivel de conocimientos y capacitación técnica que tenga el receptor, por ello, la norma también señala: “La información puede ser utilizada para preparar materiales escritos u otros tipos de comunicación de forma que sea clara y apropiada para los grupos objetivos pertinentes”.(12–20)

6. Revisión crítica

ISO 14040 (2006) en esta sección, señala que este tipo de revisión se realiza con el fin de asegurar metodologías, cálculos, datos, el procedimiento, coherencia y transparencia implícitos

Esta revisión podría realizarse por un experto técnico de carácter externo y/o por un panel de partes interesadas que estará compuesto por lo menos por tres personas, una de ellas será un experto independiente quién realizará las funciones de presidente de panel, los otros miembros pueden ser representantes de las partes interesadas o revisores en general quienes deberán acreditar su experiencia, así como los conocimientos necesarios con respecto a los temas y procesos que se incluyan en el Análisis de ciclo de vida.

Todas las observaciones, recomendaciones, comentarios o sugerencias realizadas por el panel de expertos deberían incluirse en el informe realizado para terceras partes.(2006a, 41)

A continuación, se presenta en la tabla 13 un ejemplo de las competencias a evaluar a quienes conformen este panel de revisión crítica.

Tabla 13
Competencia de revisores/equipos de revisión

Ámbito	Criterios
Práctica de revisión, verificación y auditoría	Años de experiencia
	Número de revisiones
	Acreditación como revisor externo por al menos un sistema de declaración ambiental de producto, ISO 14001 u otro sistema de gestión ambiental
	Asistencia a cursos sobre auditorías ambientales de al menos 40 horas.
Metodología y práctica del ACV	Años de experiencia
	Experiencia de participación en trabajos de ACV
Tecnologías u otras actividades pertinentes para el estudio	Años de experiencia
	Cursos para el manejo de software especializado en ACV

Fuente y elaboración: Diario Oficial de la Unión Europea. Comisión Europea (2013, 161)

Los profesionales involucrados para el tema de la revisión crítica y los participantes en el panel de expertos deben ser establecidos en las etapas iniciales del ACV; a continuación, en la tabla 14 se presenta un detalle de algunos de los profesionales que podrían estar involucrados en el ACV de la Fase de *upstream*, por cada subproceso.

Tabla 14
Perfil profesional de los participantes en la revisión crítica

Prospección sísmica	Perforación	Extracción
Geólogo	Geofísico	Ingeniero Químico
Geofísico	Geólogo	Geólogo
Seguridad y Salud en el trabajo	Seguridad y Salud en el trabajo	Seguridad y Salud en el trabajo
Ingeniero ambiental	Ingenieros mecánicos	Ingenieros mecánicos
Ingeniero en petróleos	Ingeniero ambiental	Ingeniero ambiental
Ingeniero en yacimientos	Ingeniero en petróleos	Ingeniero en petróleos
Geógrafos	ingeniero eléctrico	ingeniero eléctrico
Topógrafos	Ingeniero civil	Ingeniero civil
Cartógrafos	Ingenieros en logística	Ingenieros en logística
Ingenieros en logística	-	-

Fuente: Manual de descriptivo de puestos. Petroamazonas (2020)

Elaboración propia

Cabe recalcar que cada profesional tanto al externo y más aún al interno deberá contar con toda la formación, experiencia y habilidades que se establezca en el ACV, trabajo que deberá contar con el apoyo multidisciplinario de otras áreas como la Administrativa y de Talento Humano de la organización para la selección de perfiles.

A su vez, si este estudio se realiza con fines de cumplimiento legal y normativo, las personas involucradas deberán tener conocimiento relacionado con los aspectos normativos necesarios, en vista que quienes participen por parte del ente regulador serán

personas con la formación y experiencia en las áreas tanto técnicas, administrativas, legales y normativas; en el caso que la población objetivo sean las comunidades de las áreas de influencia del proyecto petrolero, la persona que interactúe en representación de la organización será el representante del departamento de Relaciones con la comunidad debidamente asesorado por el equipo técnico y de comunicaciones y con certeza por parte de las comunidades la interacción será con el/los representantes dirigentes de la Comunidad.

Conclusiones

El estudio de Análisis del Ciclo de Vida (ACV), es un trabajo arduo, empero ayuda a las organizaciones a gestionar de mejor forma sus aspectos e impactos ambientales identificados.

El objetivo general de la tesis planteada, conforme la información recabada, expuesta y analizada, se cumple por cuanto se entrega al lector la propuesta de diseño de una guía metodológica para la aplicación de las normas de Gestión Ambiental: ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices para la fase de *upstream* del sector hidrocarburífero.

A término del trabajo se explica paso a paso la estructura y fases que componen el ACV a través de explicaciones, aplicaciones y ejemplos simples, así como con gráficas, tablas y resúmenes que permitieron asimilar el contenido de las normas en sí mismas y la forma de estructurar adecuadamente un análisis del ciclo de vida desde la perspectiva cualitativa, aproximándose a la parte cuantitativa y de medición, al introducir los ejemplos de cálculos según algunas metodologías recomendadas para la adecuada cuantificación de los impactos ambientales proponiendo medidas de control para los resultados obtenidos a nivel medio y alto de prioridad para su tratamiento.

Se determinó que el alcance más lógico y completo sería el de *cuna a la puerta* tomando en cuenta que la Fase del *upstream* inicia con la exploración pasando por la perforación y finalmente se realiza la extracción o producción de crudo, no obstante, también se podría utilizar el alcance de la *puerta a la puerta*, en el que el análisis se centraría en el subproceso principal de la fase de *upstream* que es la extracción.

Los objetivos específicos planteados también se cumplen porque se analiza el marco de referencia que incluye la parte teórica, normativa y legal relacionada a la fase de *upstream* del sector hidrocarburífero. La parte teórica incluye la revisión de la bibliografía relacionada con temas ambientales y propios del análisis de ciclo de vida tanto en idioma español como inglés; en cuanto a la normativa se realiza un recorrido deductivo de las normas ISO de gestión ambiental relacionadas con el tema de investigación, y finalmente, la parte legal, donde se analiza la legislación ecuatoriana aplicable y el orden de prelación establecido.

Para el cumplimiento de los objetivos específicos se hace un análisis cronológico y situacional de la industria hidrocarburífera en el Ecuador y la determinación de varios de los aspectos e impactos ambientales producidos por la fase de *upstream*.

El estudio del análisis del ciclo de vida es abordado de distintas perspectivas y es resumido y explicado mediante resúmenes, gráficos y tablas tomados a partir de las normas ISO 14040 (2006) – Evaluación del ciclo de vida, principios y marco de referencia e ISO 14044 (2006) – Análisis del ciclo de vida, requisitos y directrices.

Por último, se establece la estructura y metodologías a seguir para el desarrollo del trabajo de tesis; y, se sugiere varias opciones que permitan el uso tanto de la tecnología para la cuantificación y medición de las emisiones y vertidos, así como bases de datos precargadas que faciliten el proceso cuantitativo del ACV.

Sin embargo, de todo lo expuesto y con los objetivos cumplidos a cabalidad, a continuación, se exponen varias conclusiones generales alcanzadas en función del trabajo de investigación realizado:

Con base en el ACV y el enfoque de la mejora continua, cada empresa puede tomar mejor sus decisiones con relación a sus procesos que tienen incidencia en el ambiente y cómo gestionarlas en beneficio de su entorno.

La economía de la organización, así como su reputación puede mejorar si este enfoque se instaura como complemento a las exigencias ambientales requeridas por la autoridad competente superando las expectativas de partes interesadas como socios de negocios a nivel nacional e internacional.

Los resultados permiten medir y monitorizar cada proceso involucrado en el ACV y los aportes ambientales que cada uno de ellos realiza en la actividad, producto o servicio organizacional analizado identificando valores reales para su correcta interpretación y eje de acción frente a cada efecto reconocido.

Al instaurar la metodología ACV se crea una conciencia, involucramiento y cultura arraigada en la organización y sus miembros, en relación a la responsabilidad ambiental.

Puede convertirse en una herramienta que aporte significativamente a crear una ventaja competitiva con respecto a industrias que valoren exponencialmente el cuidado del medio ambiente.

Para la operación de industrias altamente contaminantes un estudio de ACV debería ser preponderante, a fin de motivar el cumplimiento, pero sobre todo con el firme propósito de crear conciencia ambiental.

La información medioambiental ecuatoriana debería ser actualizada, fidedigna, pública y entendible para todos los interesados en ella, sin distinción de su orientación profesional o incluso nivel de instrucción.

