

REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S.



**CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES Y
MODIFICACIONES A LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA
(1736)**

CONTRATO 966568

**CAPÍTULO 1 GENERALIDADES
VERSIÓN 0**

Bogotá D.C., marzo de 2020

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
0			Versión final
C	Documento en general	11-2019	Ajuste en conjunto con pares
B	Documento en general	10-2019	Se anexa matriz de hallazgos y respuestas
A	Documento en general	10-2019	Se anexa matriz de hallazgos y respuestas
A1	1.4.2 Uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales renovables durante la construcción del proyecto. 1.5.4.1.12.3 Calidad de aire	03-2020	Matriz control de cambios

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de revisión		0
Responsable por elaboración	Nombre	Katherine Martínez
	Firma	
Responsable por elaboración	Nombre	Katherine Rodríguez
	Firma	
Responsable por elaboración	Nombre	Carlos Guerrero
	Firma	
Responsable por elaboración	Nombre	Diana Malagón
	Firma	



Responsable por revisión	Nombre	Katherine Martínez
Coordinador Proyecto	Firma	
Responsable por aprobación	Nombre	Mónica Pescador
Gerente de Proyecto	Firma	
	Fecha	marzo de 2020

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN A LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 GENERALIDADES	8
1.1 INTRODUCCIÓN	8
1.1.1 Localización	9
1.1.2 Justificación (del proceso de modificación de licencia)	10
1.1.3 Objetivos del proyecto	11
1.1.4 Objetivo del estudio de impacto ambiental	13
1.1.5 Actividades generales del proyecto	13
1.2 ANTECEDENTES	14
1.2.1 Licencia Ambiental Ordinaria (Resolución 1157 del 10 de enero de 2000)	15
1.2.2 Estudios previos	15
1.2.3 Superposición de licencias	16
1.2.4 Superposición con comunidades étnicas	27
1.3 MARCO NORMATIVO	28
1.3.1 Autoridad Ambiental	28
1.3.2 Trámites ante Autoridades Ambientales	30
1.3.3 Normatividad para el componente Abiótico	31
1.3.4 Normatividad para el componente Biótico	35
1.3.5 Normatividad para el componente Socioeconómico	36
1.4 ALCANCE	37
1.4.1 Alcance de las actividades objeto de modificación	37
1.4.2 Uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales renovables durante la construcción del proyecto.	38
1.4.3 Estimación de la mano de obra requerida	39
1.4.4 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades	39
1.4.5 Impactos producidos por el proyecto	40
1.4.6 Estructura del Plan de Manejo Ambiental (PMA) y Plan de Seguimiento y Monitoreo (PSM)	41
1.5 METODOLOGÍA	43
1.5.1 Descripción del proyecto	43
1.5.2 Definición área de influencia	46
1.5.3 Proceso delimitación área de influencia definitiva	48
1.5.4 Caracterización del área de influencia	53
1.5.5 Zonificación ambiental	108
1.5.6 Evaluación de Impacto Ambiental	115
1.5.7 Evaluación Económica Ambiental	122
1.5.8 Zonificación de manejo ambiental	135
1.5.9 Plan de Contingencias	141
1.6 PROFESIONALES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO	147

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN A LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Etapa y actividades para la modificación de la Licencia ambiental de la Refinería de Cartagena	14
Tabla 1.2 Principales estudios realizados para la Refinería de Cartagena	15
Tabla 1.3 Proyectos que se superponen con el Área de Influencia de la modificación	16
Tabla 1.4 Impactos potencialmente acumulativos y sinérgicos	18
Tabla 1.5 Síntesis superposición de proyectos	20
Tabla 1.6 Medidas que contemplan los impactos significativos evidenciados	26
Tabla 1.7 Antecedentes Expediente LAM 0761	29
Tabla 1.8 Marco Normativo Abiótico	31
Tabla 1.9 Marco Normativo Biótico	36
Tabla 1.10 Marco Normativo Socioeconómico	36
Tabla 1.11 Cronograma de actividades y los costos asociados al proyecto	39
Tabla 1.12 Impactos identificados para la presente modificación	40
Tabla 1.13 Programas y Fichas de Manejo Ambiental	42
Tabla 1.14 Programas y Fichas de Seguimiento y Monitoreo	42
Tabla 1.15 Etapa y actividades para la modificación de la Licencia ambiental de la Refinería de Cartagena	49
Tabla 1.16 Impactos identificados para la presente modificación	51
Tabla 1.17 Rangos de pendientes	57
Tabla 1.18 Estaciones meteorológicas empleadas	59
Tabla 1.19 Descripción patrones de drenaje con base en su forma	60
Tabla 1.20 Clasificación de cuenca de la FAO en función del índice de compacidad	65
Tabla 1.21 Valoración de parámetros Método GOD	69
Tabla 1.22 Leyenda zonas potenciales de recarga	69
Tabla 1.23 Monitoreos calidad de agua	71
Tabla 1.24 Categorías y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables	74
Tabla 1.25 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno	74
Tabla 1.26 Leyenda del mapa de zonificación climática	76
Tabla 1.27 Monitoreos de aire	77
Tabla 1.28 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).	78
Tabla 1.29 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas nuevas con capacidad igual o superior a 20 MW por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).	78
Tabla 1.30 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración existentes, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).	79
Tabla 1.31 Fuentes fijas de emisión monitoreadas	79
Tabla 1.32 Monitoreos de ruido	80

Tabla 1.33 estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(a).	81
Tabla 1.34 Criterios para la diferenciación de fustales, latizales y brinzales	86
Tabla 1.35 Parámetros estructurales e índices de diversidad	89
Tabla 1.36 Principales fuentes bibliográficas y sistemas de información consultados para la obtención de información secundaria	100
Tabla 1.37 Principales fuentes bibliográficas	101
Tabla 1.38 Agenda de reuniones de inicio	104
Tabla 1.39 Proceso de convocatoria segundo momento	105
Tabla 1.40 Desarrollo de reuniones de resultados	106
Tabla 1.41 Fuentes Principales de Información (Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales)	107
Tabla 1.42 Categorías de calificación para la sensibilidad ambiental	111
Tabla 1.43 Categorías de calificación para la importancia ambiental	112
Tabla 1.44 Matriz de interacciones sensibilidad / importancia ambiental (S/I)	113
Tabla 1.45 Componentes ambientales considerados en la zonificación de un área	113
Tabla 1.46 Parámetros de valoración de impactos ambientales	116
Tabla 1.47 Importancia de los impactos ambientales	120
Tabla 1.48 Rangos de Probabilidad de ocurrencia y evidencia	120
Tabla 1.49 Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin Proyecto	121
Tabla 1.50 Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin Proyecto	121
Tabla 1.51 Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Sin Proyecto	121
Tabla 1.52 Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Con Proyecto	122
Tabla 1.53 Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Con Proyecto	122
Tabla 1.54 Clasificación para la valoración del tiempo de recuperación	126
Tabla 1.55 Clasificación para la valoración de la eficacia de la medida de manejo	126
Tabla 1.56 Grados de Recuperabilidad esperada con el transcurso del tiempo	127
Tabla 1.57 Clasificación para la valoración de la importancia con medida de manejo	129
Tabla 1.58 Métodos sugeridos Términos de referencia M-M INA – 01	133
Tabla 1.59 Interpretación del indicador VPNE	134
Tabla 1.60 Interpretación de la Relación Beneficio Costo-RBC	134
Tabla 1.61 Matriz de homologación	135
Tabla 1.62 Definición de ámbitos de manifestación según cualificación de impactos	136
Tabla 1.63 Matriz de Categorías de Manejo Ambiental según cualificación de impactos.	138
Tabla 1.64 Análisis “If” y su categoría de manejo ambiental	139
Tabla 1.65 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas	142
Tabla 1.66 Criterios para la calificación de consecuencias	143
Tabla 1.67 Categorías para el nivel de exposición	144
Tabla 1.68 Criterios para definir el nivel del riesgo del entorno hacia el proyecto	145
Tabla 1.69 Definición del nivel de riesgo	145
Tabla 1.70 Profesionales que intervinieron en la elaboración del EIA	147

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN A LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1 Localización Refinería de Cartagena S.A.S.	10
Figura 1-2 Ubicación de proyectos licenciados en el Área de Influencia físico-biótica de la Refinería de Cartagena S.A.S.	17
Figura 1-3 Certificación comunidades para el AI de la Resolución 2102 de 2008	27
Figura 1-4 Certificación comunidades para el AI definida para la presente modificación	28
Figura 1-5 Abordaje Metodológico para la descripción del proyecto	43
Figura 1-6 Esquema balance de masas	45
Figura 1-7 Proceso general de identificación del área de influencia (AI)	46
Figura 1-8 Esquema para la delimitación del área de influencia definitiva del Proyecto	47
Figura 1-9 Componentes por medio	51
Figura 1-10 Esquema de jerarquización geomorfológica	57
Figura 1-11 Diagrama Metodológico para Obtener la Zonificación Geotécnica	73
Figura 1-12 Insumos para construcción de Ecosistemas en el área de estudio del proyecto	84
Figura 1-13 Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de ecosistemas con coberturas de bosque y vegetación secundaria alta	86
Figura 1-14 Diagrama de distribución de subparcelas	87
Figura 1-15 Formulario para captura de atributos dasométricos	98
Figura 1-16 Integración de medios usados en la zonificación	110
Figura 1-17 Esquemática de cruce de mapas temáticos Utilizando la ponderación por máximos	114
Figura 1-18 fases del proceso de evaluación económica de los impactos ambientales del proyecto	124
Figura 1-19 Metodología Zonificación de Manejo Ambiental	140
Figura 1-20 Estructura para el análisis de riesgo tecnológico	146

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La entrada en la fase de operación de la Refinería de Cartagena una vez concluidas las obras de modernización autorizadas mediante Resolución 0511 de 2010 el 18 de agosto del 2016, como consta en el oficio con radicado 2016050417-1-000 remitido por la Refinería de Cartagena S.A.S. a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA-, permite integrar al desarrollo del sector Oil & Gas del país un nodo en la cadena de producción-procesamiento-venta que con altos desarrollos tecnológicos, los mayores estándares de calidad y bajo el estricto cumplimiento ambiental permite el procesamiento de los crudos livianos y pesados provenientes de los diferentes campos de producción ubicados al interior del país, así como de los provenientes de transacciones internacionales, asegurando productos con mayor valor, con mayores niveles de rentabilidad y con una producción más limpia.

La capacidad de refinación actual de la Refinería de Cartagena, con carga completa, es de 165.000 barriles por día -BPD (165 KBPD -kilo barriles por día), de los cuales el 97.7% se transforma en productos valiosos tales como: LGP, Nafta, Gasolina, Jet Fuel, Diesel, entre otros. Esta producción se adelanta en las 34 unidades de procesos que componen la Refinería.

Desde el inicio de la fase de operación de la Refinería de Cartagena en agosto de 2016, los esfuerzos de la operación se han centrado en la optimización y generación de eficiencias en cada una de sus operaciones. Bajo esta iniciativa se ha identificado que las condiciones de operación de la Refinería pueden lograr, mediante reconfiguraciones espaciales de los actuales equipos, utilizations secuenciales, iterativas y conjuntas de sus 34 unidades de producción y optimizaciones tecnológicas, un incremento en la producción de hasta 245.000 BPD (245 KBPD).

El interés de ampliar los valores diarios de producción redundará en un incremento en la generación de valor de la Refinería al ampliar los volúmenes de productos valiosos generados, así como lograr el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada de las unidades de producción y al incluir dentro del proceso operacional el uso conjunto de la totalidad de las unidades consideradas en la refinería antigua y en la nueva se reduce el impacto en la producción ocasionado por las paradas para mantenimiento, según las condiciones normales de operación.

Con el objetivo de lograr los incrementos estimados que corresponden a los valores de producción máxima para la Refinería de Cartagena, de acuerdo a las condiciones y unidades de producción existentes actualmente, se presenta a continuación el Estudio de Impacto Ambiental que hace parte del trámite para la obtención de la modificación de la Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, modificada por la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y la Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010, mecanismo que actualizará el instrumento de gestión ambiental de la refinería concentrándolo en las actividades y manejos propios de la operación.

1.1.1 Localización

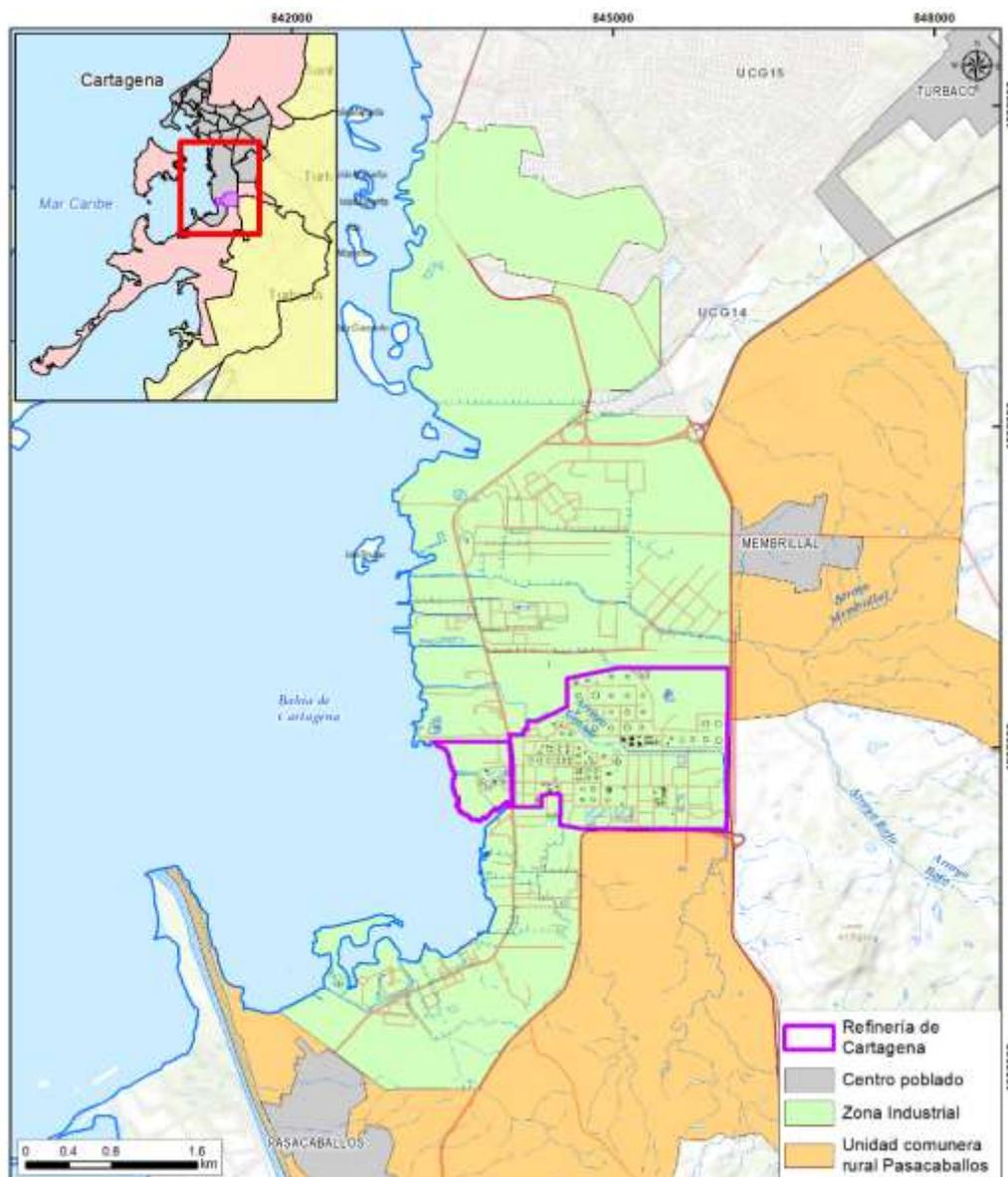
La Refinería de Cartagena, se localiza en la Zona Industrial de Mamonal perteneciente a la Localidad III – Industrial y de la Bahía, del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias en el departamento de Bolívar; aproximadamente a siete (7) Kilómetros al sur de la ciudad, sobre la margen oriental de la Bahía de Cartagena y a tres (3) Kilómetros del Canal del Dique.