Lista de referencias

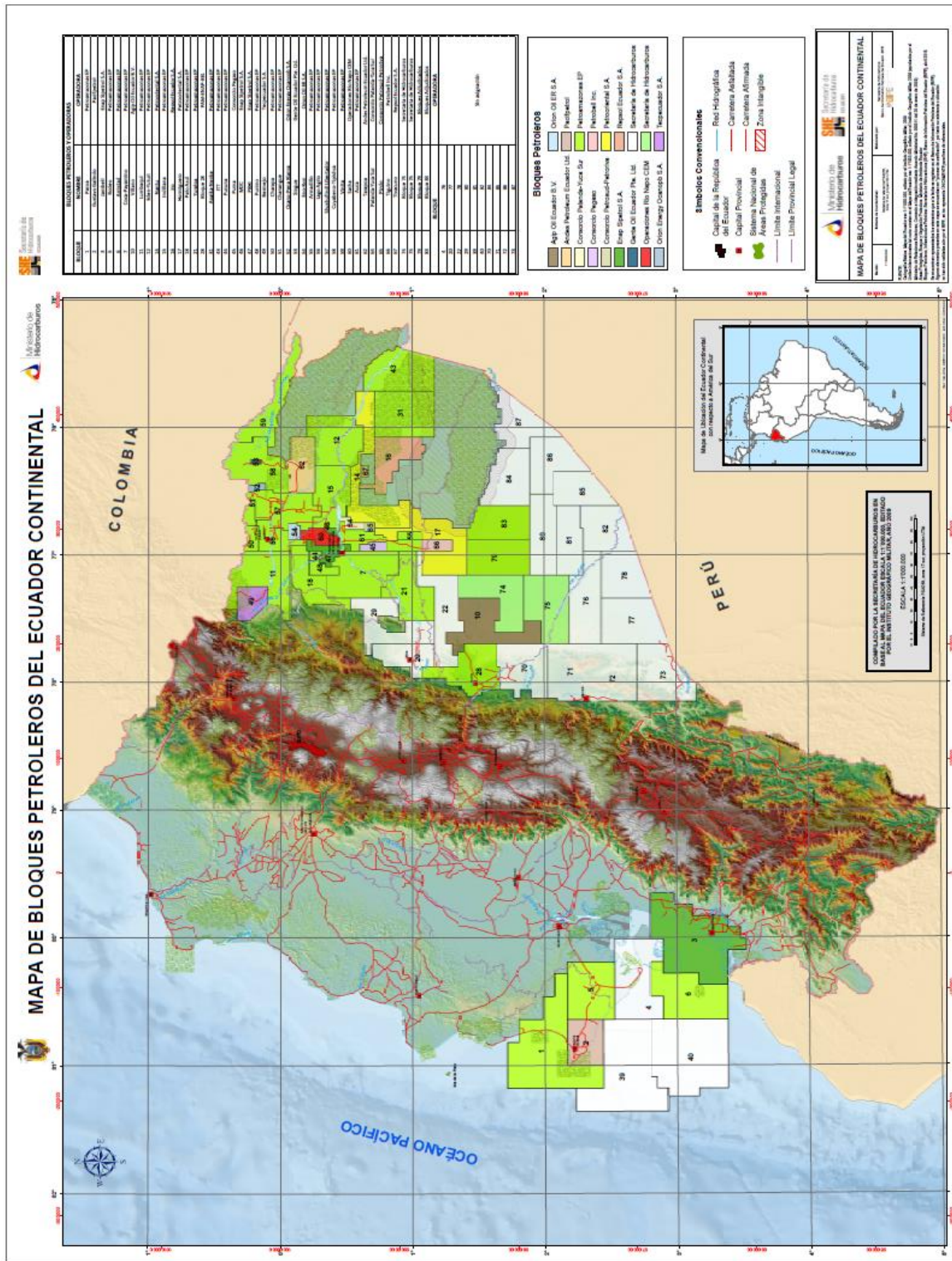
- Aranda Usón, Alfonso, y Ignacio Zabalza Bribián. 2010. *Ecodiseño y análisis de ciclo de vida*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
<https://books.google.com.ec/books?id=xFQgktQ6S8EC>.
- Asociación Colombiana del Petróleo. 2015. “Informe de Gestión Ambiental del Sector Hidrocarburos 2014”. *Asociación Colombiana del Petróleo*.
<https://acp.com.co/web2017/joomlatools-files/docman-images/generated/f0935e4cd5920aa6c7c996a5ee53a70f.jpg>.
- Asociación Española de Normalización. 2018. *Norma Española UNEN-EN ISO 9004 /Gestión de calidad, Calidad en una organización, Orientación para lograr el éxito sostenido (ISO 9004:2018)*. Madrid: Aenor.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. 2006a. *Norma Española UNE-EN ISO 14040 /Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia (ISO 14040 (2006))*. Madrid: Aenor.
- . 2006b. *Norma española UNE-EN ISO 14044 / Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices (ISO 14044 (2006))*. Madrid.
- . 2015. *Norma Española UNE-EN ISO 14001 / Sistemas de gestión ambiental, Requisitos con orientación para su uso (ISO 14001:2015)*. Madrid: Aenor.
- Azcárate Luxán, Blanca, y Alfredo Mingorance Jiménez. 2002. *Energías e impacto ambiental*. España: Equipo Sirius.
- Bravo, Elizabeth. 2007. “Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad”. *Inredh*.
https://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp.pdf.
- Clementes, Richard B. 1997. *Guía completa de las normas ISO 14000*. Barcelona: Gestión 2000.
- Comas Matas, Joaquim, y Sadurni Morera Carbonell. 2012. *Life Cycle Assessment and Water Management - related Issues*. Vol. 4. Girona: Documenta Universitaria.
- Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca Gobierno Vasco. 2009. “Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono / Dos maneras de medir el Impacto ambiental de un producto”. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- Dirección General de Exploración y Extracción de Hidrocarburos, Estados Unidos Mexicanos. 2015. “Glosario de términos petroleros”. *Gobierno de México*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/8317/GLOSARIO_DE_TERMINOS_PETROLEROS_2015.pdf.
- EC Función Ejecutiva. 2008. “*Constitución de la República del Ecuador*”. Registro Oficial No. 449, 20 de octubre.
- . 2017. *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial, Suplemento 983.
- EC Ministerio de Hidrocarburos. 1978. *Ley de Hidrocarburos*. Registro Oficial 711.
- . 2018. *Reglamento de Operaciones Hidrocarburiíferas*. Registro Oficial Edición Especial 254.
- EC Ministerio del Ambiente. 2020. *Reglamento ambiental de operaciones hidrocarburiíferas en el Ecuador*. Registro Oficial 174.

- Ekos. 2014. “Zoom al sector petrolero”. *Ekos*.
<https://www.ekosnegocios.com/articulo/zoom-al-sector-petrolero>.
- Garraín Cordero, Daniel. 2009. “Desarrollo y aplicación de las categorías de impacto ambiental de ruido y de uso de suelo en la metodología de Análisis del Ciclo de Vida”. Tesis doctoral, Castellón: Universitat Jaume I de Castellón.
<http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10803/10382>.
- González, José. 2016. “Crudos de referencia: WTI, BRENT, OPEP, Arab Light, Dubai”. <https://www.venelogia.com/archivos/9618/>.
- Granero Castro, Javier, Miguel Ferrando Sánchez, María Sánchez Arango, y Covadonga Pérez Burgos. 2011. *Evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Haya Leiva, Esperanza. 2016. “Análisis Ciclo de Vida”. *Savia*.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjUyqz_kO7rAhXMzVkKHeM0DjwQFjABegQICxAF&url=https%3A%2F%2Fwww.eoi.es%2Fes%2Ffile%2F66611%2Fdownload%3Ftoken%3DBTXaL249&usg=AOvVaw3Kxcu4pUXeMD3bbM2-c-af.
- Herrera, Yajaira, Norman Cooper, y Mustang Resources Ltd. 2010. *Manual para la adquisición y procesamiento de sísmica terrestre y su aplicación en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, y Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. 2015. “Guía técnica para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales”. *Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.*
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi-wZq-n-7rAhWitVkKHdzrBKUQFjAAegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.idiger.gov.co%2Fdocuments%2F20182%2F297947%2FPLE-GU-01%2BGuia%2BPara%2Bla%2BIdentificacion%2Bde%2BAspectos%2Be%2BImpactos%2BAmb%2BV3.pdf%2Fdb462a5d-9133-4248-aa1d-422b2d9a105c&usg=AOvVaw2TO8nRT4TnV1wspjy_HQ5Y.
- International Organization for Standardization. 2012. *Technical Report ISO /TR 14047 / Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations*. Geneva.
- Jaimes, Miguel. 2012. “Petróleo: historia y perspectivas geopolíticas”, *Aldea mundo*, 17 (34): 65–70.
- Ministerio del Medio Ambiente. 1999. *Guía de manejo ambiental para proyectos de perforación de pozos de Petróleo y Gas / Guía Básica ambiental para la perforación de pozos*. Santafé: Calidad del Aire Cía. Ltda.
- Moran, Mirtha. 2020. “La Agenda para el Desarrollo Sostenible”. *Desarrollo Sostenible*. Consultado mayo 2.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
- Murillo Vargas, Guillermo, Álvaro Zapata Domínguez, Jenny Martínez Crespo, Carlos Hernán González, Jairo Salas Páramo, Hernán Ávila Dávalos, y Alexander Caicedo Delgado. 2008. *Teorías contemporáneas de la organización y el management*. 21a ed. Bogotá: Eco Ediciones.
- Organización Internacional de Normalización. 2015. *Norma Internacional ISO 9000 / Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario*. Ginebra.
- Ortuño Arzata, Salvador. 2012. *El mundo del petróleo: origen, usos y escenarios*. Quito: Fondo de Cultura Económica.

- Padin, María Belén. 2019. “La auditoría ambiental y las normas ISO 14000”. UBA económicas Facultad de Ciencias Económicas.
http://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2017/08/T_Padin_ISO_14000.pdf.
- Poveda, Rafael, Pedro Merizalde, Marco Calvopiña, y Carlos Pareja. 2013. *El petróleo en el Ecuador, la nueva era petrolera*. Quito: Coordinación General de Imagen Empresarial EP Petroecuador.
- Roberts, Hewitt, y Gary Robinson. 2003. *ISO 14001 EMS Manual de Sistema de Gestión Medioambiental*. Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A.
- Salager, Jean-Louis. 2005. “Recuperación mejorada del Petróleo”. Universidad de los Andes. <http://oilproduction.net/files/S357C.pdf>.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. 2014. *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 14063 / Gestión Ambiental. Comunicación Ambiental Directrices y Ejemplos (ISO 14063 (2006), IDT)*. Quito: INEN.
- Suppen, Nydia, y Bart van Hoof. 2005. “Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño”. *Mexico Documents*.
<https://vdocuments.mx/articulo-acv-y-ecodiseno-55ab4df32858a.html>.
- Valdés, José Luis, María Cristina Alonso, y Natalia Calso. 2016. *Guía para la aplicación de UNE-EN ISO 14001:2015*. Aenor. Madrid.

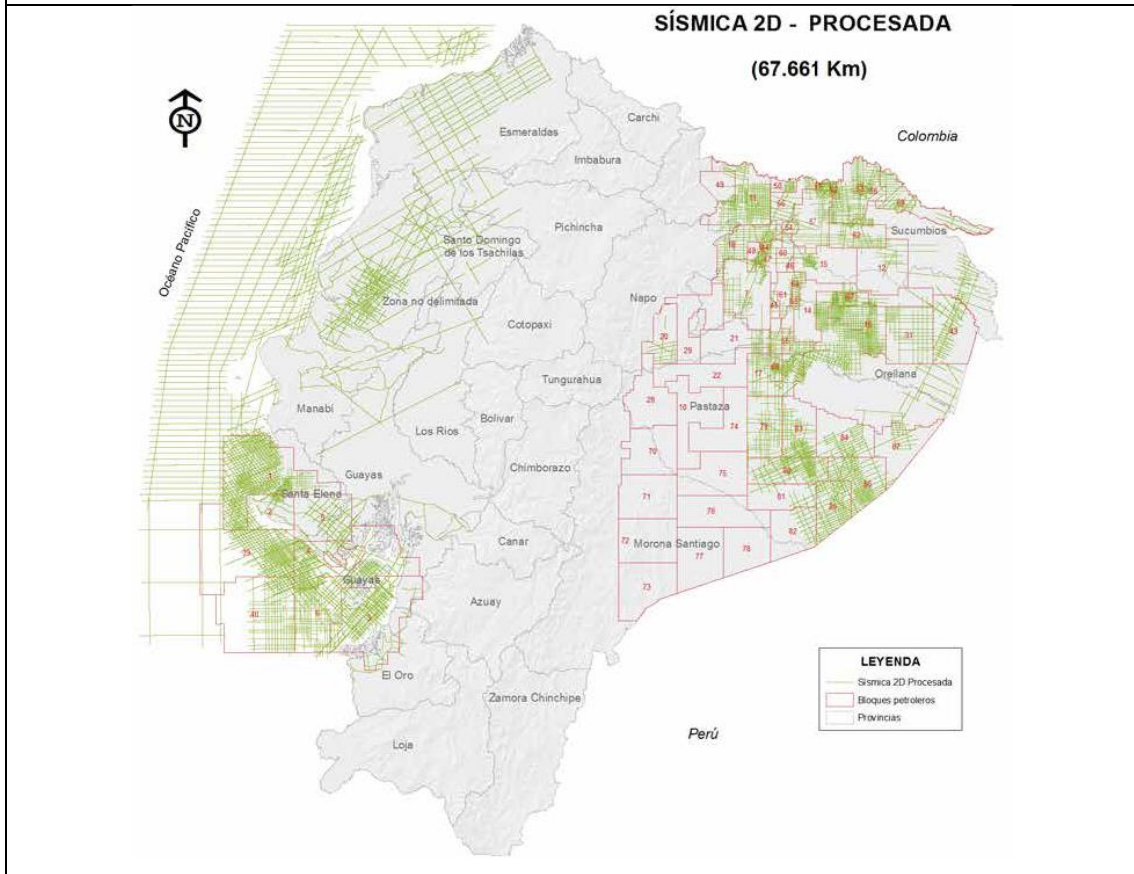
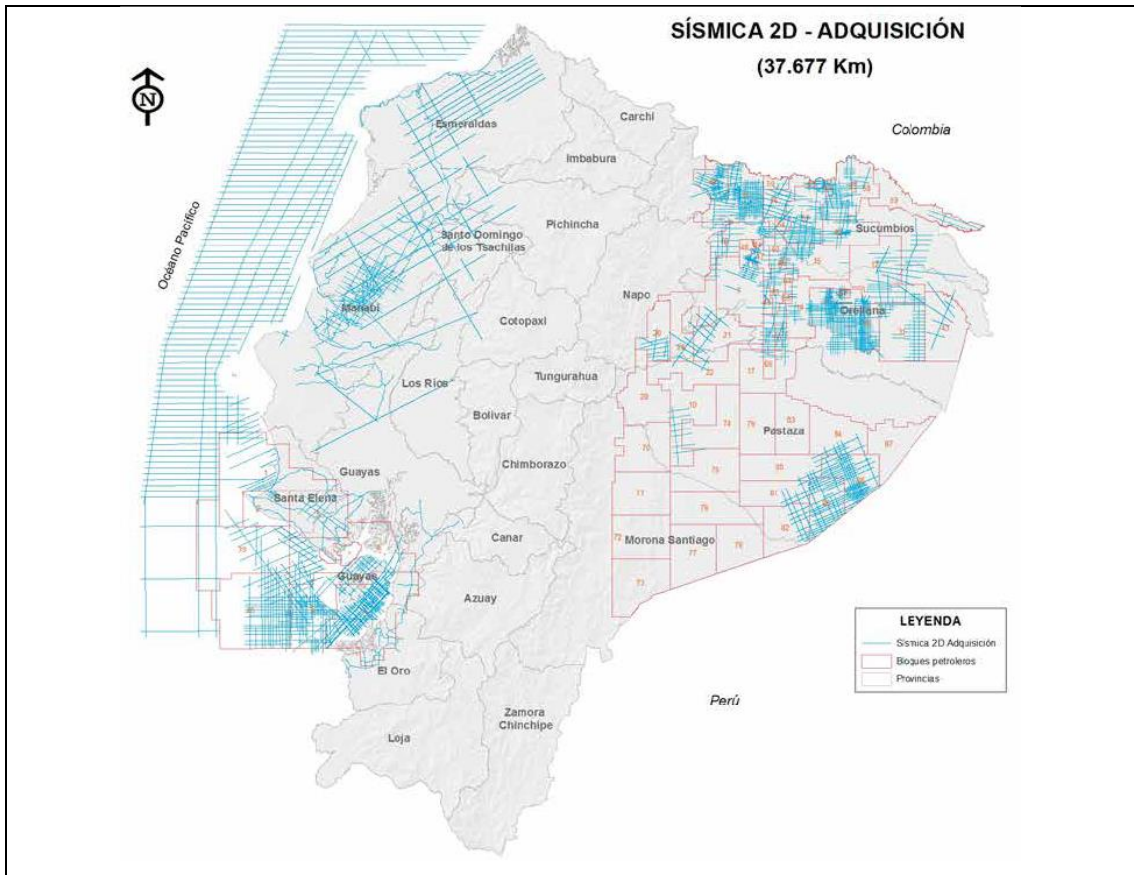
Anexos

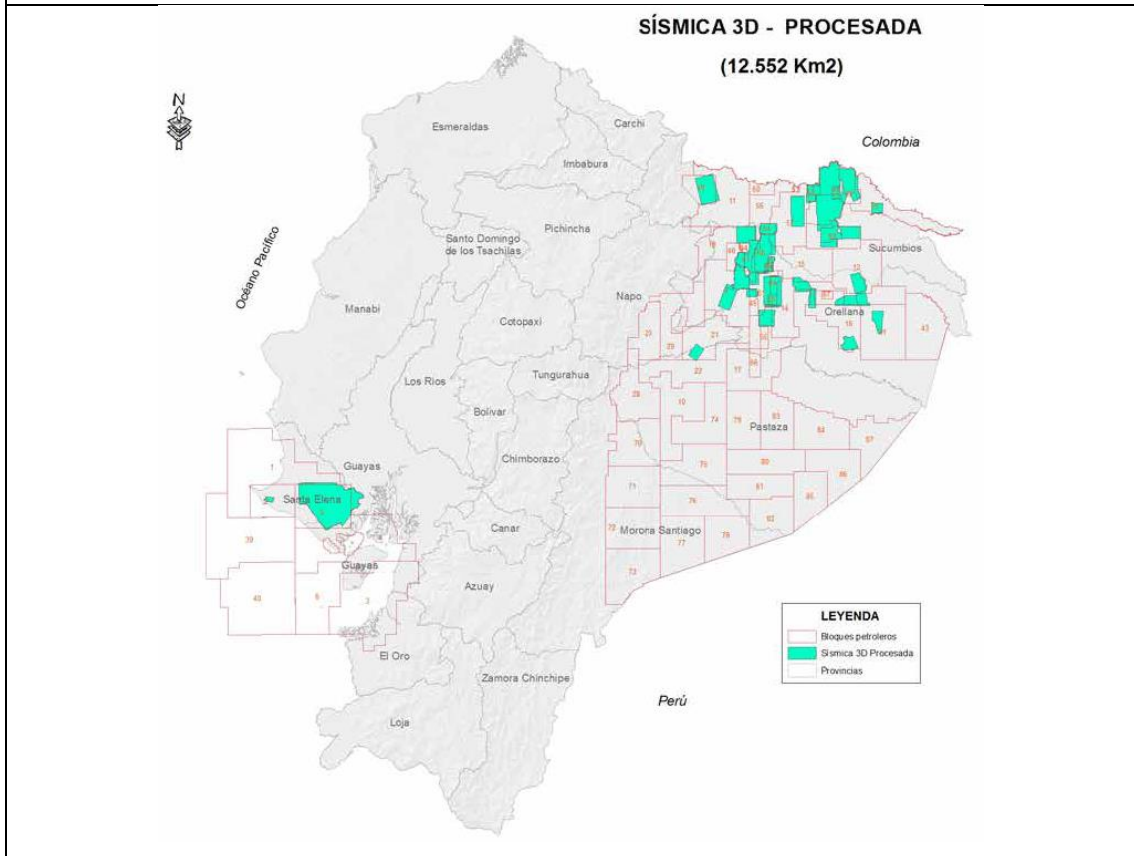
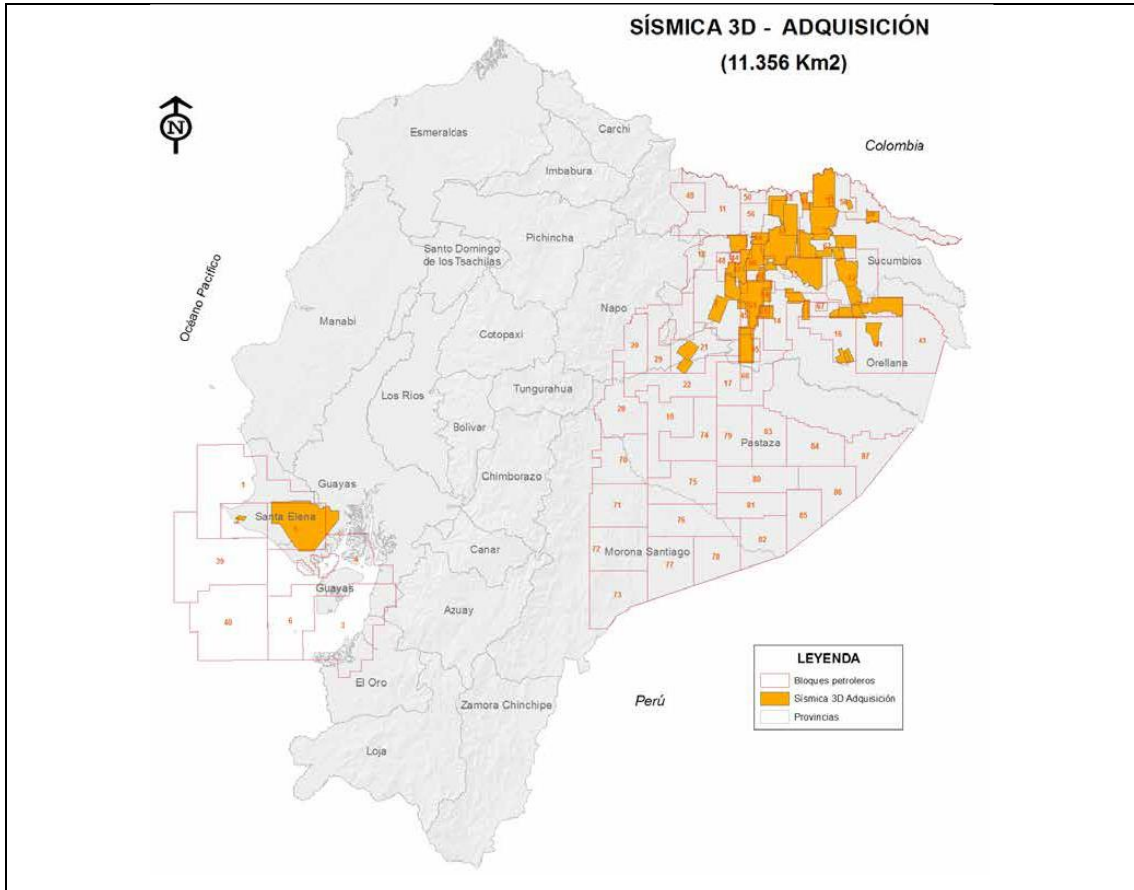
Anexo 1: Mapa de bloques petroleros ecuatorianos a 2015