La Zona Industrial de Mamonal, denominada a partir de este momento como ZIM, se extiende a lo largo de unos 14 kilómetros de la bahía de Cartagena y cubre un área aproximada de unas 3100 hectáreas. Se ubican en él unas 100 empresas dedicadas a la transformación o producción de alimentos, plásticos, químicos, plaguicidas, abonos, curtiembres, cemento, petróleo, eléctricos y metalmecánicos, entre otros.

La Refinería de Cartagena, se encuentra dentro del grupo de actividades Mixtas tipo 5: Industrial pesado y portuario, acorde a lo establecido en la quinta determinante de zonificación: áreas de actividad para el desarrollo del suelo privado, adoptado mediante el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias – Componente Urbano Decreto 0977 de 2001, el cual fue modificado por el Acuerdo 033 de 2007. Ocupa el 10% del área total del corredor industrial que corresponde a 300,3 ha. A su alrededor podemos encontrar a las siguientes compañías, industria naval, marítima y fluvial, helipuertos, muelles entre otros: Petróleos del Milenio C. I. S.A., COTECMAR, Mexichem Resinas Colombia S.A., Propilco S.A., Zona Franca La Candelaria, Gecolsa SA. Caterpillar, Worldtex. Giptech S.A, Fepco, Distriservices S.A., Logicomex y SIA, Cargoloc, Golosinas Trululu, Glormed CIA, Tarson, SLC-Schwin Cargo, Gestión cargo, Comai, Cedetec, Divco Comestibles, Dissan, Galvanizadora de la Costa , Roldan y Cia , Comensa , Gases industriales de Colombia S.A., Fábrica Nacional de Oxígeno S.A (Planta), Cryogas, ORCO S.A., Frigorífico metropolitano, IPE Ltda., Cerámica Italia, Espejos S.A., CT Fusión, Plexport, Intergas S.A., Gasan S.A., Portagas S.A E.S.P II, Chevrom Texaco Petroleum Company, Exxon Mobil de Colombia S.A. P de Comb, Aceros Diaco, Greiff Colombia S.A., Cartagas S.A., Quimor S.A., Estación de servicio Esso Mamonal, Cofrecol Ltda - Est. Esso Mamonal, Incolproy Est. Mamonal, Diment - Est. Esso Mamonal, Urigo Ltda. Est. Esso Mamonal, Siemens, Databank, Banco de Bogotá, Ecopetrol (Refinería), Tractocamiones del Caribe S.A., Exxon Mobil de Colombia S.A. P Lub., Ambar S.A., Ajoover S.A., Líquido Carbonico Colombiano S.A., Bodega Ajoover, Brinsa S.A., Abocol S.A., Sipor Ltda., Sociedad Portuaria Mamonal S.A., Cabor Colombiana S.A., Hotel La Vía, Subestación Electricaribe, Subestación Surtigas, helipuerto Puesto Militar infantería de Marina, Helipuerto de Ajoover S.A., helipuerto de Abocol S.A., helipuerto de rinsa S.A., helipuerto de Cotecmar, muelle Texaco, Muelles de Exxon Mobil de Colombia P. de Comb., Muelle de Ecopetrol Refinería, Muelle de Ecopetrol GLP, Muelle de Ajoover S.A., Muelle de Sociedad Portuaria de Mamonal (Abocol), antiguas instalaciones de A&W Paad (Ant. Inst:).

En la Figura 1-1 se presenta la ubicación geográfica de la Refinería de Cartagena S.A.S.

Figura 1-1 Localización Refinería de Cartagena S.A.S.



Fuente: Decreto 0977 de 2001 modificado por el acuerdo 033 de 2007.

1.1.2 Justificación (del proceso de modificación de licencia)

Actualmente la Refinería de Cartagena se encuentra en su etapa de operación y ha culminado con éxito su etapa de estabilización de procesos, dando como resultado la

refinación de 150¹ kilo barriles por día (KBPD) de crudo generando productos refinados, mediante la operación de las 34 unidades que conforman el complejo industrial, impactando positivamente el PBI industrial de la región y del país (ver Anexo 1/aspectos legales/Notificación inicio de operaciones de la Refinería de Cartagena – Expediente LAM 0761).

Con base a lo anterior y afirmando que en la configuración actual de la refinería se cuenta con equipos de última tecnología al servicio de la operación, se plantea la integración de las unidades de destilación combinada (atmosférica y vacío) también llamadas plantas de crudo U-100 y U-001, esta última perteneciente a la refinería original, así como de sus unidades auxiliares. Lo anterior, con el fin de incrementar paulatinamente la capacidad de carga de 165 KBPD (capacidad nominal máxima de diseño dada por el equipo, la cual fue aprobada bajo Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008, artículo primero) a 245 KBPD, con el fin de incrementar volúmenes de producto refinado.

Cabe mencionar que la unidad de destilación combinada U-001, entre otras, se encuentra aprobadas en la Resolución 1107 del 2000, sin embargo, durante el proceso de modificación de Licencia Ambiental presentada en el año 2010, no se solicitó la operación simultánea de dichas unidades, ni la desincorporación del activo, por tal razón, se decide dejar la unidad U-001 y asociadas en estado de preservación, esto con el fin de evitar el deterioro interno y externo de los equipos.

Teniendo en cuenta la demanda actual del mercado y buscando obtener cada vez combustibles más limpios que den cumplimiento a los estándares internacionales, se decide solicitar la modificación de las actividades licenciadas mediante Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, modificada por la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y la Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010.

1.1.3 Objetivos del proyecto

1.1.3.1 Objetivo General

Modificar las actividades licenciadas mediante Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, modificada por la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y la Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010, que otorga la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena, con miras a:

- i. Incrementar la capacidad de refinación de la Refinería de Cartagena paulatinamente de 165 KBPD a 245 KBPD, para lo cual se llevará a cabo la interconexión de la planta de crudo perteneciente a la configuración original de la Refinería (actualmente en estado de preservación), denominada U-001, a las demás unidades de proceso y servicios auxiliares.
- ii. Desistimiento de actividades asociadas al Terminal Portuario, localizado en el área

¹ Este valor corresponde a la carga por diseño, sin embargo, la capacidad tiene un factor de sobre diseño del 10% que permite procesar 165.000 BPD.

marino-costera adyacente a la Refinería de Cartagena S.A.S, en la Zona Industrial de Mamonal, integrado por las zonas que se describen a continuación:

- Zona marítima accesoria de Pasarela.
- Zona marítima accesoria de muelle, atraque y maniobra.
- Zona bienes de Playa y Bajamar
- Actividades de atraque y maniobras de cargue de petcoque en la dársena del muelle Roll-on/Roll-off.

Solo se mantendrá el Área de Dársena de Barcazas, la cual cuenta con un muelle que posee un sistema de desembarque denominado Roll on Roll off o Ro-Ro, en donde se realizará el cargue-descargue de maquinaria pesada y transporte de personal.

1.1.3.2 Objetivos Específicos

- i. Operación alterna (independiente) y/o paralela (simultánea) de las unidades de destilación combinada (atmosférica y vacío) denominadas U-100 y U-001, de acuerdo con las necesidades de la operación.
- ii. Optimizar la operación de las unidades que conforman el proceso de refinación, las cuales tendrán la posibilidad de trabajar en rangos de mayor carga, mejorando la eficiencia, confiabilidad y costos asociados a los procesos, sin superar la carga máxima de 245KBPD
- iii. Maximizar el aprovechamiento de la capacidad nominal de las unidades de proceso.
- iv. Incorporar a la operación equipos disponibles al interior de la refinería que actualmente se encuentran en estado de preservación (Aprobadas mediante Resolución 2102 de 2008).
- v. Adecuación, modificación y optimización de áreas de almacenamiento (área 1000 / área 3000), despacho (área 21 / área GLP) y talleres de mantenimiento.
- vi. Solicitud de permiso para once (11) nuevas fuentes fijas de emisión y solicitud de aprovechamiento forestal para individuos arbóreos que se encuentran en áreas operativas, poniendo en riesgo la operación actual y proyectada.

1.1.3.2.1 Desistimiento de Actividades Licenciadas

La Refinería de Cartagena ha decidido desistir de las actividades a realizar en las áreas asociadas al Terminal Portuario de la refinería, localizado en el área marino-costera adyacente a la misma, las cuales fueron autorizadas bajo el artículo 2 de la Resolución 0511 del 12 de marzo de 2010, estas corresponden a:

- i. Una pasarela (Trestle) de 1340 m de longitud y un ancho de 14.35 m en su parte superior, dividido en tres secciones de ancho variable, una para paso de vehículos y las otras donde se ubicarán las bandas transportadoras de Petcoque y azufre.
- ii. Dos plataformas de carga que se comunican entre sí, de longitud 30 m y ancho 50 m y que permiten la carga de dos buques de manera simultánea, orientada a 295 grados respecto al norte. Estas plataformas permiten

- atender buques de entre 85.000 y 120.000 DWT, sin embargo, se diseñará para que a futuro pueda atender buques de hasta 180.000 DWT. En la plataforma 1 se manejará petróleo crudo, y diesel de bajo contenido de azufre - ULSD, mientras que en la plataforma 2 se manejarán los productos antes mencionados más coque de petróleo.
- iii. Una plataforma de carga, de 30 m de longitud y 15 m de ancho, con capacidades para atender buques de entre 15.000 a 50.000 DWT. Esta plataforma estará ubicada sobre el extremo suroeste de la pasarela y en ella se manejarán amoníaco, petróleo crudo, diesel de bajo contenido de azufre, así como azufre sólido.
 - iv. Sistema de atraque y amarre de buques (plataformas de carga) remolcadores y barcasas.
 - v. Sistema de manejo de Coque de petróleo y azufre sólido, conformado por una banda transportadora de 1308 m y 60 cm de diámetro; una torre de transferencia al inicio del muelle; un cargador de barcos o shiploader; una banda transportadora de azufre de longitud aproximada de 1089 m; una torre de transferencia desde donde parte la banda y un cargador de buque.
 - vi. Tuberías de distinto diámetro para la importación y exportación de hidrocarburos y amoníaco y tuberías de servicio (agua contra incendio, vapor, etc.).
 - vii. Dragado de relimpia de 90000 m³ de la dársena de Barcasas y del canal de acceso a la dársena de barcasas, incluyendo la construcción en tierra de piscinas para la disposición del material dragado. Dichas piscinas tendrán una capacidad para disponer 100000 m³ de material y unas dimensiones de 314 m de largo por 118 m de ancho.

Solo continuará con la zona de maniobras de barcasas en la dársena del muelle Roll-on/Roll-off para el manejo de cargas extrapesadas y extra dimensionadas al igual que el transporte de personal.

Refinería de Cartagena no requerirá del manejo del amoníaco para sus procesos, por ende, renuncia a lo autorizado previamente por la Resolución 0511 del 12 de marzo de 2010.

1.1.4 Objetivo del estudio de impacto ambiental

Modificar la Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, modificada por la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y la Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010, que otorga la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena, con el fin de viabilizar el aumento paulatino de producción de la Refinería de Cartagena de 165 KBPD a 245 KBPD, teniendo como base la descripción, caracterización y análisis realizados a los medios abiótico, biótico y socioeconómico, la identificación y evaluación de los impactos y el establecimiento de las medidas de manejo ambiental, con sus respectivos indicadores de seguimiento y monitoreo.

1.1.5 Actividades generales del proyecto

En la Tabla 1.1 se presentan las actividades objeto de la modificación de licencia, las cuales son necesarias para el alcance de los objetivos generales y específicos del proyecto, estas

presentan alguna interacción con el medio (abiótico, biótico o socioeconómico) por lo que su impacto es evaluado en el Capítulo 5. Cabe mencionar que las actividades de la etapa de operación se encuentran licenciadas y forman parte de la producción actual, pero las condiciones de operación tendrán alguna variación de acuerdo con el aumento de la capacidad de carga propuesto.

Tabla 1.1 Etapa y actividades para la modificación de la Licencia ambiental de la Refinería de Cartagena

Etapa	Sub- Etapas	No	Actividad
Operación	1. Mantenimiento y Adecuación	1	Remoción de cobertura vegetal y descapote
		2	Excavación, relleno y compactación del terreno
		3	Fundición de estructuras en concreto reforzado
		4	Adecuación y funcionamiento de áreas de operación
		5	Montaje de equipos
		6	Pruebas de hidrostática y hermeticidad
		7	Interconexiones, tendido y cambio de posición de líneas de flujo
		8	Arranque y puesta en marcha de equipos, líneas de flujo o unidades
		9	Mantenimiento general de instalaciones
	2. Operación	10	Destilación combinada (atmosférica y al vacío)
		11	Generación de vapor y energía
		12	Desintegración catalítica y térmica
		13	Generación de Hidrógeno
		14	Recuperación de azufre
		15	Tratamiento de Nafta
		16	Tratamiento de Diesel
		17	Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados
	3. Otras	18	Contratación de personal y capacitación
		19	Movilización de vehículos, maquinaria y equipos
		20	Responsabilidad social empresarial

Fuente: Concol by WSP., 2019.

Tener en cuenta que las demás actividades correspondientes a la operación ya fueron licenciadas y son objeto de seguimiento vía ICA (Informe de cumplimiento ambiental).

1.2 ANTECEDENTES

El 7 de diciembre de 1957, la Internacional Petroleum Co. Ltd. inauguró la Refinería de Cartagena, después de varios meses de intensivos trabajos. Su ubicación en el área de Mamonal, actual zona industrial de la ciudad de Cartagena fue elegida debido a la existencia del Terminal del Oleoducto de la Andian National Corporation, hoy terminal de Refinería, las facilidades portuarias de la Bahía y su proximidad a la ciudad.

Ecopetrol la adquirió en 1974 aumentando su capacidad de refino hasta 70.7 KBD en la Planta de Destilación Combinada - Crudo-, 29 KBD en Ruptura Catalítica y 5.8 KBD en Polimerización.