Fuente: Secretaría de Hidrocarburos Ecuador (2015)

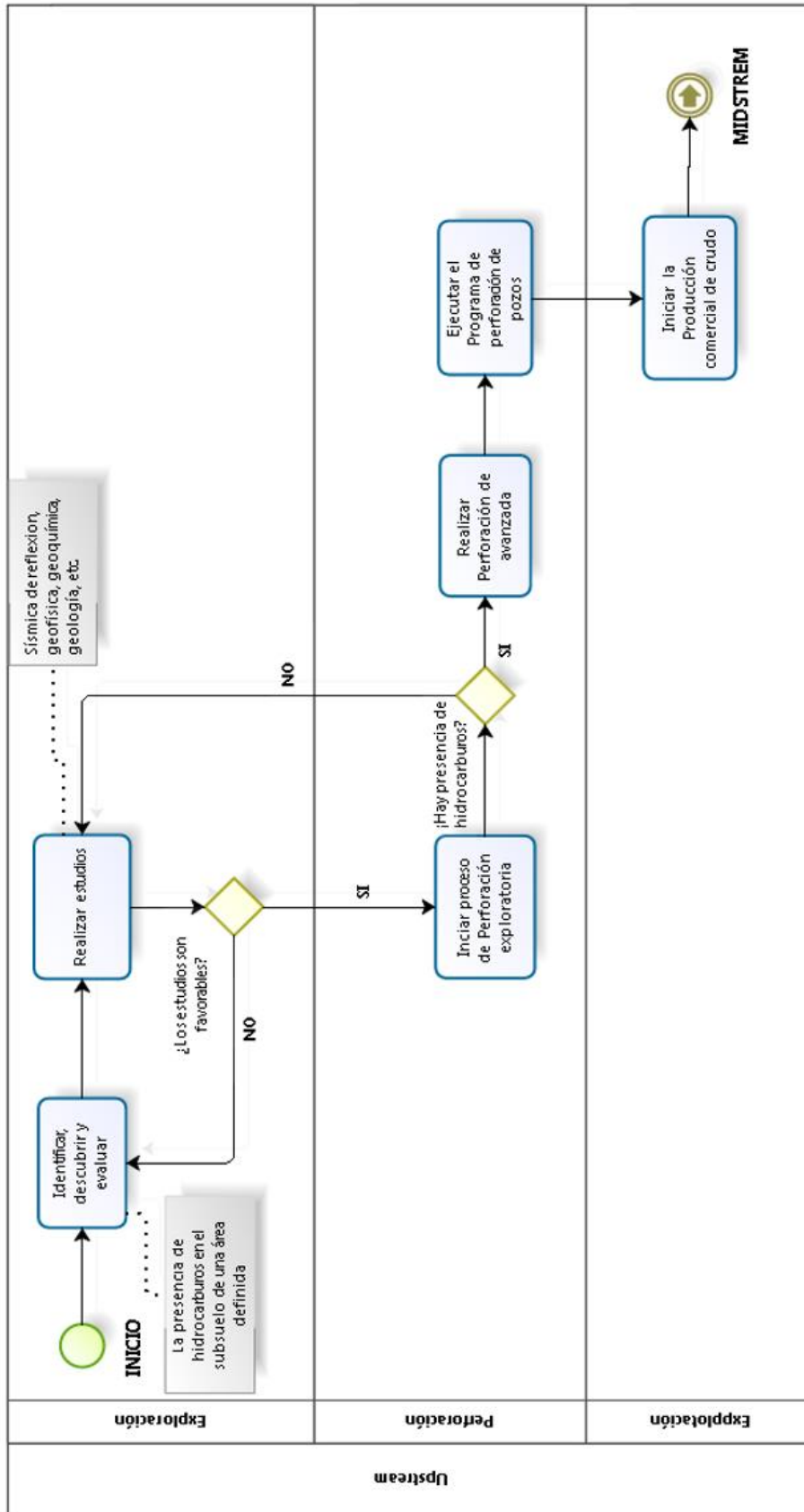
Anexo 2: Mapas de sísmica 2D y 3D





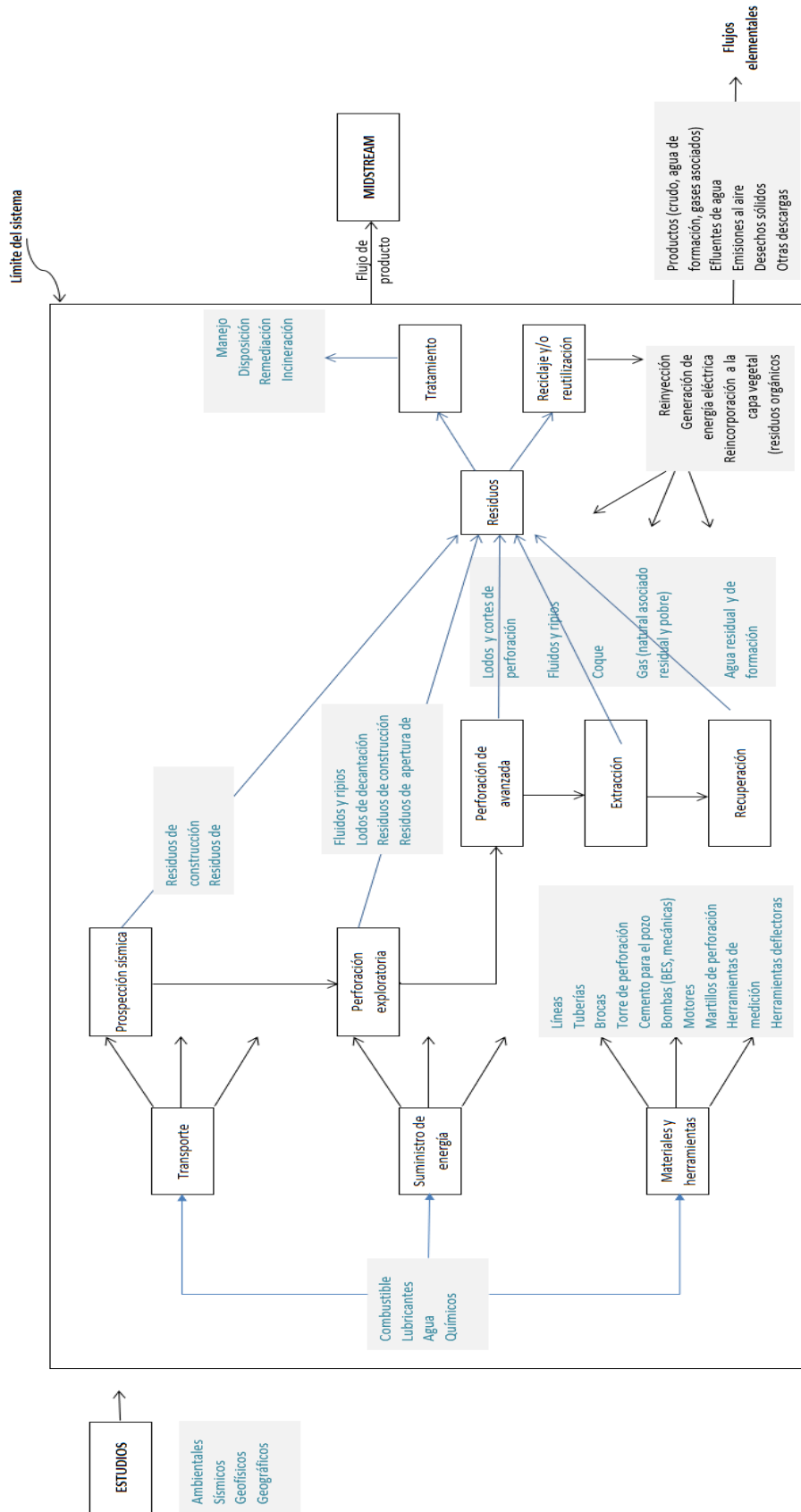
Fuente: Banco de Información petrolera (2019)

Anexo 3: Modelado de la Fase de *upstream*



Fuente y elaboración propias

Anexo 4: Sistema de producto de la Fase de *upstream*



Fuente y elaboración propias

Anexo 5: Frecuencia de monitoreos ambientales determinados en el Raohe

FASE	Entrega de resultados de monitoreo y/o informe	FRECUENCIA DEL MONITOREO								Según señale el EIA y/o PMA	
		Diaria	Semanal	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Anual	Límite máximo permisible (LMP)		
Exploración	20 días después del fin de la fase, si dura más de un año se entregará de manera anual.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Perforación o reacondicionamiento de pozos	Hasta cuarenta y cinco (45) días término posteriores a su culminación. En el caso de monitoreos bióticos y lodos y rípios no incluidos en el mencionado informe, se presentará conjuntamente con el informe de gestión ambiental anual.	Descargas de aguas residuales operacionales, negras y grises.	Emisiones gaseosas de fuentes fijas de combustión	-	Ruido ambiental	-	Disposición de lodos, rípios de perforación y lodos de decantación del tratamiento de fluido de perforación se realizará un muestreo inicial para conocer la composición del mismo (...) y luego al menos cada seis meses.	-	Descargas por lote o tipo back	Monitoreo biótico se realiza conforme los componentes y condiciones de monitoreo establecidas en el EIA	
Explotación	Entrega semestral dentro de los 30 días posteriores al término del cada semestre, considerando los semestres Enero- Junio y Julio - Diciembre.	-	-	Descarga de aguas residuales operacionales, negras y grises	-	Aguas subterráneas el monitoreo en las áreas de pozos o almacenamiento de productos limpios. Emisiones gaseosas	Ruido ambiental	Monitoreo biótico	-	Donde no exista una descarga de aguas residuales operacionales, los desechos que se acumulen en las trampas de grasas o separadores API deberán tratarse conforme lo dispuesto en PMA, y no serán sujetos de monitoreo interno	
Industrialización y refinación	Entrega semestral dentro de los 30 días posteriores al término del cada semestre, considerando los semestres Enero- Junio y Julio - Diciembre.	Para descarga de aguas residuales operacionales, negras y grises.	-	-	-	Para aguas subterráneas el monitoreo en las zonas de almacenamiento de productos limpios. Para emisiones fugitivas en tanques y líneas.	-	Ruido ambiental Monitoreo biótico	-	Para emisiones gaseosas se realizará el monitoreo continuo de las fuentes fijas de combustión, el sistema de monitoreo continuo deberá ser acreditado o certificado.	
Transporte y Almacenamiento	Entrega de informe anual dentro de los 30 días del mes enero del año siguiente.	-	-	-	-	Descargas de aguas residuales operacionales, negras y grises. Emisiones fugitivas en tanques y líneas	Emisiones gaseosas de las fuentes fijas de combustión	Aguas subterráneas Ruido ambiental Monitoreo biótico	-	-	
Comercialización de hidrocarburos, Biocombustibles y sus mezclas	Entrega de informe anual dentro de los 30 días del mes enero del año siguiente.	-	-	-	-	Emisiones fugitivas en tanques y líneas	Para descargas de aguas residuales operacionales, negras y grises,	Aguas subterráneas Emisiones gaseosas	-	Para estaciones de servicio (gasolineras) y plantas envasadoras de gas, donde no exista una descarga de aguas residuales operacionales, los desechos que se acumulen en las trampas de grasas o separadores API deberán tratarse conforme lo dispuesto en el PMA correspondiente, y no serán sujetos de monitoreo interno.	

Fuente: Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Ministerio del Ambiente 2020

Elaboración propia

Anexo 6: Programas informáticos para realizar el ACV

NOMBRE	DESARROLLADOR	ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS	NOMBRE	DESARROLLADOR	ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS
UMBERTO	ifu Hamburg GMBH	Genérico	<p>Interfaz gráfica muy intuitiva que posibilita la elaboración de ciclos de vida de producto (diagramas SANKEY)</p> <ul style="list-style-type: none"> - CV completo. - Procesos componentes del CV. - Entradas y salidas asociadas a cada proceso. - Flujos entre procesos. - Alimentación de datos del ICV en formato fichas (similitud con SimaPro) - Alta flexibilidad en lo concerniente a límites del sistema, con posibilidad de ser definidos individualmente. - Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment y LCC: Life Cycle Cost. - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida del producto. - Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV. - Distintas interfaces para la conexión del programa a otras aplicaciones. - Posibilidad de análisis de: escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo. - Permite exportar la información tanto en formato Ecospold y en Excel. - http://www.umberto.de/en/ 	GABI	Instituto de ciencia y ensayos de polímeros (IKP) y la universidad de Stuttgart en colaboración con PE EUROPE GMBH	Genérico	<p>Descripción gráfica del ciclo de vida del producto mediante estructura jerárquica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entradas y salidas asociadas a cada proceso. - Flujos entre procesos. - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida del producto. - Posibilidad de reutilización de procesos y planes creados en otros proyectos. - Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment, LCC: Life Cycle Cost y LCWT: Life Cycle Working Time. - Alimentación de datos del ICV en formato fichas (similitud con SimaPro) - Asignación posterior de cada dato del ICV a un dato concreto de la BBDD. - Gran variedad de representación de los datos del análisis, tanto en lo referente al balance del sistema, como a la EICV. - Redacción de informes de acuerdo a exigencias ISO de ACV. - Posibilidad de asignación de cargas. - Posibilidad de análisis de: escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo. - Permite la agrupación de procesos según tipo, nación, empresa y usuario definido (cumplimiento de YDA 231-106 e inventario de emisiones de gases de efecto invernadero). - Permite exportar la información tanto en formato Ecospold y en Excel. - http://www.gabi-software.com/
SIMAPRO	PRE-Consultants	Genérico	<p>Disponibles protocolos para la realización guiada de ACVs.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida del producto. - Permite análisis tipo: LCA: Life Cycle Assessment y LCC: Life Cycle Cost - Posibilita la redacción de informes de acuerdo con la normativa ISO de ACV - Posibilidad de análisis de: incertidumbre de los datos, escenarios de fin de vida, análisis de sensibilidad y Monte Carlo. - Permite exportar la información tanto en formato Ecospold y en Excel. - http://www.pre.nl/pre/default.htm 	BEEs 4.0	National Institute of Standards and Technology (NIST), USA	<p>Apoyado por el Programa de Compra Verde del EPA y el laboratorio de investigación del fuego y la construcción.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contiene aproximadamente 200 productos, clasificados según UNIFORMAT II, clasificación estándar de ASTM. - Informes conformes a ISO de ACV. - Disponible de la metodología TRACI - Las fases de análisis e interpretación se realiza a través de la American Section of the International Association for Testing Materials (ASTM). - Las bases de datos se pueden exportar a Excel. Está actualizado y es gratuito. Muy descargado. Contiene aprox. 200 productos, clasificados según UNIFORMAT II, clasificación estándar de ASTM. - Exportable a Excel. - http://www.bfbl.nist.gov/oar/bees.html 	

NOMBRE	DESARROLLADOR	ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS	NOMBRE	DESARROLLADOR	ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS
LIFE-OGIP 5.0	t.h.e. Software GmbH, Germany	Construcción y edificación	Permite analizar los cambios en el edificio, pero no para compararlos. - Utiliza básicamente Ecoinvent como base de datos, aunque dispone de otras secundarias como BEK o NPK. - Solamente dispone de valores agregados: CER, CED (Cumulated Energy Demand), etc. - Métodos EICV disponibles: Ec99, Ecopoints97, GWP100a. - Permite exportar la información en Excel y en pdf. - www.fhs-software.de/ocin/en/fuehruug.html	GREEN-E 1.0	Eointesys - Life Cycle Systems, Switzerland	Genérico	Herramienta integradora de la metodología ACV en la gestión empresarial. - Utiliza como base de datos Ecoinvent, aunque el usuario puede configurar su propia base de datos. - Por defecto utiliza como método de EICV Impact2002+, aunque se pueden configurar otros métodos. - Información exportable en Excel. - www.green-e.ch
AIST-LCA 4	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan	Genérico	Elaboración de base de datos propia. Sustancias químicas, productos de hierro y acero y gestión de residuos. - Utilización del concepto TPI (Total Performance Indicator) en el que se valoran tanto aspectos ambientales como parámetros de coste. - Exportable a Excel. - http://mit.aist.go.jp/lca-center/ci/activity/software/nire-nire-ver4/outline.html	CMLCA 4.2	Leiden University, Institute of Environmental Sciences (CML), Holland	Genérico	Parte de las bases de datos CML-IA, Ecoinvent y ETH96. - Métodos EICV: CML2001, EDIP, EPS, TRACI, Impact 2002+, etc. - Posibilidad de análisis de sensibilidad y Monte Carlo. - Exportable a Excel. - http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software/cmlca/
LsP	University of Amsterdam (IVAM), Holland	Municipios, planes urbanísticos y desarrollo de proyectos	Medición del perfil de sostenibilidad de un emplazamiento Location Sustainability Profile). - Dispone de un estándar de comparación de 10 modelos diferentes. - jkortman@ivam.uva.nl	E3DATA Base V2.3.3	Ludwig-Bölkow Systemtechnik GmbH, Germany	Genérico	Herramienta centrada en los sistemas energéticos, sus repercusiones en el ciclo de vida y su coste (Ee Energy-Emission-Economy). - Sistema de gestión Firebird SQL. Software basado en Borlan-Delphi. - Exportable a Excel. - www.e3database.com
ECO-BAT 3.0	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, Switzerland	Construcción y edificación	Más de 60 materiales de construcción calculados a partir de Ecoinvent. - Métodos EICV: Ec99, UBP (Ecopoints97), Impact2002+. - http://www.eco-bat.ch	ECODESIGN x PRO 1.0	Ecomundo, France	Genérico	Herramienta ACV online. - Especialmente indicada para personal no experto en metodologías ACV. - Parte de las bases de datos ELCD (European Reference Life Cycle Data System). - Utiliza CML2001 como método EICV, aunque es configurable. - http://wp2.ecodis.org
ENVIRONMENTAL IMPACT ESTIMATOR 3.0.2	Athena Sustainable Materials Institute, Canada	Construcción y edificación	Diferencia tipologías de construcciones. - Dispone de BDD propia. - Disponible el "EcoCalculator", el cual permite realizar ACV's de materiales de construcción. - Dispone de método de EICV propio. - www.athenasmi.org	EPD TOOLS SUIT 2007	ITKE Environmental Technology Inc, China	Genérico / construcción	Información únicamente disponible en chino. - Estandariza la recogida de datos (EPD inputer) de acuerdo a un determinado PCR, que luego exporta (EPD verifier) a un organismo de certificación de EPDs. - www.itke.com.cn/software
EVERDEE 2.0	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	Genérico	Herramienta ACV gratuita, disponible online y en castellano. - Dispone de base de datos propia. - Paso de caracterización según CML2001. - Proporciona valores para diferentes categorías de impacto. - Permite importar datos. - www.ecosmes.net	GEMIS 4.42	Oeko Institut (Institute for applied Ecology), Darmstadt Office, Germany	Genérico	Herramienta ACV gratuita y descargable a través de su página web. - Además de las habituales Evalúa categorías de impacto no comunes en otras herramientas, como CER (Cumulated Energy Demand), CMR (Cumulated Energy Requirement). - Disponible en castellano. - www.gemis.de

NOMBRE	DESARROLLADOR	ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS	NOMBRE	DESARROLLADOR	ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS
JEMAI LCA PRO 2	JEMAI, Japan Environmental Management Association for Industry	Genérico	Utiliza base de datos propia, compuesta de 1000 datos fijos más 500 para la versión japonesa. - Diversos métodos EICV: Ec95, EPS2000, Ecopoints97. Configurable por el usuario. - Cumple con los estándares ISO de ACV. - www.jemai.or.jp/english/lca	KCL-ECO 4.0	Oy Keskuslaboratorio Central laboratorio Ab, KCL, Finland	Genérico / Forestal	Herramienta sencilla y de larga experiencia. - Utiliza base de datos propia, aunque puede incorporar Ecoinvent. - Métodos EICV: Ec95 y DALIA98 (Finnish impact assessment method). - Importa y exporta información en formato Ecospond y Excel. - www.kcl.fi/eco
LEGEP 1.2	LEGEP Software GmbH, Germany	Construcción y edificación	Herramienta muy completa para el sector de la construcción sostenible. - Utiliza como base de datos Ecoinvent. - Utiliza como método EICV CML2001, aunque se pueden configurar otros métodos. - www.legep.de	sABENTO 1.1	ifu Hamburg GmbH, Germany	Químico	Dispone de base de datos propia SABENTO. - Analiza categorías de impacto susceptibles de ser afectadas por el sector químico. - www.sabento.com
REGIS 2.3	Simum AG, Germany	Genérico	Software ACV que apoya a la gestión empresarial desde el enfoque de la ecoeficiencia. - Dispone de Ecoinvent y BUWAL entre otras como bases de datos. - Métodos EICV disponibles: Ec95, Ec99, Ecopoints97, IPCC. - Disponible en castellano. - Permite exportar la información en Ecospond, Excel y CSV. - http://www.simum.com/hifoc/e_software_regis.shtml	UseS-LCA 2.0	Radboud University Nijmegen, Holland	Agricultura, silvicultura y caza	Herramienta gratuita basada en Excel muy específica para el sector primario. - Utiliza bases de datos propias. - Mide el impacto ambiental en TEFs (Toxic Equivalent Factors) y otras unidades que comprenden daños tóxicos al ser humano y al medio ambiente. - http://www.ru.nl/environmentalscience/research/life_cycle/multimedia_toxic
TEsPI	ENEA, Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment.	Genérico	Herramienta ACV gratuita y disponible online. - Orientada a PYMEs. - http://www.ecosimes.net/	TRAINEE	GreenDeltaTC GmbH, Germany	Genérico / ferroviario	Inicialmente diseñada para el sector ferroviario, se ha generalizado con el paso del tiempo. Utiliza bases de datos propias. - Actualmente se encuentra en plena fase de desarrollo junto a PRE CONSULTANTS, con el objetivo de ser una herramienta ACV de software libre. - http://www.openlca.org/