1.2.1 Licencia Ambiental Ordinaria (Resolución 1157 del 10 de enero de 2000)

Para el año 2000, por medio de la Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, el Ministerio de Medio Ambiente otorgó Licencia Ambiental Ordinaria a la Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL, hoy ECOPETROL S.A., para el proyecto de “Construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de Cartagena”, ubicada en la zona industrial de Mamonal, jurisdicción de Cartagena de Indias Distrito Cultural y Turístico en el departamento de Bolívar.

En el año 2006, Glencore, con el 51% de participación y Ecopetrol con el 49%, crearon la sociedad Refinería de Cartagena S.A. con el fin de adelantar el proyecto de modernización y ampliación de la Refinería, cediendo parcialmente la Licencia Ambiental a favor de la empresa Refinería de Cartagena S.A. – REFICAR mediante la Resolución 349 del 28 de febrero de 2007.

1.2.1.1 Modificación a la Licencia Ambiental Ordinaria (Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008)

En el año 2008, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la Resolución 2102 del 28 de noviembre modificó la Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, en el sentido de incluir actividades relacionadas con la Ampliación de la Refinería de Cartagena.

1.2.1.2 Modificación a la Licencia Ambiental (Resolución 511 del 12 de marzo de 2010)

En el año 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la Resolución 511 del 12 de marzo modificó la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008, en el sentido de incluir las instalaciones del Terminal Portuario, localizado en el área costera adyacente a la Refinería de Cartagena.

1.2.2 Estudios previos

Para la Refinería de Cartagena se han presentado estudios ambientales a las autoridades con el fin de poder ejecutar las diferentes actividades proyectadas. El listado de dichos estudios se presenta en la Tabla 1.2

Tabla 1.2 Principales estudios realizados para la Refinería de Cartagena

Estudio	Año	Elaborado por
Estudio de Impacto Ambiental. Plan Maestro Refinería de Cartagena.	1997	Empresa Colombiana de Petróleos – Ecopetrol-

Estudio	Año	Elaborado por
Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la licencia ambiental del proyecto de construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de Cartagena.	2008	ARAÚJO IBARRA. Consultores en Negocios Internacionales
Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la licencia ambiental del proyecto de construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de Cartagena por adición del terminal portuario.	2009	ARAÚJO IBARRA. Consultores en Negocios Internacionales

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S., 2018

Así mismo, dentro de las fuentes de información secundaria consultadas se consideró el Plan de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de Cartagena de Indias (2001) y Plan de Desarrollo Municipal “Primero la Gente” de la ciudad de Cartagena de Indias (2016-2019).

1.2.3 Superposición de licencias

Se realizó la consulta en la página web del Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC, de lo cual se tiene la información de la Tabla 1.3.

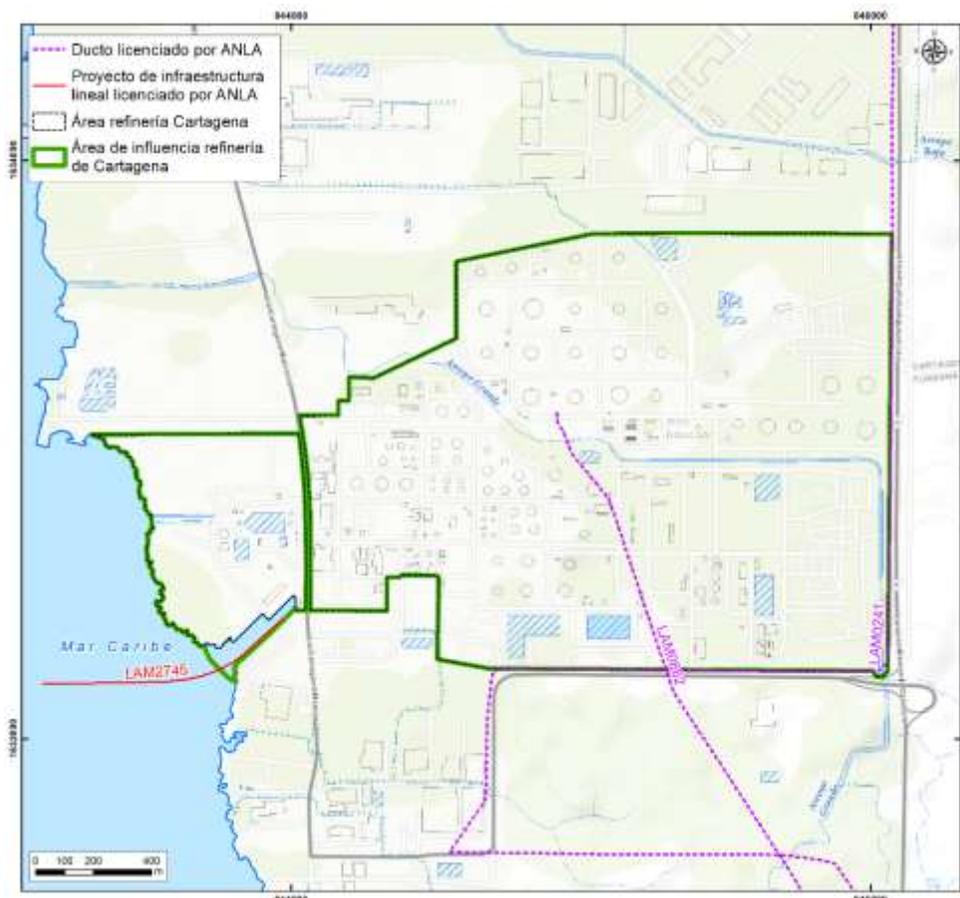
Tabla 1.3 Proyectos que se superponen con el Área de Influencia de la modificación

Tipo de proyecto	Expediente	Operador	Proyecto	Observaciones
Ducto	LAM0862	CENIT - Transporte y Logística de Hidrocarburos.	Combustoleoducto Galán - Ayacucho-Coveñas – Cartagena	Línea de 18" Coveñas Cartagena. Resolución 720 del 18 de julio de 2013
	LAM0241	PROMIGAS S.A. E.S.P.	Construcción y operación gasoducto de la costa atlántica, (Ballena Cartagena, Barranquilla), y construcción del loop Palomino La Mami.	Gasoducto troncal, variante Sabanagrande Santo Tomas y estaciones Ballena y Arenosa
Infraestructura	LAM2745	EXXON MOBIL DE COLOMBIA S.A.	Plataforma marina para el recibo bases lubricantes Exxonmobil de Colombia - Mamonal	Res.1318 de 2003, modificada por la Resolución 431 de 2006. En seguimiento

Fuente: ANLA adaptado por Concol by WSP, 2019.

En la Figura 1-2 se observan los proyectos que se superponen con el área de influencia físico-biótica de la Refinería de Cartagena S.A.S.

Figura 1-2 Ubicación de proyectos licenciados en el Área de Influencia físico-biótica de la Refinería de Cartagena S.A.S.



Fuente: Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC-ANLA, 2019.

Teniendo en cuenta lo anterior se generan dos (2) tipos de comunicados (ver Anexo 01. Información primaria):

- i. Solicitando confirmación de superposición de los proyectos licenciados, dentro del trámite de ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA - PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL DE LA REFINERÍA DE CARTAGENA.
- ii. Solicitando a los operadores CENIT, PROMIGAS S.A. E.S.P y EXXON MOBIL DE COLOMBIA S.A., información con el objetivo de construir de manera conjunta un acuerdo de entendimiento acerca de la superposición de instrumentos ambientales, con el fin de indicarle a la autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) que ambos proyectos pueden coexistir sin conflicto alguno.

1.2.3.1 Evaluación de impactos sinérgicos y acumulativos

El análisis de acumulación y sinergia se basa en la confluencia espacial de efectos generados por las actividades o proyectos tanto del escenario sin proyecto como del escenario con proyecto.

Para el desarrollo de este análisis se realizó inicialmente la revisión de los expedientes de cada uno de los proyectos con los que se presentan superposición, los cuales se encuentran en el archivo de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). El ejercicio tuvo como objetivo verificar el estado de estos, e identificar los impactos y las medidas de manejo asociadas a cada proyecto, con el fin de generar un análisis de impactos significativos que podrían converger espaciotemporalmente, componentes y elementos que podrían verse afectados, así como un análisis de responsabilidades y medidas de manejo, con el fin de demostrar la coexistencia de proyectos. Dado que los proyectos se encuentran en la misma área, se realizó un análisis de manera integral.

Por otro lado, se realiza la correlación de impactos potencialmente acumulativos y sinérgicos, generados por Refinería de Cartagena para los escenarios sin proyecto y con proyecto, relacionando la máxima significancia ambiental de los mismos (mediante el uso de gradientes de colores) (ver Tabla 1.4)

Tabla 1.4 Impactos potencialmente acumulativos y sinérgicos

Componente	Impacto	Actividad sin proyecto	Actividad con proyecto	Nivel de importancia / significancia ambiental del impacto
Calidad del aire	Cambio en la concentración de gases	Actividades licenciadas en la zona	Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío Desintegración catalítica y térmica Generación de agua desmineralizada, energía y producción de vapor Generación de Hidrógeno Hidrotratamiento de Diesel Hidrotratamiento de Nafta Recuperación de azufre	Localizado/ Media
Características de las aguas superficiales	Alteración de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua superficial	Actividades industriales	Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados Arranque y puesta en marcha de equipos, líneas o unidades Desintegración catalítica y térmica Generación de agua desmineralizada, energía y producción de vapor	Localizado/ Media

Componente	Impacto	Actividad sin proyecto	Actividad con proyecto	Nivel de importancia / significancia ambiental del impacto
			Mantenimiento general de instalaciones Recuperación de azufre	
Recursos hidrobiológicos	Modificación de la calidad del hábitat acuático	Actividades industriales	Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados Desintegración catalítica y térmica Generación de agua desmineralizada, energía y producción de vapor Recuperación de azufre	Localizado/ Baja

Fuente: Concol by WSP, 2019.

En total se identifican tres (3) impactos como potencialmente acumulativos; los cuales se pueden manifestar en los componentes aire, agua superficial y recursos hidrobiológicos. Una vez establecidos los impactos significativos potencialmente acumulativos entre escenarios, se procedió a identificar puntualmente que actividades serían las generadoras de dichos impactos. Para el escenario con proyecto se identificaron las actividades Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío, Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados, Arranque y puesta en marcha de equipos, líneas o unidades, Desintegración catalítica y térmica, Generación de agua desmineralizada, energía y producción de vapor, Mantenimiento general de instalaciones, Recuperación de azufre Generación de Hidrógeno, Hidrotratamiento de Diesel e Hidrotratamiento de Nafta. Las actividades señaladas se consideran generan los aspectos ambientales que interactúan con el medio generando potenciales cambios o impactos ambientales.

Con relación al escenario sin proyecto las actividades licenciadas en la zona y las actividades industriales son las que podrían generar acumulación de efectos en el medio.

A continuación, se muestra la síntesis del análisis realizado a los diferentes proyectos que se superponen teniendo en cuenta las distancias de seguridad de cada uno de ellos (derechos de vía) y el área de influencia directa de la modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena S.A.S, según el orden de intersección a lo largo del proyecto.

Tabla 1.5 Síntesis superposición de proyectos

Tipo de proyecto licenciado por la ANLA	Denominación del proyecto	Expediente	Resolución	Objetivo del proyecto	Impactos significativos y medidas de manejo	Operador
Ductos	Combustoleoduc Galán - Ayacucho-Coveñas – Cartagena	LAM0862	Resolución 720 del 18 de julio de 2013	El objetivo del proyecto y su infraestructura asociada es transportar el combustóleo y crudo mezcla, desde Galán hasta Cartagena	<p>La mayor valoración ambiental (media), se otorgó a los impactos sobre el componente atmosférico, que modifica los niveles de presión sonora en la actividad operación de las unidades de bombeo. La generación de aguas residuales domésticas e industriales durante las actividades de operación y mantenimiento de los pozos sépticos, de los campos de infiltración, del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales (Separador API y piscina de oxidación) y de la laguna de oxidación, debido a que las aguas superficiales, las aguas subterráneas y el suelo, se ven directamente afectados por estas actividades, sin embargo el tratamiento utilizado tanto para el agua residual doméstica, como para el agua residual industrial, generan aguas de vertimiento que cumplen con el decreto 1594 de 1984 de acuerdo a los artículos 72 y 74.</p> <p>La generación de residuos sólidos peligrosos durante las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento impacta el componente geosférico ocasionando cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo, calificado con una significancia ambiental MEDIA, debido a los volúmenes generados y los periodos establecidos para el mantenimiento.</p>	Ecopetrol S.A.

Tipo de proyecto licenciado por la ANLA	Denominación del proyecto	Expediente	Resolución	Objetivo del proyecto	Impactos significativos y medidas de manejo	Operador
Ductos	Gasoducto de la Costa Atlántica	LAM0241	Resolución 1464 del 14 de diciembre de 1989	Sistema de gasoductos que forman parte del Sistema de Gasoductos de la Costa Atlántica de Promigas, y a su vez al Plan de Manejo Ambiental de este Sistema establecido por la Resolución 00751 del 30 de junio de 2017. Hacen parte del área de influencia indirecta del proyecto los gasoductos Loop Jobo-Mamonal y Loop 12" Heroica-Mamonal.	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1262 399 1682 781">i. Variación de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo: durante la adecuación de los patios de acopio, así como las instalaciones temporales, se realiza remoción de suelo orgánico que perderán muchas de sus propiedades físicas, adicionalmente, con la compactación de los otros horizontes las propiedades físicas se verán afectadas, afectando igualmente las propiedades biológicas y químicas. Durante la apertura de zanja se mezclarán los horizontes del suelo y se perderá la estructura de estos, ocasionando también la pérdida de la edafofauna. <li data-bbox="1262 813 1682 1073">ii. Modificación de las concentraciones de material particulado en el aire: La concentración de material particulado que actualmente existe en el área de intervención definida para el proyecto, puede tener un acrecentamiento durante el desarrollo de las actividades, debido al aumento de vehículos y maquinarias que estarán por el periodo de la construcción del gasoducto. <li data-bbox="1262 1105 1682 1365">iii. Variación de los niveles de presión sonora: La concentración de la presión sonora que actualmente existe en el área de intervención definida para el proyecto, puede tener un aumento durante el desarrollo de las actividades del proyecto, debido al aumento de vehículos y maquinarias, así como trabajadores que estarán por el periodo de la construcción del gasoducto. 	Promigas S.A. E.S.P.