Fuente y elaboración: Sociedad Pública de Gestión Ambiental. (2009, 17-22)

Anexo 7: Ejemplo de hoja de recopilación de datos de análisis del inventario de ciclo de vida

Identificación de procesos unitarios:			Lugar objeto del informe:
Emisiones al aire ^a	Unidades	Cantidad	Descripción de los procedimientos de muestreo (adjuntar hojas si es necesario)
Vertidos al agua ^b	Unidades	Cantidad	Descripción de los procedimientos de muestreo (adjuntar hojas si es necesario)
Vertidos al suelo ^c	Unidades	Cantidad	Descripción de los procedimientos de muestreo (adjuntar hojas si es necesario)
Otras emisiones o vertidos ^d	Unidades	Cantidad	Descripción de los procedimientos de muestreo (adjuntar hojas si es necesario)
Describir cualquier cálculo, recopilación de datos, muestreo o variación de la descripción de los procesos unitarios que sea especial (adjuntar hojas adicionales si es necesario).			
^a Por ejemplo inorgánicos: Cl ₂ , CO, CO ₂ , polvo/partículas, F ₂ , H ₂ S, H ₂ SO ₄ , HCl, HF, N ₂ O, NH ₃ , NO _x , SO _x ; y orgánicos: hidrocarburos, PCB, dioxinas, fenoles; metales: Hg, Pb, Cr, Fe, Zn, Ni. ^b Por ejemplo: DBO, DQO, ácidos, Cl ₂ , CN ₂ , detergentes/aceites, compuestos orgánicos disueltos, F, iones Fe, iones Hg, hidrocarburos, Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , organoclorados, otros metales, otros compuestos nitrogenados, fenoles, fosfatos, SO ₄ ²⁻ , sólidos en suspensión. ^c Por ejemplo: residuos minerales, residuos industriales mezclados, residuos sólidos urbanos, residuos tóxicos (por favor listar los compuestos incluidos en esta categoría de datos). ^d Por ejemplo: ruido, radiación, vibración, olor, calor residual.			

Fuente y elaboración: Norma ISO 14044 (2006). ISO (International Organization for Standardization). (2020, 44)

Anexo 8: Metodologías para la evaluación del impacto del ciclo de vida y para su interpretación

CML2016, desarrollada por el Centro de Ciencias Ambientales de la Universidad de Leiden, Holanda. Han publicado una guía de aplicación de los estándares ISO en la que se establecen categorías de impacto y la correspondiente metodología de caracterización, diferenciando un enfoque orientado al problema y un enfoque orientado al daño (este último utilizando Eco-Indicator 99 y EPS-2000).

Cumulative Energy Requirement Analysis (CERA), desarrollado por la Asociación de Ingenieros Alemanes (VDI), está destinado a analizar el uso de energía a lo largo del ciclo de vida de un bien o servicio.

Eco-Indicator 99, desarrollado por la consultora PRé para el Ministerio de Vivienda, Planeamiento Urbanístico y Medio Ambiente de Holanda. Este método introduce el concepto de categoría de daño no incluido en la norma ISO, así como factores de daño. Como categorías de daño se pueden considerar los daños a la salud humana, a la calidad de los ecosistemas o el agotamiento de recursos.

The Method of Ecological Scarcity (Umweltbelastungspunkte, UBP 2013), desarrollado por la Oficina Federal de Medio Ambiente del gobierno suizo. Propone factores de caracterización para diferentes emisiones al aire, agua y suelo/aguas subterráneas así como para el uso de recursos energéticos y algunas tipologías de residuos.

EDIP'03 – Environmental Design of Industrial Products, elaborado por el Instituto para el Desarrollo de Productos (IPU) de la Universidad Técnica de Dinamarca, en colaboración con la Agencia danesa de Protección Ambiental, la Confederación de Industrias Danesas y cinco grandes empresas del sector de la electromecánica. Se establecen categorías de impacto organizadas por escala (global, regional o local), los aspectos que contribuyen en cada una y los daños sobre la salud humana en el entorno de trabajo. Está concebido para su uso en el proceso productivo, por lo que no incluye aspectos relacionados con revisión crítica.

Environmental Priority Strategy in Product Design (EPS 2000), elaborado por el Centro para el Análisis Ambiental de Sistemas de Producto y Materiales, de la Universidad Tecnológica de Chalmers, con el apoyo del Panel Sueco para el Desarrollo Técnico e Industrial, con el propósito de que las empresas pudieran valorar la magnitud de los impactos ambientales del diseño de sus productos. Las categorías de impacto se agrupan en afección a la salud humana, capacidad de producción del ecosistema y biodiversidad.

Impact 2002+, desarrollado por el Instituto Federal de Tecnología de Lausana (Suiza). Presenta un enfoque que relaciona categorías de impacto y categorías de daño.

IPCC 2014 (Climate Change), elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Aplica el enfoque ACV a la elaboración de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero. (Haya Leiva 2016, 23–24)

Fuente: Análisis de Ciclo de Vida. Haya Leiva (2016, 23–24)

Anexo 9: Evaluación de impactos del ciclo de vida

METODOLOGÍA	FASES DE EICV					CREADOR	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL INCLUIDAS	DESCRIPCIÓN
	Clasificación	Caracterización	Normalización	Agrupación	Fondación			
Ec99	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pré Consultants	<p>Carcinogénicos Respiratorios orgánicos Respiratorios inorgánicos Cambio Climático Radiación Destrucción capa ozono Ecoloxidad Acidificación y eutrofización Uso de suelo Uso de recursos minerales Uso de combustibles fósiles</p>	<p>Sucesor del Eco-indicador 95. Su desarrollo comenzó con el estudio de asignación de pesos para el Eco-indicador 95. Se cambió el sistema de evaluación de impactos. En lugar de evaluar cada una de las categorías de impacto, se evaluaron los diferentes daños causados por estas categorías de impacto, agrupándolos en tres niveles de daño:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daños a la salud Humana - Daños a la calidad del Ecosistema - Daños a los Recursos. <p>http://www.eco-indicator99.de/fault.htm</p>
RECIPE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Pré Consultants	<p>Destrucción capa ozono Toxicidad humana Radiación Smog fotoquímico Formación particulados Cambio Climático Ecoloxidad al suelo Acidificación al suelo Occupación suelo rural Occupación suelo urbano Transformación suelo natural Ecoloxidad marina Eutrofización marina Eutrofización agua dulce Ecoloxidad agua dulce Uso de combustibles fósiles Uso de recursos naturales</p>	<p>ReCiPe se desarrolló para combinar las ventajas de los métodos CML2001 y Eco-indicator99. La ventaja del método CML es su solidez científica, mientras que la ventaja del Eco-indicator 99 es su facilidad de interpretación.</p> <p>Con ello, se han mejorado los modelos para el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, uso del suelo y agotamiento de recursos naturales. A su vez se han actualizado factores de caracterización para algunas categorías de impacto y para el paso de normalización.</p> <p>http://www.eco-indicator99.de/fault.htm</p>

METODOLOGÍA	FASES DE EICV					CREADOR	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL INCLUIDAS	DESCRIPCIÓN
	Clasificación	Caracterización	Normalización	Agrupación	Fondación			
CML 2001						Centre of Environmental Science (CML)	<p>Agotamiento de los recursos abióticos</p> <p>Cambio climático</p> <p>Destrucción capa ozono</p> <p>Toxicidad humana</p> <p>Ecoloxidad</p> <p>Smog fotoquímico</p> <p>Acidificación</p> <p>Eutrofización</p> <p>Uso de recursos</p>	<p>Método basado en el anterior CML 1992.</p> <p>El paso de normalización es opcional para ACVs simplificados, pero obligatorio para ACVs exhaustivos. Dispone de valores de referencia para la normalización de los indicadores de las categorías de impacto: A nivel mundial en 1990, a nivel europeo en 1995 y a nivel holandés en 1997.</p> <p>http://em.lieken.edu/</p>
IPCC						Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	Cambio climático	<p>Este método, cuya definición comenzó en 1988, recoge los factores de caracterización para el potencial del calentamiento global directo debido a emisiones al aire.</p> <p>http://www.ipcc.ch/</p>
EDIP/UMIP96						Environmental Design of Industrial Products (EDIP)	<p>Cambio climático</p> <p>Destrucción capa ozono</p> <p>Acidificación</p> <p>Eutrofización</p> <p>Smog fotoquímico</p> <p>Ecoloxidad acuática</p> <p>Ecoloxidad del suelo</p> <p>Toxicidad humana</p> <p>Residuos</p> <p>Uso de recursos</p>	<p>Método cuyo desarrollo comenzó en 1996 en Dthamarca. Los factores de normalización están basados en equivalentes - persona en el año 1990. Para la categoría de uso de recursos, la normalización y ponderación están incluidas dentro de la fase de caracterización, ya que esta categoría se evalúa de manera distinta manera en este método.</p> <p>Los factores de ponderación son definidos como distancia al objetivo por persona para el año 2000. Para la categoría uso de recursos, estos factores están considerados en las fases anteriores, por lo que en este paso se considerarían cero.</p> <p>http://www.wslab.nyu.edu/fo/0-2923-2859-8</p> <p>http://www.wslab.nyu.edu/fo/0-412-80810-2</p>
EPS2000						Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems	<p>Salud humana</p> <p>Capacidad de producción del ecosistema</p> <p>Reserva de recursos abióticos</p> <p>Diversidad biológica</p> <p>Valores culturales</p>	<p>La metodología EPS2000 (Environmental Priority Strategies in product design) es un método orientado al daño causado. En él se tiene en cuenta la voluntad de pagar para restaurar los cambios causados. Por ello la unidad del indicador final es el ELU (Environmental Load Unit).</p> <p>En este método no se aplica el paso de normalización.</p> <p>http://www.epn.ch/cha/mis/se/ebocumen/!report/199/1999_4.pdf</p>