Tipo de proyecto licenciado por la ANLA	Denominación del proyecto	Expediente	Resolución	Objetivo del proyecto	Impactos significativos y medidas de manejo	Operador
Infraestructura	Plataforma para el Recibo de Bases Lubricantes-Mamonal sobre la Bahía de Cartagena	LAM2745	Resolución 1318 del 04 de diciembre de 2003	<p>Sistema de recibo (Plataforma Marina) y una tubería para la conducción de las bases desde los buques tanqueros hasta el sitio de almacenamiento ubicado en la Planta. La tubería está conformada por dos tramos: uno submarino de 728m aproximadamente, y otro de 210m localizado sobre el sector de playa, el cual se conecta finalmente con la infraestructura ya existente en la Planta de Lubricantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> i. Cambio en la composición química del lecho marino durante la descarga de bases lubricantes solo si se presentaran fugas o roturas de la tubería en el momento que se esté descargando el producto, ya que los componentes pesados de las bases se mezclarían con los sedimentos marinos cambiando su composición química. ii. Alteración en la calidad fisicoquímica del suelo y cambio en la composición biológica del suelo durante el manejo de residuos peligrosos en caso de un inadecuado manejo (almacenamiento, transporte y disposición), si existiera contacto directo con el recurso. iii. Alteración en los elementos del paisaje durante el manejo de residuos peligrosos ya que una mala disposición de residuos peligrosos que vayan a tener contacto directo con las áreas de vegetación o el manglar puede producir una alteración en la composición biológica y muerte de individuos vegetales, afectando los elementos del paisaje y su calidad. iv. Alteración de la composición de los manglares durante el manejo de residuos peligrosos ya que cualquier tipo de residuo o componente peligroso de diferente origen, en el suelo o en el agua, puede producir cambios en las condiciones fisicoquímicas, afectando la composición de los manglares. Estos residuos son derivados de las 	ExxonMobil de Colombia S.A.

Tipo de proyecto licenciado por la ANLA	Denominación del proyecto	Expediente	Resolución	Objetivo del proyecto	Impactos significativos y medidas de manejo	Operador
					<p>operaciones normales de los buques, con excepción de aquellos que para su tratamiento o disposición final sean trasladados a instalaciones fijas en tierra.</p> <p>v. Cambio en la seguridad marítima (posible aumento de accidentalidad) durante la maniobra de aproximación del buque y atraque a la plataforma ya que la presencia del buque que hace parte de la operación misma de recibo de lubricantes concurre con la presencia de naves de otras empresas en la zona, pero también con las embarcaciones de pescadores, con lo cual aumenta la posibilidad de un accidente.</p> <p>vi. Generación de expectativas durante la maniobra de aproximación del buque y atraque a la plataforma y el manejo de residuos peligrosos debido a las expectativas que surgen en razón a las actividades propias del proyecto, entre ellas la generación y disposición de los residuos peligrosos que resultan de las actividades de limpieza y mantenimiento.</p> <p>vii. Alteración de la calidad fisicoquímica del agua marina durante la limpieza exterior y reflotamiento de la tubería submarina ya que, al someter las tuberías a fuerzas laterales, se podrían producir fisuras o cortes en las tuberías que generarían derrames del producto transportado, generando la alteración de las calidades fisicoquímica del agua marina, al</p>	

Tipo de proyecto licenciado por la ANLA	Denominación del proyecto	Expediente	Resolución	Objetivo del proyecto	Impactos significativos y medidas de manejo	Operador
					<p>presentarse emulsificación con los componentes volátiles de las bases.</p> <p>viii. Cambio en los niveles de presión sonora durante el corte, carga y transporte de tuberías ya que la maquinaria, equipos y herramientas que se utilizan para los cortes de tubería, tales como las sierras, producen decibeles (dB) que superan las normas de salud ocupacional y de ruido ambiental, puesto que las sierras pueden emitir de 90 a 110 dB, lo que representa la razón principal de que este impacto se considere severo. Es de aclarar que este impacto es puntual mientras se realice la actividad en mención, no es continuo.</p> <p>ix. Cambio en la concentración de material particulado durante el corte, carga y transporte de tuberías ya que el corte del revestimiento de concreto de la tubería submarina supone la emisión de material particulado de diferentes tamaños. Los vehículos de carga (grúas) y transporte generan además de material particulado y gases de combustión.</p> <p>Las medidas de manejo establecidas para los impactos significativos corresponden a Ficha AB-1 Descargue base de lubricantes, donde se propone prevenir la pérdida de base para lubricantes y la contaminación del medio marino durante el proceso de descarga. Ficha AB-2 Abandono y desmantelamiento instalaciones para prevenir la pérdida de base para lubricantes y la contaminación del medio marino durante el proceso de</p>	

Tipo de proyecto licenciado por la ANLA	Denominación del proyecto	Expediente	Resolución	Objetivo del proyecto	Impactos significativos y medidas de manejo	Operador
					<p>abandono y desmantelamiento de la Plataforma para el Recibo de Bases Lubricantes. Ficha AB- 3 manejo de residuos sólidos ordinarios y peligrosos para el manejo adecuado de los residuos sólidos ordinarios y peligrosos, que sean generados durante la operación de descarga de bases lubricantes, buscando con esto prevenir la afectación por estos residuos, de los componentes abiótico, biótico y socioeconómico del área de influencia.</p> <p>Ficha SE-1 Capacitación trabajadores con el fin de informar y comunicar a trabajadores de la Plataforma, las medidas de manejo y a actividades a implementar durante la operación de recibo de buque en la Plataforma para el Recibo de Bases Lubricantes. Ficha SE-2 Socialización Plan de Manejo Ambiental con el fin de dar a conocer a todos los trabajadores de la Plataforma para el Recibo de Bases Lubricantes el Plan de Manejo Ambiental.</p>	

Fuente: Concol by WSP, 2019.

1.2.3.2 Análisis de superposición de proyectos con el área de influencia del proyecto

Como se observa los proyectos identificados existen actualmente en la zona y las actividades que se desarrollan son puntuales y siguen los planes de manejo ambiental establecidos para cada una de las licencias, con el fin de ocasionar la menor afectación al medio.

No obstante, se evidencia que la confluencia de proyectos puede ocasionar posibles efectos sobre el componente atmósfera de la zona, ya que las actividades generan emisión de gases y aumento de la presión sonora, por la posible confluencia con la operación de los ductos y la plataforma marítima.

Dadas las características que implica el desarrollo de la modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena S.A.S, se plantearon una serie de medidas de manejo las cuales se presentan en el Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental, estas se establecen con el fin de prevenir, mitigar y corregir los impactos generados por la construcción y operación de la modificación de licencia, a continuación (Tabla 1.6), se listan las medidas que contemplan los impactos significativos evidenciados:

Tabla 1.6 Medidas que contemplan los impactos significativos evidenciados

PMA		
Componente	Acciones de Manejo	Impactos que maneja
Medio Abiótico	Manejo de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos	Alteración de las características fisicoquímicas y/o microbiológicas del suelo Alteración de las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua subterránea
	Manejo de sustancias químicas	Alteración de las características fisicoquímicas y/o microbiológicas del suelo Alteración de las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua subterránea Alteración de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua superficial
	Manejo de Aguas residuales industriales y domesticas	Alteración de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua superficial
	Manejo de las emisiones atmosféricas y Ruido Ambiental	Cambio en la concentración de gases Cambio en la concentración de material particulado Cambio en los niveles de presión sonora
Medio Biótico	Manejo del recurso hidrobiológico	Modificación de la calidad del hábitat acuático
Medio Socioeconómico	Gestión del riesgo de entorno	Generación de conflictos

Fuente: Concol by WSP, 2019

De acuerdo con las áreas de superposición de los diferentes proyectos analizados y los posibles impactos significativos que se pueden dar en común, se concluye que las medidas

de manejo propuestas para prevenir, mitigar y controlar los impactos potencialmente acumulativos de la modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena y las medidas de los proyectos identificados permitirán la coexistencia de proyectos en el área.

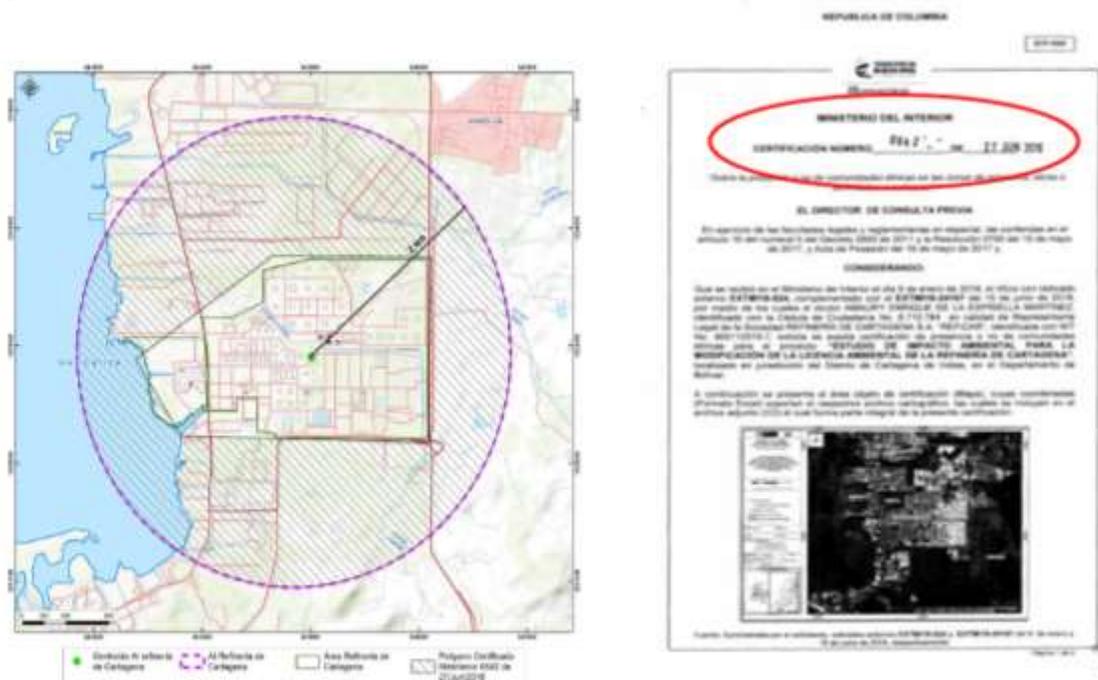
Adicionalmente, Refinería de Cartagena S.A.S dará cumplimiento de las medidas adicionales que llegare a requerir la autoridad ambiental, cumplimiento que será reportado en los respectivos Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA).

1.2.4 Superposición con comunidades étnicas

La Refinería de Cartagena S.A.S., solicito a Ministerio del Interior certificado sobre la presencia o no de grupos étnicos en el área de influencia de la Refinería de Cartagena S.A.S. definida mediante Resolución 2102 de 2008 y el Área de influencia determinada para la presente modificación, a través de los oficios con radicado EXTMI18-24167 del 12 de junio de 2018 y CTG-000717-2019-5 del 18 de septiembre de 2019 respectivamente. (Ver Anexo 01. Información Primaria, A-1.1 Aspectos Legales).

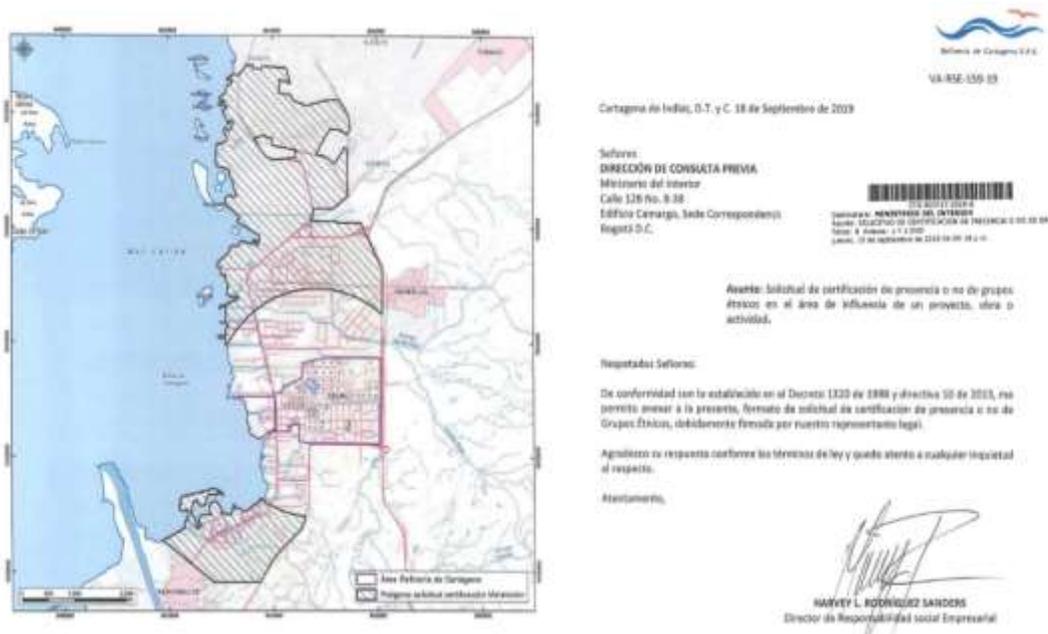
A su vez, el Ministerio del Interior a través del certificado número 0642 del 27 de junio de 2018 certifica que no se registra presencia de comunidades indígenas, Rom y Minorías, así como tampoco comunidades negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras en el área del proyecto “Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación del Licencia ambiental de la Refinería de Cartagena”, localizado en jurisdicción del Distrito de Cartagena de Indias, en el Departamento de Bolívar.

Figura 1-3 Certificación comunidades para el AI de la Resolución 2102 de 2008



Fuente: Refinería de Cartagena, 2019.

Figura 1-4 Certificación comunidades para el AI definida para la presente modificación



Fuente: Refinería de Cartagena, 2019.

1.3 MARCO NORMATIVO

Resolución 1269 del 30 de junio de 2006 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, para los proyectos de construcción y operación de refinerías y los desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación y se adoptan otras determinaciones.

HI-TER-1-07. Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA para los proyectos de construcción y operación de refinerías y los desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación y se adoptan otras determinaciones.

1.3.1 Autoridad Ambiental

Actualmente la Refinería de Cartagena S.A.S., se rige por la Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, modificada por la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y la Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010, con número de expediente en la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, LAM 0761. A continuación, en la Tabla 1.7, se relacionan detalladamente los antecedentes legales más relevantes.

Tabla 1.7 Antecedentes Expediente LAM 0761

Tipo	Número	Organismo	Descripción
General			
Resolución	1157 de 2000	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se otorga Licencia Ambiental Ordinaria a la empresa ECOPETROL S.A., para la construcción y operación de Plantas nuevas en la Refinería de Cartagena.
Resolución	349 de 2007	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Autoriza la cesión parcial de la Licencia Ambiental otorgada mediante la resolución 1157 de 2000, a favor de la empresa REFINERIA DE CARTAGENA S.A., excluyendo de la cesión autorizada los artículos Tercero y Cuarto de la Resolución 1157 de 2000.
Radicado	4120-E1-89282 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	La REFINERIA DE CARTAGENA S.A., solicito la modificación de la Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución 1157 de 2000, en el sentido de ampliar y optimizar el alcance inicial de la Licencia ambiental otorgada en cuanto a plantas, equipos, instalaciones y carga de crudo para refinación.
Auto	2734 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se inició el trámite administrativo para la modificación de la Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución No. 1157 de 2000.
Resolución	2102 de 2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por la cual se modifica la Resolución 1157 de 2000, en el sentido de incluir actividades relacionadas con la Ampliación de la Refinería de Cartagena.
Radicado	4120-E1-77346 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	La refinería de Cartagena realizó la solicitud de Modificación de Licencia Ambiental con el fin de adicionar las instalaciones del Terminal Portuario a la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 1157 de 2000 y Modificada mediante la resolución 2101 de 2008.
Auto	2306 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Se inició el trámite administrativo para la modificación de la Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución 1157 de 2000, modificada por la resolución 2101 de 2008, el cual fue notificado en agosto de 2009.
Auto	3104 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Mediante el cual se requirió a la empresa REFINERIA DE CARTAGENA S.A., para que allegará información complementaria para la continuación del trámite de modificación de la licencia ambiental otorgada mediante Resolución 1157 de 2000, modificada por la resolución 2101 de 2008.
Radicado	4120-E1-144109 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	La empresa REFINERIA DE CARTAGENA S.A. – REFICAR, presentó recurso de reposición en contra del Auto 3104 del 2009.
Auto	3331 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	La Autoridad ambiental resuelve el recurso de reposición interpuesto en contra del Auto 3104 de 2009.