METODOLOGÍA	FASES DE EICV					CREADOR	CATEGORÍAS DE IMPACTO AMBIENTAL INCLUIDAS	DESCRIPCIÓN
	Clasificación	Caracterización	Normalización	Agrupación	Fondación			
ECOPOINTS97	✓	✓	✓	✓	✓	Swiss Ministry of the Environment (BUWAL)	Emisiones al aire Vertidos de aguas superficiales Vertidos de aguas subterráneas Vertidos al suelo Uso de recursos Residuos	Desarrollado en 1990, fue uno de los primeros métodos con método de ponderación final. Al igual que Ecoindicadores 95, es un método basado en la "distancia al objetivo", en este caso fijado por la propia política medioambiental suiza. Este método no dispone de paso de clasificación, sino que evalúa los impactos de manera individual. Para el paso de normalización, dispone de de dos opciones. http://www.bastu.admin.ch/
TRACI	✓	✓	✓	✓	✓	Environmental Protection Agency (EPA US)	Destrucción capa ozono Cambio Climático Smog fotoquímico Acidificación Eutrofización Efectos cancerígenos a la salud humana Efectos no cancerígenos a la salud humana Polución a la salud humana Ecotoxicidad Agotamiento de combustibles fósiles Uso del suelo Uso de agua	Desarrollado en 1995, supone una herramienta informática para la evaluación de las 12 categorías de impacto que constituyen el método. Muchas de los mecanismos ambientales que soportan las categorías de impacto están importados de otras metodologías, como Eco99 y CML2001. Aunque TRACI tiene definidos los pasos de normalización y ponderación, a día de hoy no dispone del histórico suficiente de información que le permita realizar estos pasos con suficiente fiabilidad. http://www.epa.gov/OBD/NRM/ML/ta/ta/sab/tra.c/
IMPACT 2002+	✓	✓	✓	✓	✓	Instituto de tecnología federal suizo de Lausanne (EPFL)	Toxicidad humana Efectos respiratorios Radiación ionizante Destrucción capa ozono Smog fotoquímico Ecotoxicidad acuática Ecotoxicidad del suelo Acidificación acuática Acidificación del suelo Acidificación y eutrofización del suelo Ocupación del suelo Cambio climático Energías no renovables Uso de recursos	Resultado de una combinación entre las metodologías IMPACT2002, Eco99, CML2001 e IPCC. http://www.epfl.ch/impact

Fuente y elaboración: Sociedad Pública de Gestión Ambiental. (2009, 10-12)

Anexo 10: Indicadores por cada subproceso de la Fase de *upstream*

Indicadores para sísmica		
Indicador	Unidad	Categoría de impacto según la SETAC
Uso industrial de agua	m3 / Km de sísmica	Consumo de recursos energéticos
Uso doméstico de agua	m3 / Km de sísmica	Consumo de recursos energéticos
Vertimientos	m3 / Km de sísmica	Eutrofización
Residuos sólidos no peligrosos	Ton / Km de sísmica	
Residuos peligrosos	Ton / Km de sísmica	
Indicadores para perforación exploratoria y de desarrollo		
Indicador	Unidad	Categoría de impacto según la SETAC
Agua uso industrial	m3 / 1.000 pies de perforación	Consumo de recursos energéticos
Agua uso doméstico	m3 / 1.000 pies de perforación	Consumo de recursos energéticos
Vertimientos industriales (aguas resultantes del proceso que se vierten después de tratamiento)	m3 / 1.000 pies de perforación	Eutrofización
Vertimientos domésticos	m3 / 1.000 pies de perforación	Eutrofización
Residuos sólidos no peligrosos	Ton / 1.000 pies de perforación	
Residuos peligrosos	Ton / 1.000 pies de perforación	
Emisiones de NOx	Ton / 1.000 pies de perforación	Calentamiento global
Emisiones de SOx	Ton / 1.000 pies de perforación	Calentamiento global Acidificación
Emisiones de CO2	Ton / 1.000 pies de perforación	Calentamiento global Reducción de la capa de ozono
Emisiones de CH4	Ton / 1.000 pies de perforación	Calentamiento global Reducción de la capa de ozono
Emisiones de Material particulado	Ton / 1.000 pies de perforación	Acidificación
Ruido de inmisión diurno	dB / Proyecto	
Ruido de inmisión nocturno	dB / Proyecto	
Emisión de ruido diurno	dB / Proyecto	
Emisión de ruido nocturno	dB / Proyecto	
Indicadores para producción		
Indicador	Unidad	Categoría de impacto según la SETAC
Agua uso industrial	m3 / Barril producido	Consumo de recursos energéticos
Agua uso doméstico	m3 / Barril producido	Consumo de recursos energéticos
Vertimientos industriales	m3 / Barril producido	Eutrofización
Vertimientos domésticos	m3 / Barril producido	Eutrofización
Agua de producción	m3 / Barril producido	Consumo de materias primas

Indicadores para producción		
Indicador	Unidad	Categoría de impacto según la SETAC
Reinyección para recobro mejorado	m3 de agua reinyectada / m3 de agua de producción	Eutrofización
Inyección como disposición final	m3 de agua reinyectada / m3 de agua de producción	Eutrofización
Vertimientos a cuerpos de agua	m3 de agua vertida / m3 de agua de producción	Eutrofización
Aspersión (Uso de aguas residuales tratadas)	m3 de agua / m3 de agua de producción	Eutrofización
Entregado a terceros	m3 de agua entregada / m3 de agua de producción	Consumo de materias primas
Reúso para riego y otras actividades	m3 de agua regada / m3 de agua de producción	Eutrofización
Residuos sólidos no peligrosos	Ton / Barril producido	
Residuos peligrosos (sólidos)	Ton / Barril producido	
Emisiones de NOx	Ton / Barril	Calentamiento global
Emisiones de SOx	Ton / Barril	Calentamiento global Acidificación
Emisiones de CO2	Ton / Barril	Calentamiento global Reducción de la capa de ozono
Emisiones de CH4	Ton / Barril	Calentamiento global Reducción de la capa de ozono
Material particulado	Ton / Barril	Acidificación
Inmisión diurna	dB / Proyecto	
Inmisión nocturna	dB / Proyecto	
Emisión diurna	dB / Proyecto	
Emisión nocturna	dB / Proyecto	
Indicadores de consumo de combustible en la etapa de producción		
Indicador	Unidad	Categoría de impacto según la SETAC
Consumo de crudo	Barril combustible / Barril producido	Consumo de recursos energéticos Reducción de la capa de ozono Calentamiento global
Consumo de gas	KPC / Barril producido	Consumo de recursos energéticos Reducción de la capa de ozono Calentamiento global
Consumo de biodiesel	Barril combustible / Barril producido	Consumo de recursos energéticos Reducción de la capa de ozono Calentamiento global
Energía eléctrica comprada	kW / Barril	Consumo de recursos energéticos Reducción de la capa de ozono Calentamiento global

Fuente: Informe de gestión Ambiental colombiano del Sector Hidrocarburos. (2014)
Elaboración propia

Anexo 11: Matriz de aspectos e impactos ambientales de la Fase de *upstream*

Aspectos e impactos ambientales: proceso de Exploración de la fase de Upstream

MRO.	IDENTIFICACIÓN					EVALUACIÓN				CONTROLES	
	PROCESO	SUBPROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO ASOCIADO	FRECUENCIA	SEVERIDAD	REQUISITOS LEGALES	TOTAL		ESCALA DE PRIORIDAD
1				CONSUMO DE ENERGÍA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	1	10	5	16	MEDIO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de la energía eléctrica Procedimiento para verificación y control de instalaciones eléctricas. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones eléctricas y equipos.
2				FUGAS DE AIRE ACONDICIONADOS	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	1	1	5	7	BAJO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable del agua Procedimiento para verificación y control de instalaciones de agua y tuberías. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones de agua y tuberías. Procedimiento de consumo de recursos naturales
3			PLANIFICAR, EJECUTAR, CONTROLAR CIERRE	CONSUMO DE AGUA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Proyecto de concientización sobre la importancia y promoción del reciclaje Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de los insumos de oficina
4				CONSUMO DE PAPEL	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	5	5	20	MEDIO	Proyecto de concientización del uso responsable del agua. Proyecto de cambio de sanitarios actuales a baterías sanitaria de menor consumo agua
5				CONSUMO DE INSUMOS DE OFICINA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos.
6				AGUAS GRISAS Y NEGRAS	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
7				DESECHOS PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	1	5	5	11	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de gases de combustión
8				DESECHOS NO PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	5	5	15	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de ruido
9				CONSUMO DE COMBUSTIBLE	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos.
10				EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DESDE FUENTES MÓVILES DE EMISIÓN	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de los insumos de oficina
11				EMISIÓN DE RUIDO DESDE FUENTES MÓVILES DE EMISIÓN	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de ruido
12		MOVILIZACIÓN Y	TRANSPORTAR EN ÁREAS DE SÍSMICA	DESECHOS NO PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	10	5	5	20	MEDIO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos.