Tipo	Número	Organismo	Descripción
Concepto Técnico	354 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	La autoridad Ambiental evaluó La información presentada por la sociedad refinería de Cartagena s.a. para la solicitud de modificación de licencia ambiental.
Resolución	0511 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por la cual se modifica la Resolución 1157 de 2000 adicionando las instalaciones del Terminal Portuario localizado en el área marino-costera adyacente a la Refinería de Cartagena.

Fuente: Consultado por Concol by WSP, 2019 y ajustado del expediente ANLA LAM 0761.

1.3.2 Trámites ante Autoridades Ambientales

Durante la elaboración del presente estudio se han realizado los trámites que se describen a continuación antes las autoridades competentes, cuyos soportes se adjuntan en el Anexo 1. Información Primaria.

1.3.2.1 Trámites ante del Ministerio de Interior

Mediante radicado CTG-001027-2018-S con fecha del 13 de junio de 2018, se remitió comunicación al Ministerio del Interior para solicitud de certificación de presencia o no de grupos étnicos en el área de influencia de la Refinería de Cartagena S.A.S.

Posteriormente, el Ministerio del Interior emite certificación número 0642 del 27 de junio de 2018, indicando que no se registra presencia de comunidades indígenas, Rom y Minorías, en el área del proyecto “Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación del Licencia ambiental de la Refinería de Cartagena”, localizado en jurisdicción del Distrito de Cartagena de Indias, en el Departamento de Bolívar.

1.3.2.2 Permiso de Investigación Científica

Teniendo en cuenta la Resolución 00168 del 13 de febrero de 2017, por la cual la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, otorga a la empresa CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A., permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de Estudios Ambientales a nivel nacional, para los proyectos en sectores de energía (líneas, termoeléctricas, presas, represas, embalses, transvases de la cuenca), infraestructura (vías, puertos, tratamiento de aguas residuales y rellenos sanitarios), minero e hidrocarburos a nivel nacional, y de acuerdo a lo establecido en el *artículo tercero* de dicha resolución, la empresa CONSULTORÍA COLOMBIANA S.A. deberá informar por escrito a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, con quince (15) días de antelación a su desplazamiento y de acuerdo con el “Formato de Inicio de Actividades de Recolección”, medio físico y magnético la información correspondiente.

1.3.3 Normatividad para el componente Abiótico

En la Tabla 1.8, se presenta el marco normativo aplicable para el componente abiótico.

Tabla 1.8 Marco Normativo Abiótico

Norma	Fecha	Organismo	Descripción
General			
Resolución 1269	30/06/2006	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de impacto Ambiental, para los proyectos de construcción y operación de refinerías y los desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación y se adoptan otras determinaciones
Decreto 3573	27/09/2011	Departamento Administrativo de la Función Pública	Por la cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA- y se dictan otras disposiciones.
Decreto 2041	15/10/2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Artículos 52 Régimen de Transición; Artículo 39 sobre la modificación del Plan de Manejo Ambiental; y de acuerdo con el contenido del Artículo 39 el Título V sobre modificación de Licencias Ambientales.
Decreto 1076	26/05/2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible.
Decreto 703	20/04/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el que se efectúan unos ajustes al Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible y se dictan otras disposiciones
Decreto 050	16/01/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	"Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuencas (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones"
Criterios y procedimientos			
Resolución 1552	20/10/2005	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial	Por el cual se adoptan los Manuales para Evaluación de Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de proyecto y se toman otras determinaciones.
		Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial	Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos
Ley 1333	21/07/2009	Congreso de la República	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones
Resolución 0108	27/01/2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial	Por la cual se actualiza el Formato Único Nacional de Solicitud de Licencias Ambiental y se adoptan los Formatos para la Verificación Preliminar de la Documentación que conforman las solicitudes de que trata el Decreto 2041 de 2014 y se adoptan otras determinaciones.

Norma	Fecha	Organismo	Descripción
Resolución 2182	23/12/2016	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica y consolida el modelo de almacenamiento de Geográfico contenido en la metodología General para la presentación de estudios ambientales y en el manual de seguimiento ambiental de proyectos
Resolución 1402	25/07/2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adopta la Metodología General para la elaboración y presentación de estudios ambientales y se toman otras determinaciones
Recurso hídrico²			
Decreto –Ley 2811	08/12/1974	Congreso de la República	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 1594	26/06/1984	Ministerio de Agricultura	Usos del agua y residuos líquidos
Resolución 1433	13/12/2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones
Resolución 2115	22/06/2007	Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Decreto 1640	02/08/2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 2245	29/12/2017	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas
Resolución 883	18/05/2018	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas, y se dictan otras disposiciones
Decreto 1090	28/06/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto único reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo sostenible, en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro de agua y se dictan otras disposiciones
VERTIMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS			
Decreto 1594	26/06/1984	Ministerio de Agricultura	Usos del agua y residuos líquidos.
Resolución 273	01/04/1997	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST).

² MAVDT. 2010. Política Nacional para la gestión integral del recurso Hídrico.

Norma	Fecha	Organismo	Descripción
Resolución 372	06/05/1998	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones.
Decreto 3100	30/10/2003	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
Decreto 3440	21/10/2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones
Decreto 3930	25/10/2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por lo cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte III-Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4728	23/12/2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.
Resolución 1514	31/08/2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.
Resolución 1207	25/07/2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.
Decreto 050	16/01/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento de Recurso hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0883	18/05/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas y se dictan otras disposiciones.
Residuos sólidos			
Resolución 02309	24/02/1986	Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4ª. Del Libro 1º del Decreto-Ley N. 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.

Norma	Fecha	Organismo	Descripción
Resolución 541	14/12/1994	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Resolución 0886	27/07/2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 0058 del 21 de enero de 2002 y se dictan otras disposiciones.
Resolución 472	28/02/2017	Ministerio del Medio Ambiente	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición-RCD y se dictan otras disposiciones.
Residuos especiales			
Resolución 02309	24/02/1986	Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4ª. del Libro 1º del Decreto-Ley N. 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales.
Decreto 4741	30/12/2005	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	“Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”.
Resolución 180005	05/01/2010	Ministerio de Minas y Energía	Por el cual se adopta el Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos.
Decreto 284	15/02/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones
Aire y ruido			
Resolución 627	07/04/2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
Decreto 979	03/04/2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifican los artículos 7º, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995 (prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire).
Resolución 909	05/06/2008	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
Resolución 650	29/03/2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Norma	Fecha	Organismo	Descripción
Resolución 651	29/03/2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRES
Resolución 1309	13/07/2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica la Resolución 909 del 5 de junio de 2008.
Resolución 2154	02/11/2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones
Resolución 1632	21/09/2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adiciona el numeral 4.5 al capítulo 4 del protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas, adoptado a través de la Resolución 760 de 2010 y ajustado por la Resolución 2153 de 2010 y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 2254	07/11/2017	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones
Gestión del riesgo y planes de contingencia			
Ley 1523	24/04/2012	Congreso de Colombia	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
Decreto 50	16/01/2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Modifica el artículo 2.2.3.3.4.14. Con respecto a términos de referencia de procesos de licenciamiento, y actividades no sujetas a este trámite
Decreto 2157	20/12/2017	Departamento administrativo de la presidencia	Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012
Decreto 321	17/02/1999	Ministerio del interior	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.

Fuente: Concol by WSP., 2019.

1.3.4 Normatividad para el componente Biótico

En la Tabla 1.9, se presenta el marco normativo aplicable para el componente biótico.

Tabla 1.9 Marco Normativo Biótico

Norma	Organismo	Descripción
Ley 2 de 1959	Congreso de Colombia	Sobre economía forestal de la Nación y Conservación de los Recursos Naturales Renovables.
Decreto 877 de 1976	Presidencia de la República	Por el cual se señalan prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal, a su aprovechamiento y al otorgamiento de permisos y concesiones y se dictan otras disposiciones.
Ley 99 de 1993	Congreso de Colombia	Crea el Ministerio del Medio Ambiente y organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Reforma el sector Público encargado de la gestión ambiental. Organiza el sistema Nacional Ambiental y exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos.
Ley 388 de 1997	Congreso de Colombia	Ordenamiento Territorial. Definición de estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales.
Decreto 1729 de 2002	Presidencia de la Pública	Reglamenta la parte XIII, título 2, Capítulo III del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas y parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, relacionado con las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas y áreas de manejo especial. Deroga el decreto 2857 de 1981.
Decreto 3016 del 2013	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta el Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales.
Resolución 192 de 2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones
Decreto 1076 de 2015	Presidencia de la República	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

Fuente: Concol by WSP., 2019.

1.3.5 Normatividad para el componente Socioeconómico

En la Tabla 1.10, se presenta el marco normativo aplicable para el componente socioeconómico.

Tabla 1.10 Marco Normativo Socioeconómico

Norma	Descripción
Constitución Política de Colombia 1991	Actual carta magna de la República de Colombia.
Ley 99 de 1993	Por el cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación el medio ambiente y los recursos naturales renovables.
Ley 152 de 1994	Ley Orgánica del Plan de Desarrollo- Ley de planeación participativa.
Ley 1397 de 1997	Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias".

Norma	Descripción
Ley 850 de 2003	Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas.
Decreto 330 de 2007	Por el cual se reglamentan las audiencias públicas ambientales y se deroga el Decreto 2762 de 2005.
Decreto 3770 de 2008	Por el cual se reglamentan parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material.
Decreto 3573 de 2011	Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA– y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

Fuente: Concol by WSP., 2019

1.4 ALCANCE

1.4.1 Alcance de las actividades objeto de modificación

Se plantea la integración de las unidades de destilación combinada U-001 y U-100 (atmosférica y vacío) también llamadas plantas de crudo y unidades auxiliares, con el fin de incrementar paulatinamente la capacidad de carga de 165 KBPD (capacidad nominal máxima de diseño dada por el equipo, la cual fue aprobada bajo Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008, artículo primero) a 245 KBPD, buscando incrementar volúmenes de producto refinado.

Cabe mencionar que la unidad de destilación combinada U-001, entre otras, se encuentra aprobadas en la Resolución 1107 del 2000, sin embargo, durante el proceso de modificación de Licencia Ambiental presentada en el año 2010, no se solicitó la operación simultánea de dichas unidades, ni la desincorporación del activo, por tal razón, se decide dejar la unidad U-001 y asociadas en estado de preservación, esto con el fin de evitar el deterioro interno y externo de los equipos.

Teniendo en cuenta la demanda actual del mercado y buscando obtener cada vez combustibles más limpios que den cumplimiento a los estándares internacionales, se decide solicitar la modificación de las actividades licenciadas mediante Resolución 1157 del 10 de noviembre de 2000, modificada por la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y la Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010, con miras a:

- i. Incrementar la capacidad de refinación de la Refinería de Cartagena paulatinamente de 165 KBPD a 245 KBPD, para lo cual se llevará a cabo la interconexión de la planta de crudo perteneciente a la configuración original de la Refinería (actualmente en estado de preservación), denominada U-001, a las demás unidades de proceso y servicios auxiliares.

A continuación, se presentan las actividades objeto de modificación para lograr el cumplimiento del alcance propuesto, es de mencionar que las actuales actividades de la refinería se mantendrán bajo las autorizaciones vigentes.

- Operación alterna (independiente) y/o paralela (simultánea) de las unidades de

- destilación combinada (atmosférica y vacío) denominadas U-100 y U-001, de acuerdo con las necesidades de la operación.
- Optimizar la operación de las unidades que conforman el proceso de refinación, las cuales tendrán la posibilidad de trabajar en rangos de cargas de mayor eficiencia, mejorando la confiabilidad y costos asociados a los procesos, sin superar la carga máxima de 245KBPD
 - Maximizar el aprovechamiento de la capacidad nominal de las unidades de proceso.
 - Incorporar a la operación equipos disponibles al interior de la refinería que actualmente se encuentran en estado de preservación (Aprobadas mediante Resolución 2102 de 2008).
 - Adecuación, modificación y optimización de áreas de almacenamiento (área 1000 / área 3000), despacho (área 21 / área GLP) y talleres de mantenimiento.
 - Solicitud de permiso para once (11) nuevas fuentes fijas de emisión y solicitud de aprovechamiento forestal para individuos arbóreos que se encuentran en áreas operativas, poniendo en riesgo la operación actual y proyectada.
- ii. Desistimiento de actividades asociadas al Terminal Portuario, localizado en el área marino-costera adyacente a la Refinería de Cartagena S.A.S, en la Zona Industrial de Mamonal, integrado por las zonas que se describen a continuación:
- Zona marítima accesoria de Pasarela.
 - Zona marítima accesoria de muelle, atraque y maniobra.
 - Zona bienes de Playa y Bajamar
 - Actividades de atraque y maniobras de cargue de petcoque en la dársena del muelle Roll-on/Roll-off.

Solo se mantendrá el Área de Dársena de Barcazas, la cual cuenta con un muelle que posee un sistema de desembarque denominado Roll on Roll off o Ro-Ro, en donde se realizará el cargue-descargue de maquinaria pesada y transporte de personal.

1.4.2 Uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales renovables durante la construcción del proyecto.

Se continuará supliendo la demanda de agua con la compra a la Empresa de Servicios Públicos Mixta Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. – ACUACAR, con la que actualmente se tiene contrato, a través de una línea de conducción independiente, sin que signifique un aumento considerable al consumo de la operación actual el cual se presenta en el Capítulo 2. Descripción de proyecto/.

Así mismo, el vertimiento de aguas se llevará a cabo acorde a lo dispuesto en el numeral 1 de la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008, que establece un caudal autorizado de 562,5 m³/h y de esta manera, no se requiere solicitud de permiso de vertimiento como consecuencia de la ejecución del proyecto de interconexión de las plantas de crudo.

Actualmente se tiene autorizadas 22 fuentes fijas de emisión bajo la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008 y Resolución 0511 del 16 de marzo de 2010. Teniendo en cuenta

la operación futura a 245 KBPD, se solicitará permiso para 11 nuevas fuentes fijas de emisión.

Finalmente, se realizará aprovechamiento forestal de 209 individuos arbóreos que se encuentran en áreas operativas, los cuales cumplen con características de ubicación, crecimiento y condiciones tales, que podrían llegar a generar un potencial riesgo tanto al personal como en operaciones e infraestructura.

1.4.3 Estimación de la mano de obra requerida

Para la etapa de ejecución de los proyectos involucrados en el marco la interconexión de la planta de crudo original (U-001) con las unidades de la refinería nueva y los proyectos de manejo integral de GLP y optimización de talleres de mantenimiento para lograr el aumento de la capacidad de carga nominal hasta los 245 KBPD, se tiene un estimado de 550 personas en el máximo pico de personal.

El número de trabajadores variará en función de la maduración de los proyectos (etapa de diseño de ingeniería, compras, construcción, comisionamiento, etc.) siendo la etapa de construcción cuando se alcanza el valor máximo estimado.

1.4.4 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

El cronograma general de actividades varía de acuerdo a cada una de las actividades objeto de modificación de licencia ambiental, como se puede evidenciar en la Tabla 1.11

Tabla 1.11 Cronograma de actividades y los costos asociados al proyecto

Actividad	Detalle	Tiempo estimado	Costo MUSD
Interconexión de la planta de crudo perteneciente a la configuración original de la Refinería (actualmente en estado de preservación), denominada U-001, a las demás unidades de proceso y servicios auxiliares.	<ul style="list-style-type: none"> - Interconexión de las plantas de crudo U-001 y U-100 - Construcción de unidades U-103, U-004 y U-102 (aprobadas en licencia anterior) y otras unidades complementarias - Aumento de la capacidad de carga hasta 245 KBPD 	41 meses*	\$ 142,1*
-Adecuación, modificación y optimización de áreas de almacenamiento (área 1000 / área 3000), despacho (área 21 / área GLP) y talleres de mantenimiento.	- Manejo integral de GLP	33,7 meses	\$ 32,86
	- Modificación y optimización de talleres de mantenimiento.	27,8 meses	\$ 13,50
Total			\$ 188,46

*Estimado inicial sin incluir la construcción de las unidades licenciadas bajo Resolución 2102 de 2008: Reformado Catalítico CCR U-103, Tecnología Benzout U-004 e Hidrotratamiento de Nafta U-102 (tiempos y costos definidos en el correspondiente EIA).

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S, 2019.

1.4.5 Impactos producidos por el proyecto

Se identificaron 14 impactos, con 63 interacciones de las cuales 59 son de naturaleza negativa y 4 de naturaleza positiva, los impactos fueron valorados desde tres medios: i) biótico, ii) abiótico o medio físico y iii) socioeconómico.

Tabla 1.12 Impactos identificados para la presente modificación

Medio	Impacto
Físico	Alteración de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua superficial
	Cambio en la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo
	Alteración en las características fisicoquímicas y/o microbiológicas del suelo
	Cambio en la concentración de gases
	Cambio en la concentración de material particulado
	Cambio en los niveles de presión sonora
	Variación en las condiciones de estabilidad del terreno
Biótico	Modificación de la calidad del hábitat acuático
	Modificación de la estructura y composición florística de las coberturas vegetales
	Modificación del hábitat de la fauna silvestre
Socioeconómico	Aportes tributarios
	Cambio en la dinámica del empleo
	Generación de conflictos
	Modificación en la gestión y capacidad organizativa

Fuente: Concol by WSP, 2019.

La magnitud de los impactos es fundamentalmente baja correspondiente al 70% (44 interacciones), es decir que las consecuencias del impacto generan mínimas modificaciones sobre el medio o la comunidad, le siguen en orden calificación de magnitud media, alta y muy alta equivalentes a 25%, 3% y 2% de los impactos, respectivamente.

Se puede afirmar que la mayoría de los impactos del proyecto tiene una resiliencia Muy tolerante, es decir, el ecosistema y/o la comunidad asimilan rápidamente y en su totalidad los efectos ambientales y/o sociales durante la ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones del impacto tan pronto ésta termina 52%, seguido de ser muy tolerante con el 48% de las interacciones.

El 65% de los impactos son de tendencia estable lo cual implica que los efectos del impacto se mantienen constante con el transcurso del tiempo, ya sea en los ecosistemas o en la comunidad, sucesivo de un 32% que son de naturaleza decreciente y creciente correspondiente al 3%.

Los resultados de la evaluación ambiental muestran que el 79% de los impactos son de extensión puntual, 13% de ellos son locales, 5% de extensión parcial y el 3% restante es extenso, subrayando que todos los impactos se manifiestan dentro de las instalaciones de la refinería.

El 48% de los impactos tienen una exposición permanente, es decir que el impacto actúa o incide sobre cualquiera de los componentes del ecosistema con una frecuencia prolongada, superior a un mes, segunda orden se manifiestan los impactos temporales (25%), seguido de los impactos frecuentes-prolongados (22%) y tipo fugaz-esporádico con 5%.

En cuanto a la recuperabilidad la mayor proporción de los impactos tienen características de ser rápida (68%), es decir que las manifestaciones tienen una duración inferior a un mes, le siguen en su orden los impactos con recuperabilidad moderada (24%), recuperabilidad lenta con 6% y de carácter irrecuperable el 2%.

Respecto a la acumulación de los impactos, éstos se caracterizan por ser de tipo acumulativo en un 68% y simple en un 32%. Adicionalmente, los resultados dan a conocer que 34 (54%) de 63 interacciones son de tipo sinérgico en tanto el 46% se consideran como de efecto sinérgico.

El nivel de importancia ambiental (I.A) de los impactos se centra en su mayoría en ser de carácter negativo y de tipo leve (38%), sucesivo de ser de I.A localizado (33%) y menor (22%), mayor positivo (3%), localizado positivo y masivo positivo con (2%) cada uno.

Finalmente, la significancia ambiental de los impactos negativos respecto al total se concentra en ser un 52% baja, media en un 35% y muy baja en un 6% debido al alto grado de intervención en la zona y que las actividades valoradas para la modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena ya se encuentran desarrollándose en el sitio. Análogamente los impactos positivos, tienen un mayor porcentaje en ser media positiva (5%) y baja positiva (2%).

1.4.6 Estructura del Plan de Manejo Ambiental (PMA) y Plan de Seguimiento y Monitoreo (PSM)

Cada uno de los componentes (abiótico, biótico y socioeconómico) cuenta con programas de manejo, seguimiento y monitoreo, los cuales se presentan en forma de fichas designadas con un código. Esto con el fin de proponer soluciones para todos y cada uno de los impactos ambientales identificados.

Tabla 1.13 Programas y Fichas de Manejo Ambiental

Componente	Programa	Código	Nombre de la ficha
ABIÓTICO	Manejo de Suelos	OP-MA-1	Manejo de residuos peligrosos y no peligrosos
		OP-MA-2	Manejo de sustancias químicas
	Manejo del recurso hídrico	OP-MA-3	Manejo de aguas residuales industriales y domésticas
	Manejo del recurso aire	OP-MA-4	Manejo de las emisiones atmosféricas y ruido ambiental
	Manejo del recurso Suelo / Agua	OP-MA-5	Adecuación de la dársena para el muelle roll on roll off
BIÓTICO	Manejo de Suelos	OP-MB-1	Remoción de cobertura vegetal y descapote
		OP-MB-2	Manejo de flora
		OP-MB-3	Manejo de Fauna
		OP-MB-4	Manejo de Aprovechamiento Forestal
	Manejo del recurso hídrico	OP-MB-5	Manejo del recurso hidrobiológico
	Conservación de especies vegetales en peligro crítico en veda o aquellas que no se encuentren registradas dentro del inventario nacional o que se cataloguen como posibles especies no identificadas	OP-MB-6	Conservación de especies vegetales en peligro crítico, veda o nuevas especies
SOCIOECONÓMICO	Gestión Social	OP-MS-1	Información y relacionamiento institucional y comunitario
		OP-MS-2	Apoyo a la capacidad de gestión institucional
		OP-MS-3	Gestión del riesgo de entorno
OPERACIONAL		OPE-1	Manejo operacional

Fuente: Concol by WPS, 2019.

Tabla 1.14 Programas y Fichas de Seguimiento y Monitoreo

Componente	Programa	Código	Nombre de la ficha
ABIÓTICO	Seguimiento a la calidad del suelo	OP-SM-MA-1	Calidad del Suelo
		OP-SM-MA-2	Sistemas de manejo, aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final de residuos
	Seguimiento del recurso hídrico	OP-SM-MA-3	Calidad de aguas residuales
		OP-SM-MA-4	Calidad de las aguas y sedimentos de los cuerpos receptores
		OP-SM-MA-5	Calidad del recurso hídrico subterráneo
		OP-SM-MA-6	Monitoreo de aguas subterráneas contaminadas
	Seguimiento del recurso aire	OP-SM-MA-7	Emisiones atmosféricas, calidad de aire y ruido

Componente	Programa	Código	Nombre de la ficha
BIÓTICO	Seguimiento a la conservación de especies vegetales en peligro crítico en veda o nuevas especies	OP-SM-MB-1	Seguimiento a la conservación de especies vegetales en peligro crítico, veda o nuevas especies de flora y fauna y especies endémicas y/o amenazadas
	Seguimiento a la compensación	OP-SM-MB-2	Seguimiento a la Compensación del Medio Biótico
	Seguimiento al recurso hídrico	OP-SM-MB-3	Recursos hidrobiológicos
SOCIOECONÓMICO	Seguimiento a la gestión Social	OP-SM-MS-1	Seguimiento y monitoreo al cumplimiento de las fichas sociales del plan de manejo ambiental

Fuente: Concol by WPS, 2019.

1.5 METODOLOGÍA

Los estudios ambientales son instrumentos de planificación que se realizan con el fin de evaluar recursos naturales, identificar posibles cambios a generarse por el desarrollo de una actividad y/o proyecto con el fin de diseñar medidas de manejo que permitan prevenir, mitigar, corregir y/o compensar estos cambios, ejercicio que permite generar una zonificación ambiental del área. Bajo esos parámetros el presente estudio obedece al Estudio de Impacto Ambiental que tendrá como base los requisitos exigidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible enmarcados en los términos de referencia anteriormente referidos.

1.5.1 Descripción del proyecto

La descripción del proyecto tiene como objetivo definir las características técnicas de la operación especificando la escala de producción real anual, descripción de procesos y tecnologías empleadas, como las necesidades de recursos naturales, proyecciones a futuro y actualización de tecnologías.

Para el desarrollo de este ítem se contemplaron cuatro (4) Fases tal como se esquematiza en la Figura 1-15.

Figura 1-5 Abordaje Metodológico para la descripción del proyecto



Fuente: Concol by WSP, 2019

A continuación, se dará explicación a cada una de las fases propuestas:

1.5.1.1 Fase 1: Recolección de información secundaria

Se consolidó la descripción técnica de la infraestructura actualmente instalada (operando y/o suspendida), considerando para ello los términos de referencia HI-TER 1-07, como se describe a continuación:

- i. Plano detallado de las instalaciones de la refinería, considerando las diferentes áreas: de operaciones y procesos industriales, laboratorio, bodegas, tanques, áreas de almacenamiento, área administrativa, servicios generales (enfermería, cafetería, vertieres, áreas recreativas, servicios sanitarios), talleres, tratamiento y disposición final de desechos líquidos y sólidos, así como la ubicación de los sistemas de limpieza y control de emisiones.
- ii. Fuentes de energía y combustibles (tipo de combustible utilizado, poder calorífico, características fisicoquímicas, composición y volúmenes); establecer el consumo energético en Kw / hr.
- iii. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, industrial y contingencia. Consumos en m³/mes y tratamientos efectuados.
- iv. Infraestructura y equipos que se utilizarán en el laboratorio para realizar el control de calidad de los productos, así como otros servicios que preste.
- v. Actividades a desarrollar en los talleres, con relación a los procesos y operaciones de producción, de mantenimiento y optimización, entre otras.

Para cada proceso se procuró contar con la siguiente descripción:

- i. Características de operación, balances de masas, cantidad y composición de materias primas alimentadas, necesidades de recursos naturales, sistemas de control ambiental y residuos generados.
- ii. Sistemas de interconexión entre los diferentes procesos y áreas que conforman la refinería.
- iii. Descripción de equipos y procesos auxiliares, que son utilizados, tales como: calderas, tratamiento de aguas residuales, producción de hidrógeno, planta de reconversión de sulfuro, torres de enfriamiento, compresores, quemadores, entre otros, indicando en qué punto del proceso de refinación son utilizados y las condiciones de operación.
- iv. Control de calidad generado a las materias primas, productos intermedios, productos terminados, empaques y envases de los diferentes productos.
- v. Cantidades mensuales de materias primas, insumos y productos terminados.
- vi. Descripción de áreas de almacenamiento incluyendo sus condiciones locativas: cubiertas, pisos, paredes, puertas, drenajes, rampas, diques de contención, sistemas de ventilación, extracción de gases y material particulado; señalización, mantenimiento, sistemas contra incendios y de manejo de emergencias en derrames y fugas, entre otros.
- vii. Sistemas previstos de cargue, descargue y transporte de productos al exterior e interior de la planta.

1.5.1.2 Fase 2: reconocimiento preliminar del área de trabajo

Consolidada la información de las fases anteriores se procedió a verificar la misma mediante un *check list*, con el fin de tener un diagnóstico del estado, pertinencia y faltantes.

Cuantificados los faltantes y teniendo claro el estado general de la documentación se procedió a realizar un reconocimiento general al área de trabajo, el cual se denominará “Scouting”, con el objetivo de:

- i. Efectuar el reconocimiento general de la planta.
- ii. Identificar accesos.
- iii. Identificar las actividades críticas.
- iv. Establecer las actividades cuello de botella.
- v. Definir contactos, permisos y tiempos de trabajo.

Buscando la optimización de los trabajos de campo y lograr recopilar el 100% de la información solicitada por la autoridad ambiental. Se planificó un *scouting* en la tercera semana de Marzo (del 20 al 26) del 2018. Para esta fase fue de vital importancia contar con planos preliminares y acompañamiento por parte del personal operativo de la refinería.

1.5.1.3 Fase 3: recolección de información primaria

Aunque para la descripción de procesos no se cuenta con un método o técnica específica, la recolección de información primaria se realizó con base en la estructura de un balance de masas o de materia (Ver Figura 1-6).

Figura 1-6 Esquema balance de masas



Fuente: Concol By WSP, 2019.

Los balances generados son de dos tipos:

- i. Procesos: detallan materias primas, insumos y productos.
- ii. Necesidades de recursos naturales: fuentes de energía y combustibles, consumos de agua, vertimientos, residuos, emisiones.

El trabajo de campo se efectuó en la tercera semana de septiembre de 2019. Para esta fase fue de vital importancia contar con planos preliminares y acompañamiento por parte del personal operativo de la refinería.