Aspectos e impactos ambientales: proceso de Exploración de la fase de Upstream²

	EXPLORACIÓN	TRANSPORTE	(PERSONAS Y MAQUINARIA)	FUGAS LIQUIDOS GOTEOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos y maquinaria. Procedimiento para emergencias en caso de fugas y derrames
13				FUGAS LIQUIDOS GOTEOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos y maquinaria. Procedimiento para emergencias en caso de fugas y derrames
14				CONSUMO DE MATERIAL ABSORBENTE EN CASO DE FUGAS LIQUIDOS GOTEOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental Gestión de desechos
15				DESECHOS PELIGROSOS DEL CONTROL DE FUGAS GOTEOS LIQUIDOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental
16				APERTURA DE TROCHAS CONSTRUCCIÓN DE CAMPAMENTOS CONSTRUCCIÓN DE HELIPUERTOS CONSTRUCCIÓN DE VÍAS DE ACCESO	CORTE, DEFORESTACIÓN Y DESBROCE CAZA Y PESCA INTENSIVA	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
17				ENERGÍA EMITIDA VIBRACIONES PERFORMANCIAS EXPLOSIONES SIGMICAS COMPACTACIÓN DEL SUELO A TRAVÉS DE MAQUINARIA	ALTERACIÓN A LA SALUD HUMANA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA DESPLAZAMIENTO DE FAUNA LOCAL EROSIÓN Y DESLIZAMIENTOS DE TIERRA	10	5	5	20	MEDIO	Cumplimiento de la normativa y los límites máximos permisibles en cuanto a emisiones acústicas y vibraciones
18				DETONACIONES	CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento de detonaciones controladas. Cumplimiento de la normativa y los límites máximos permisibles en cuanto a emisiones acústicas y vibraciones
19				CONSUMO DE ENERGÍA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de la energía eléctrica Procedimiento para verificación y control de instalaciones eléctricas Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones eléctricas y equipos.
20		CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN	CONSTRUIR VÍAS Y FACILIDADES EJECUTAR LOS ESTUDIOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
21				CONSUMO DE AGUA	AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento para verificación y control de instalaciones de agua y tuberías. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones agua y tuberías. Procedimiento de consumo de recursos naturales
22				AGUAS NEGRAS Y GRISES	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	10	5	5	20	MEDIO	Proyecto de concientización del uso responsable del agua. Proyecto de cambio de sanitarios actuales a baterías sanitaria de menor consumo agua
23				DESECHOS NO PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	10	10	5	25	ALTO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos. Gestión de desechos
24				DESECHOS PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental
25				EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DESDE FUENTES FIJAS PLANTAS DE GENERACIÓN	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	5	5	5	15	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de gases de combustión
26				EMISIÓN DE RUIDO DESDE FUENTES FIJAS DE EMISIÓN	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de ruido
27				DESECHOS PELIGROSOS DEL CONTROL DE FUGAS GOTEOS LIQUIDOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental
28				EMISIÓN DE VOLÁTILES	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento control de emisiones a la atmósfera
29		GESTIÓN DE DESECHOS	ALMACENAR TEMPORALMENTE DESECHOS	LIXIVIADOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	1	1	5	7	BAJO	
30				ALTERACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL	IMPACTO VISUAL	5	1	5	11	MEDIO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos. Gestión de desechos

Aspectos e impactos ambientales: proceso de Perforación de la fase de Upstream

MRO.	IDENTIFICACIÓN					EVALUACIÓN				CONTROLES	
	PROCESO	SUBPROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO ASOCIADO	FRECUENCIA	SEVERIDAD	REQUISITOS LEGALES	TOTAL	ESCALA DE PRIORIDAD	CONTROL OPERACIONAL
31	PERFORACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE	TRANSPORTAR EN ÁREAS DE PERFORACIÓN (PERSONAS Y MAQUINARIA PESADA)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
32				EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DESDE FUENTES MÓVILES DE EMISIÓN	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de gases de combustión
33				EMISIÓN DE RUIDO DESDE FUENTES MÓVILES DE EMISIÓN	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de ruido
34				DESECHOS NO PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	10	1	5	16	MEDIO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos.
35				FUGAS LIQUEDOS GOTEOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos y maquinaria. Procedimiento para emergencias en caso de fugas y derrames
36				CONSUMO DE MATERIAL ABSORBENTE EN CASO DE FUGAS LIQUEDOS GOTEOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para emergencias en caso de fugas y derrames Gestión de desechos
37				DESECHOS PELIGROSOS DEL CONTROL DE FUGAS GOTEOS LIQUEDOS DESDE VEHICULO - MAQUINARIA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental responsable y medido de la energía eléctrica
38	CONSUMO DE ENERGÍA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento para verificación y control de instalaciones eléctricas. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones eléctricas y equipos. Procedimiento de consumo de recursos naturales			
39	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento para verificación y control de instalaciones de agua y tuberías. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones agua y tuberías. Procedimiento de consumo de recursos naturales			
40	CONSUMO DE AGUA	AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Proyecto de concientización del uso responsable del agua. Proyecto de cambio de sanitarios actuales a Baterías sanitaria de menor consumo agua			
41	AGUAS NEGRAS Y GRISAS	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	10	5	5	20	MEDIO				

Aspectos e impactos ambientales: proceso de Perforación de la fase de Upstream²

42	CONSTRUCCIÓN	MANTENIMIENTO Y PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN	DESECHOS NO PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	10	5	5	5	20	MEDIO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos.
43			DESECHOS PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	5	5	5	15	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental
44			EMISIONES DE GASES DE COMBUSTIÓN DESDE FUENTES FIJAS	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	5	1	5	5	11	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de gases de combustión
45			EMISIÓN DE RUIDO DESDE FUENTES FIJAS DE EMISIÓN	CONTAMINACIÓN ACUSTICA	10	5	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de ruido
46			CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE PLATAFORMAS	CONTAMINACIÓN VISUAL ALTERACIÓN DE VIDA SILVESTRE EROSIÓN DEL SUELO CONTAMINACIÓN DEL SUELO	1	10	1	12	MEDIO	MEDIO	Procedimiento de consumo de recursos naturales
47			PERFORACIÓN	GENERACIÓN DE CORTES DE PERFORACIÓN USO DE LODO DE PERFORACIÓN OBTENCIÓN DE AGUAS DE FORMACIÓN	5	5	5	15	MEDIO	MEDIO	Procedimiento para extracción, reutilización, tratamiento y disposición de fluidos y material de pozo
48			USO DE PISCOMAS PETROLERAS ABIERTAS	MIGRACIÓN DE FLUIDOS CONTAMINANTES HACIA AGUAS SUBTERRANEAS DERRAMES POR PLUVIOSIDAD EVAPORACIÓN POR EFECTO DEL SOL	10	10	5	25	ALTO	ALTO	Procedimiento para extracción, reutilización, tratamiento y disposición de fluidos y material de pozo
49	GESTIÓN DE DESECHOS	ALMACENAR TEMPORALMENTE DESECHOS	EMISIÓN DE VOLÁTILES LIXIVIADOS	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	MEDIO	Procedimiento control de emisiones a la atmósfera
50			ALTERACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	1	1	5	7	BAJO	BAJO	
51				IMPACTO VISUAL	10	5	5	20	MEDIO	MEDIO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos.

Aspectos e impactos ambientales: proceso de Producción de la fase de Upstream

MRO.	IDENTIFICACIÓN				EVALUACIÓN				CONTROLES		
	PROCESO	SUBPROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO ASOCIADO	FRECUENCIA	SEVERIDAD	REQUISITOS LEGALES		TOTAL	ESCALA DE PRIORIDAD
52				PRESENCIA DE LÍNEAS DE FLUIDO	IMPACTO VISUAL	10	5	5	20	MEDIO	Gestión de desechos
53				QUEMA DE GAS	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de gases de combustión
54				EMISIÓN DE GASES POR FUGAS EN LÍNEAS DE FLUIDO	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de gases por fuga en líneas de fluido
55				EMISIÓN DE RUIDO DESDE FUENTES FIJAS	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	5	5	20	MEDIO	Procedimiento para seguimiento y control de ruido
56		EXTRACCIÓN DE FLUIDOS DEL POZO	EXTRACCIÓN DE FLUIDOS	DERRAMES	CONTAMINACIÓN DEL SUELO CONTAMINACIÓN DEL AGUA AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN, FLORA Y FAUNA CIRCUNDANTE	1	10	5	16	MEDIO	Procedimiento para emergencias en caso de fugas y derrames
57				DESECHOS PELIGROSOS DE LA CONTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE LIQUIDOS O DERRAMES	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	5	10	5	20	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental
58				CONSUMO DE MATERIALES ABSORBENTES EN CASO DE LIQUEO, GOTEO Y FUGAS	AGOTAMIENTO DE RECURSOS	5	10	5	20	MEDIO	Procedimiento para emergencias en caso de fugas y derrames Gestión de desechos
59				USO DE LODOOS	CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AGUA Y SUELO	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento de uso, agotamiento y contaminación de recursos naturales
60				USO DE PISCINAS PETROLERAS ABIERTAS	MIGRACIÓN DE FLUIDOS CONTAMINANTES HACIA AGUAS SUBTERRÁNEAS DERRAMES POR FUGOSIDAD EVAPORACIÓN POR EFECTO DEL SOL	10	10	5	25	ALTO	Procedimiento para extracción, reutilización, tratamiento y disposición de fluidos y material de pozo
61				CONSUMO DE ENERGÍA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	10	10	5	25	ALTO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de la energía eléctrica Procedimiento para verificación y control de instalaciones eléctricas. Procedimiento de mantenimiento predictivo y correctivo de instalaciones eléctricas y equipos. Procedimiento de consumo de recursos naturales
62		MONITOREO DE CRUDO Y OPERACIÓN DE BOMBAS Y VÁLVULAS (BES Y QUÍMICOS)	MONITOREAR- CRUDO Y OPERACIÓN DE BOMBAS Y VÁLVULAS (BES Y QUÍMICOS)	FUGAS DESDE AIRES ACONDICIONADOS	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	1	1	5	7	BAJO	Proyecto de concientización sobre la importancia y promoción del reciclaje
63				CONSUMO DE PAPEL	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	5	1	5	11	MEDIO	Proyecto de concientización sobre el uso responsable y medido de los insumos de oficina
64				CONSUMO DE INSUMOS DE OFICINA	AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES	5	1	5	11	MEDIO	Procedimiento para manejo y entrega de residuos peligrosos a gestor ambiental
65				DESECHOS PELIGROSOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	1	10	5	16	MEDIO	Procedimiento control de emisiones a la atmósfera Gestión de desecho
66				EMISIÓN DE VOLÁTILES	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	10	10	5	25	ALTO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos. Gestión de desechos
67		GESTIÓN DE DESECHOS	ALMACENAR TEMPORALMENTE DESECHOS	LIXIVIADOS	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	1	10	5	16	MEDIO	Proyecto de concientización de la correcta selección y clasificación de residuos. Gestión de desechos
68				ALTERACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL	IMPACTO VISUAL	5	10	5	20	MEDIO	Gestión de desechos

Crterios de valoración y priorización

CRITERIO FRECUENCIA	
CRITERIO	VALORACIÓN
FRECUENCIA	
Diario – Semanal.	10
Mayor a una (1) semana - Trimestral	5
Mayor a un (1) trimestre	1

CRITERIO SEVERIDAD	
CRITERIO	VALORACIÓN
Cambio drástico	10
Cambio moderado	5
Cambio pequeño	1

CRITERIO LEGAL	
CRITERIO	VALORACIÓN
EXISTENCIA Y CUMPLIMIENTO	
Existe legislación aplicable y no se cumple	10
Existe legislación y se cumple	5
No Aplica	1

NIVEL DE PRIORIZACIÓN	
NIVEL	RANGO
ALTO	30
MEDIO	>= 20 Y <30
BAJO	<20

Nivel de priorización = Criterio Legal + Criterio Frecuencia + Criterio Severidad

Fuente: Instituto Distrital colombiano de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2015, 8-10)
Elaboración propia