1.5.1.4 Fase 4: procesamiento de información y actualización de los procesos

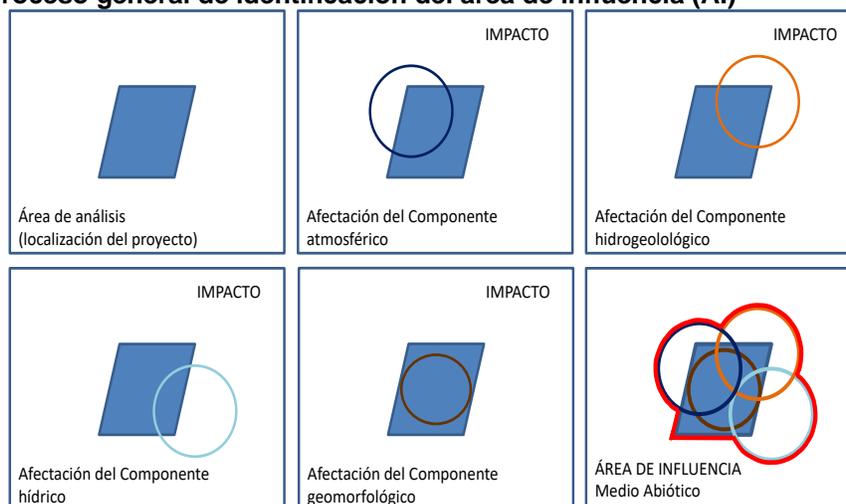
Para asegurar la inclusión de la totalidad de infraestructura existente y proyectada para la refinería, se contempló el desarrollo de un taller de trabajo en oficinas de la Refinería de Cartagena, en el cual participo el profesional a cargo de la generación del capítulo por parte de Concol by WSP y el equipo que la refinería considere pertinente.

La reunión se efectuó una vez se tuvo organizada la información mediante diagramas de proceso, lo cual sirvió para plantear los impactos ambientales asociados. Este taller se desarrolló la segunda semana de octubre del 2019.

1.5.2 Definición área de influencia

La definición de área de influencia (AI) se realizó a partir de un proceso iterativo de acuerdo con lo establecido en los términos de referencia HI-TER-1-07 y lo propuesto por la Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia emitida por la ANLA en julio de 2018, donde se sugiere que el área de influencia del proyecto corresponde a la superposición de las áreas de influencia por componentes, grupos de componentes o medios que se identifiquen en cada caso (Ver Figura 1-7).

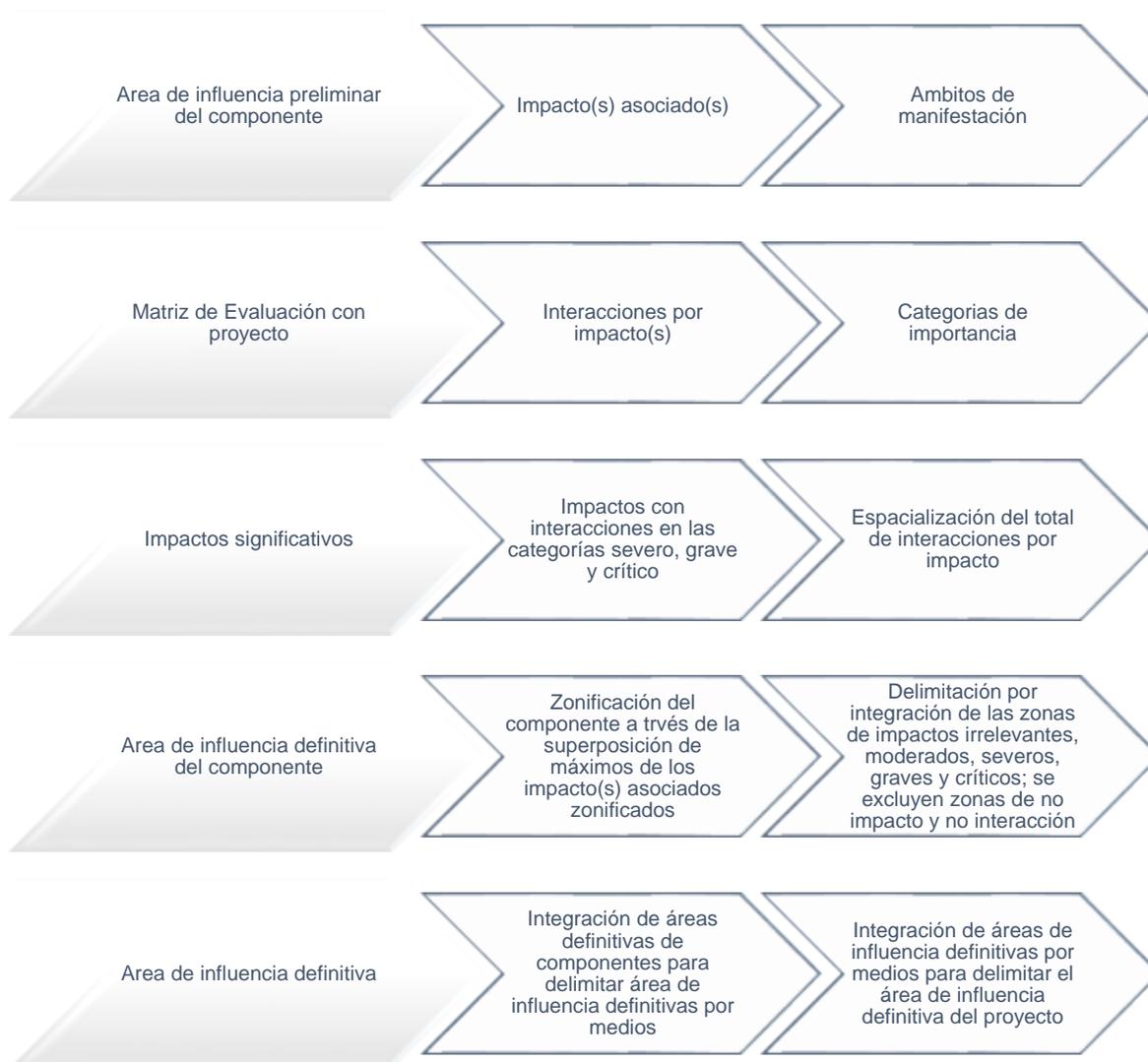
Figura 1-7 Proceso general de identificación del área de influencia (AI)



Fuente: Concol by WSP, 2019.

Para cumplir el proceso indicado, se fijó una ruta metodológica que permitiera llegar al área de influencia definitiva (Ver Figura 1-8):

Figura 1-8 Esquema para la delimitación del área de influencia definitiva del Proyecto



Fuente: Concol by WSP, 2019.

Procedimiento de recolección de información (etapa pre-campo, etapa campo, etapa pos-campo):

1.5.2.1 Etapa pre-campo

- Consulta de información cartográfica secundaria, Resoluciones emitidas a Refinería de Cartagena, Conceptos Técnicos, Informes de Cumplimiento Ambiental ICA, con el fin de identificar aspectos relevantes como unidades territoriales, unidades de análisis definidas en estudios anteriores para cada uno de los componentes, puntos de interés físicos, bióticos y socioeconómicos actuales.
- Definir y/o identificar las actividades propuestas para dar cumplimiento al objeto y alcance de la presente modificación.
- Identificar y definir las unidades mínimas de análisis para cada uno de los componentes.
- Delimitar un polígono preliminar, con base en la información secundaria indicada, estableciendo el área donde se manifestarían los impactos ambientales significativos para cada uno de los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, utilizando criterios y variables relacionados con la presencia de elementos o condiciones que se evidencian como factores que inciden en la trascendencia de los posibles impactos.

1.5.2.2 Etapa campo

- Realizar reconocimiento del área, con el fin de corroborar la información secundaria consultada y la establecida en las imágenes satelitales, haciendo uso de recorridos definidos y estableciendo y/o ratificando puntos de interés para el levantamiento de información y/o muestreos.
- Desarrollo de trabajos de campo a nivel interdisciplinario, de acuerdo con la información y requerimientos técnicos del proyecto, haciendo el levantamiento de información primaria para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico).
- De acuerdo con la información obtenida, levantada y/o verificada por el grupo interdisciplinario, se ajustará y afinará in situ los límites del área de influencia preliminar, a partir del criterio seleccionado en cada medio y/o componente.

1.5.2.3 Etapa pos-campo

A partir de la interpretación de resultados del trabajo de campo, así como de la evaluación de impactos y de la determinación de la significancia de los mismos, se realizará un proceso iterativo, que permita ajustar el área de influencia preliminar, obteniendo así áreas de influencia definitivas por componente y finalmente, el área de influencia del proyecto.

1.5.3 Proceso delimitación área de influencia definitiva

1.5.3.1 Área de influencia preliminar del componente

Se tomó como AI preliminar la definida por la Resolución 2102 de 2008, la cual considero para el caso del área de influencia lo señalado por la empresa a nivel del Estudio de Impacto

Ambiental:

“3.1.1 Área de influencia directa (AID)

(...), se precisa como área de influencia directa la zona alrededor de la Refinería en un radio de resulta no mayor de 2 Km., (...) Ella, surge como resultado de los análisis de los potenciales impactos ambientales y sociales evaluados para el proyecto y en función de comprobar que ninguno de los componentes ambientales será afectado, en condiciones de operación normal de la Refinería, por fuera de esta área (AID), para lo cual se menciona que al interior de esta, se ubican algunas plantas industriales que hacen parte de la zona industrial de Mamonal.”

En cuanto al área de influencia del medio socioeconómico, la Resolución 2102 de 2008 señala en las consideraciones, en el folio once “(...) este Ministerio considera que las áreas de influencia se deben mantener como originalmente fueron establecidas; es decir como AID la zona industrial de Mamonal y como AII la ciudad de Cartagena de Indias”

Considerando lo citado, el área de influencia directa (AID) físico biótica preliminar corresponde a un radio no mayor a 2 Km tomados desde un punto central el cual se denominará centroide, el cual se ubica al interior del complejo industrial. Para el área de influencia del medio socioeconómico se establece entonces la Zona Industrial de Mamonal -ZIM como Área de Influencia Directa (AID) y como Area de Influencia Indirecta (AII) la ciudad de Cartagena de Indias Distrito Cultural y Turístico.

1.5.3.2 Actividades a desarrollar en el marco de la modificación de licencia ambiental

En la Tabla 1.15 se presentan las actividades que se llevarán a cabo en la Refinería y que son necesarias para el alcance de los objetivos generales y específicos del proyecto los cuales fueron propuestos previamente, y que a su vez tienen alguna interacción con el medio (abiótico, biótico o socioeconómico) por lo que su impacto es evaluado en el Capítulo 5.

Tabla 1.15 Etapa y actividades para la modificación de la Licencia ambiental de la Refinería de Cartagena

Etapa	Sub- Etapas	No	Actividad
Operación	1. Mantenimiento y Adecuación	1	Remoción de cobertura vegetal y descapote
		2	Excavación, relleno y compactación del terreno
		3	Fundición de estructuras en concreto reforzado
		4	Adecuación y funcionamiento de áreas de operación
		5	Montaje de equipos
		6	Pruebas de hidrostática y hermeticidad
		7	Interconexiones, tendido y cambio de posición de líneas de flujo

Etapa	Sub- Etapas	No	Actividad
Operación		8	Arranque y puesta en marcha de equipos, líneas de flujo o unidades
		9	Mantenimiento general de instalaciones
	2. Operación	10	Destilación combinada (atmosférica y al vacío)
		11	Generación de vapor y energía
		12	Desintegración catalítica y térmica
		13	Generación de Hidrógeno
		14	Recuperación de azufre
		15	Tratamiento de Nafta
		16	Tratamiento de Diesel
		17	Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados
	3. Otras	18	Contratación de personal y capacitación
		19	Movilización de vehículos, maquinaria y equipos
		20	Responsabilidad social empresarial

Fuente: Concol by WSP., 2019.

Cabe mencionar que las actividades de la etapa de operación se encuentran licenciadas y forman parte de la producción actual, pero las condiciones de operación tendrán alguna variación de acuerdo con el aumento de la capacidad de carga propuesto.

1.5.3.3 Definición de unidades de análisis por medios

Además de los antecedentes legales de la refinería en cuanto a área de influencia definida para los anteriores procesos de licenciamiento y las actividades a desarrollar que motivan la modificación de licencia, se tuvieron en cuenta los componentes que se consideraron como más relevantes en cada uno de los medios (Figura 1-9); posteriormente, se identificaron los posibles impactos que se manifestarían en cada uno de ellos como elemento fundamental de la delimitación preliminar (Tabla 1.16).

Figura 1-9 Componentes por medio



Fuente: Concol by WSP, 2019.

Tabla 1.16 Impactos identificados para la presente modificación

Medio	Impacto	Ámbito de manifestación
Físico	Alteración de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua superficial	Polígono de la Refinería
	Cambio en la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo	Polígono de la Refinería
	Alteración en las características fisicoquímicas y/o microbiológicas del suelo	Polígono de la Refinería
	Cambio en la concentración de gases	Polígono de la Refinería
	Cambio en la concentración de material particulado	Polígono de la Refinería
	Cambio en los niveles de presión sonora	Polígono de la Refinería
	Variación en las condiciones de estabilidad del terreno	Polígono de la Refinería
Biótico	Modificación de la calidad del hábitat acuático	Polígono de la Refinería
	Modificación de la estructura y composición florística de las coberturas vegetales	Polígono de la Refinería
	Modificación del hábitat de la fauna silvestre	Polígono de la Refinería

Medio	Impacto	Ámbito de manifestación
Socioeconómico	Aportes tributarios	Zona Industrial de Mamonal
	Cambio en la dinámica del empleo	Zona Industrial de Mamonal
	Generación de conflictos	Zona Industrial de Mamonal
	Modificación en la gestión y capacidad organizativa	Zona Industrial de Mamonal

Fuente: Concol by WSP, 2019.

1.5.3.4 Matriz de Evaluación con proyecto – Impactos significativos

Una vez fueron procesados e interpretados los resultados obtenidos en los trabajos de campo, fueron comparados con la evaluación de impactos generada, con el fin de determinar la significancia de los mismos y dar ajuste al área de influencia preliminar, obteniendo así áreas de influencia definitivas por componente.

1.5.3.5 Área de influencia por componentes

Se definen áreas de influencia para los diferentes componentes, tomando como punto de referencia los escenarios más críticos de manifestación y trascendencia de los impactos ambientales identificados.

1.5.3.6 Área de influencia del proyecto

Teniendo en cuenta que ya se cuenta con las áreas de influencia delimitadas para cada componente, estas son superpuestas y la integración de estas, generan en primera instancia el área de influencia físico-biótica. El resultado del área de influencia socioeconómica se da teniendo en cuenta los impactos negativos identificados y evaluados para el medio socioeconómico y la trascendencia de los impactos físico – bióticos asociados al proyecto, concluyendo que la presente solicitud de modificación de Licencia no altera ni cambian la configuración de impactos en el componente físico-biótico y por ende no alteran las condiciones actuales del área, por otro lado, considerando que en la periferia de la Refinería se encuentran establecidas empresas de diversos sectores que desarrollan únicamente actividades y usos industriales, de acuerdo con lo estipulado en el POT (Decreto 0977 de 2001 de la Alcaldía de Cartagena – Artículo 211 y cartografía de referencia), enmarcadas en el barrio Zona Industrial de Mamonal, y teniendo en cuenta igualmente la inexistencia de población asentada receptora del impacto, se considera que puede mantenerse el área de influencia social, tal como se viene planteando en las actuales operaciones y fue aprobado en la Resolución 2102 del 28 de noviembre de 2008, es decir: *se considera como Área de Influencia Directa (AID) la zona industrial de Mamonal y como Área de Influencia Indirecta (AII) la ciudad de Cartagena de Indias.*

Surtido el proceso de definición del área de influencia por cada uno de los medios, se establece que el área de influencia para el proyecto corresponde a la sumatoria de las mismas, definiendo como área de influencia total la Zona Industrial de Mamonal

1.5.4 Caracterización del área de influencia

El desarrollo de la caracterización ambiental comprende la fase descriptiva del área de influencia en la cual se llevará a cabo el desarrollo de las actividades asociadas al cambio de trazado, y en la que se prevé serán generados los impactos ambientales producto de dichas actividades, para que a partir de ésta, se realice una propuesta de zonificación ambiental como mecanismo de análisis geográfico que permita evaluar los mayores o menores grados de afectación potencial que el proyecto puede generar su entorno o medio receptor.

Este proceso se orienta a la identificación del espacio geográfico dentro del cual se enmarca el proyecto, actividad que consiste en analizar el estado y condiciones del entorno afectable y está enfocado a evaluar las condiciones pre-operacionales de referencia que permitan determinar la trascendencia de las alteraciones potenciales que ocasionarían las obras a desarrollar en sus fases constructiva y operativa, estableciendo así las características de ese medio receptor y su capacidad de acogida.

El proceso de caracterización del área de estudio como tal, se desarrolló teniendo en cuenta el estado actual y las interrelaciones que presentan las diversas dimensiones temáticas o componentes pertenecientes a los medios abiótico, biótico y socioeconómico, y sus análisis y resultados son apoyados en la cartografía temática.

Esta fase del estudio permite establecer una base de información sólida, para acometer la etapa subsiguiente de zonificación de sensibilidad e importancia ambiental en interacción con las actividades del proyecto, desde la perspectiva ambiental, social, económica y de ingeniería, aspecto que se describe en detalle en el Capítulo 9. Zonificación de manejo ambiental del proyecto.

1.5.4.1 Componente Físico

1.5.4.1.1 Geología

La caracterización geológica del Estudio de Impacto Ambiental para la modificación a la licencia ambiental de la refinería de Cartagena, está representada por la descripción de las unidades litológicas y de la geología estructural del área de influencia del proyecto; está basada en las consultas a documentos del Servicio Geológico Colombiano, como la cartografía e Informes 1:100.000 y en documentos como la formulación de una guía metodológica para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa.

1.5.4.1.1.1 Fase 1. Adquisición de información secundaria

Se realizó un análisis de la información existente con relación a la geología y la geomorfología acudiendo a fuentes como:

- i. Estudio de Impacto ambiental Proyecto plan maestro Refinería de Cartagena, 1997.
- ii. Estudio de Impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del proyecto de construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de

- Cartagena, 2008.
- iii. Estudio de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del proyecto de construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de Cartagena por adición del terminal portuario, 2009.
 - iv. Informes y mapas producidos por el Servicio Geológico Colombiano, de los cuadrángulos o planchas geológicas 19-20 Arjona escala 1:100.000, con sus respectivas memorias descriptivas.

Se realizó un trabajo de fotointerpretación mediante la utilización de fotografías aéreas que se encuentren en la entidad, o compra de imágenes y fotografías nuevas que cubran el área de influencia del proyecto a una escala adecuada; con lo cual se delimito unidades de roca, sedimentos y depósitos, fenómenos de remoción en masa, los trazos de las principales estructuras geológicas, pliegues y fallas.

Las descripciones litológicas se realizarán teniendo en cuenta: clasificación textural, clasificación composicional, estructuras sedimentarias, selección, etc.

Con base en la fotointerpretación se realiza una sectorización preliminar, a lo largo y ancho del área (Hectáreas) que involucra el proyecto, se lograron identificar las zonas de comportamiento homogéneo geológico geotécnico, así como los sectores identificados como críticos desde el punto de vista de estabilidad o amenazas naturales. (sísmica, movimientos en masa, inundación).

1.5.4.1.1.2 Fase 2. Informes y mapas

Con la información recopilada en la fase anterior se generó el informe final, que contempla las características geológicas, del área de influencia del proyecto ajustadas a partir de la información secundaria y el análisis realizado por sensores remotos.

Se realizó el procesamiento e interpretación de los datos obtenidos, datos estructurales, clasificaciones de tipo de roca, clasificaciones de tipo de depósitos; con esta información se generó el informe final, que contemple las características geológicas, del área de influencia del proyecto, acompañándolo de mapas a escala adecuada.

1.5.4.1.2 Amenazas Naturales

Las amenazas naturales que se consideran representativas para el área de influencia corresponden, amenaza sísmica, fenómenos de remoción en masa, ceráunica, Tsunamis, erosión costera e inundación.

1.5.4.1.2.1 Amenaza Sísmica

La amenaza por sismicidad se determinó con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), el cual presenta una zonificación de la amenaza sísmica en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA por sus siglas en ingles), que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia.

1.5.4.1.2.2 Amenaza por procesos de remoción en masa

La amenaza por procesos de remoción en masa se determinó a partir de la fotointerpretación de sensores remotos y con base en la interacción de los factores intrínsecos (geología, geomorfología, hidrogeología, cobertura de la tierra, intensidad de erosión, pendientes, drenajes) y los factores detonantes (sismicidad y precipitación) que intervienen en la generación de los procesos de remoción en masa y procesos erosivos, se establece la amenaza relativa del terreno, la metodología completa es presentada en el numeral 1.5.3.10 Geotecnia, en donde se realizó una zonificación con variables físicas para identificar zonas de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, es importante señalar que la amenaza presentada es la inversa a la zonificación geotécnica.

1.5.4.1.2.3 Amenaza Cerámica

Para el presente documento se utiliza el mapa de amenaza de iso-niveles cerámicos para Colombia que fue elaborado por el convenio de la Universidad Nacional de Colombia e interconexión Eléctrica S.A. ESP, con base en el sistema de información de descargas de ISA S.A. ESP el cual se encuentra publicado en la Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1.

1.5.4.1.2.4 Amenaza por erosión Costera

Se tomó la información presentada en el Diagnostico de la erosión costera del Caribe colombiano (INVEMAR, 2009) para el área de influencia.

1.5.4.1.2.5 Susceptibilidad a inundación

Para la determinación de la susceptibilidad a la inundación se tuvo en cuenta, la dinámica fluvial y la relación temporal y espacial de las inundaciones, las cuales se explican a continuación.

1.5.4.1.2.6 Dinámica Fluvial

Se realiza la determinación de la dinámica fluvial a partir de la carga de sedimentos de la corriente, que está controlada por la pendiente, la velocidad y el suministro de sedimentos y el régimen hidrológico, o sea lo concerniente a las velocidades, cantidades y dirección de flujo de agua.

1.5.4.1.2.7 Relación temporal y espacial de las inundaciones

Para establecer la relación espacio temporal asociada a áreas inundables por la dinámica fluvial de las corrientes, se realizó un análisis basado en la cartografía del sistema de información ambiental de Colombia-SIAC, donde se muestran para el país las siguientes categorías.

- i. Zonas susceptibles de inundación

- ii. Zonas inundables periódicamente
- iii. Zonas de cuerpos de agua
- iv. Zonas de inundación evento niña (2010 – 2011)
- v. Zonas no inundables

Las cuales fueron ajustadas cartográficamente a partir de las unidades y subunidades geomorfológicas del área de influencia.

1.5.4.1.3 Geomorfología

La caracterización geomorfológica del área de influencia se realizó teniendo como guía el documento realizado por la Subdirección de Geología Básica del Servicio Geológico Colombiano llamado “Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa” (2012) Guía sugerida por el ANLA en los términos de referencia.

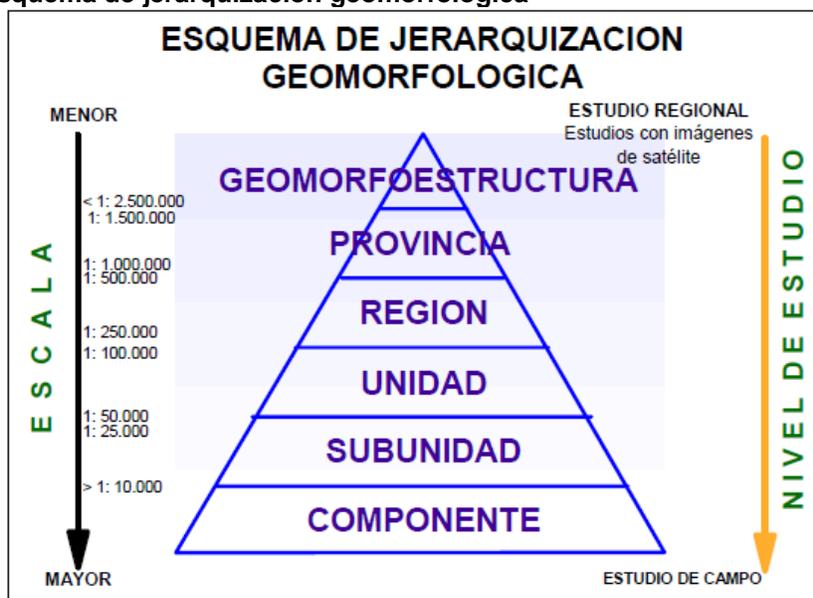
La variedad de las geoformas que se encuentran en esta área, obedece a la interacción dinámica de diferentes factores, ya sean de tipo hidrológico, procesos erosivos, etc., enmarcados dentro de un cambio dinámico a través del tiempo, los cuales modelan el relieve dando como resultado diversos tipos de paisaje.

La caracterización geomorfológica se desarrolló teniendo en cuenta los análisis a partir de los siguientes aspectos:

- i. Morfogénesis: Este aspecto involucra la definición del origen de las diferentes geoformas, entre lo que abarca las causas y procesos que dieron origen a las formas de terreno, ya que el origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que interactúan para darle las formas a la superficie terrestre en diferentes intensidades y proporciones y durante intervalos de tiempo geológico.
- ii. Morfografía: Corresponde a las características o aspectos relacionados con la geometría de las unidades geomorfológicas.
- iii. Morfodinámica: Este aspecto se focaliza en los procesos denudativos que han afectado, están afectando y se pueden activar en el futuro, concepto que permite comprender la evolución y cambio que puede tener la superficie terrestre también permite evidenciar el grado de movilidad o de actividad relacionada a un paisaje, determina los procesos y su intensidad en la conformación de las geoformas.
- iv. Morfoestructura: Corresponde al análisis de las formas desde el punto de vista estructural (tectónica de placas, fallamientos, lineamientos y plegamientos), que tienen influencia en la conformación del relieve.

De acuerdo con Carvajal (2008), se adoptó una jerarquización geomorfológica, la cual relaciona las escalas de trabajo con la subdivisión geomorfológica, la génesis y los ambientes morfogenéticos, (Ver Figura 1-10).

Figura 1-10 Esquema de jerarquización geomorfológica



Fuente: SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la Zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. (2012).

A partir de la información recopilada de estudios anteriores, e información obtenida con sensores remotos se logró identificar los cambios de pendiente, cambios de altura, geoformas principales, fenómenos de remoción en masa presentes en el área de estudio, así como el ambiente morfogenético.

Esta información hace parte fundamental del insumo para la elaboración de los informes finales que contempla las características geomorfológicas, de acuerdo con los términos de referencia, del área de influencia del proyecto; acompañándolo de mapas a escala adecuada de presentación en planta.

1.5.4.1.4 Morfometría

El mapa de pendientes es una variable cuantitativa y continua, derivada del modelo digital de elevación (DEM). Los rangos de pendientes que se emplean en esta variable corresponden a los rangos de inclinación de laderas propuesto por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en los términos de referencia.

Tabla 1.17 Rangos de pendientes

Unidad Cartográfica de Parámetro	
0-1%	A nivel
1-3%	Ligeramente plana
3 - 7%	Ligeramente Inclinado
7 - 12%	Moderadamente Inclinado
12 - 25%	Fuertemente Inclinado

Unidad Cartográfica de Parámetro	
25 - 50%	Ligeramente Escarpado o Ligeramente Empinado
50-75%	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada
75-100%	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada
>100	Totalmente escarpada

Fuente: MADS, 2016.

1.5.4.1.5 Suelos

La caracterización del componente suelos se realizó a partir del análisis la información secundaria de suelos generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) correspondiente a los estudios generales de suelos y zonificación de tierras a escala del departamento de Bolívar 1:100.000, así como de la información existente en los EIA's anteriores de la refinería.

Los estudios de suelos realizados a escala 1:100.000 presentan información general de suelos y las geoformas asociadas deben ser ajustadas y adecuadas a la información requerida a escala 1:25.000; lo cual requiere dos procesos principales como son la reinterpretación y consolidación del contenido pedológico conforme a la información secundaria.

1.5.4.1.6 Paisaje

La zonificación ecológica por unidades de paisaje desempeña un papel destacado en la fase de diagnóstico del territorio ya que permite una aproximación al conocimiento integral del medio biofísico, tal como lo propone la ecología del paisaje.

En términos generales la Ecología del Paisaje responde al interés de comprender de manera integral los patrones y procesos ecológicos en el espacio y el tiempo que percibimos.

La unidad de paisaje (landscape, landshaft, geosistema) se constituye en la unidad fundamental de análisis y se define como “una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas producto de la actividad de las rocas, agua, aire, plantas, animales y el hombre, que por su fisonomía es reconocible y diferenciable de otras consecutivas espacialmente (Zonneveld, 1989).

Se efectuó la caracterización de las unidades de paisaje que tienen como elemento central las geoformas del área de estudio y que permite plasmar cartográficamente y en forma integrada áreas similares en cuanto a su geogénesis, litología, hidrología, relieve, biota y acción antrópica.

Cada paisaje es un área geográfica discreta que agrupa una serie de ecosistemas en un marco de geogénesis común y dentro del cual existe cierta homogeneidad en cuanto a condiciones ambientales.

1.5.4.1.7 Hidrología

El desarrollo del componente hidrológico tuvo como objetivo identificar, caracterizar y cuantificar las zonas hidrográficas respecto al estado actual del recurso hídrico (Sistemas lentos y loticos).

La metodología se estructuró en dos etapas; la primera consistió en la revisión de información secundaria y obtención de información existente en entidades oficiales (IDEAM, Alcaldías, IGAC) y la segunda que consistió en el análisis y procesamiento de la misma, con el fin de caracterizar el estado actual del recurso hídrico.

1.5.4.1.7.1 Revisión de información secundaria

En esta etapa se realizó la búsqueda de información secundaria, relacionada con el componente hidrológico del área de estudio, para lo cual se verificó entre otros, la cartografía IGAC, imágenes satelitales, de Google Earth, información meteorología e hidrológica disponible en el IDEAM, Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias y estudios realizados para el área del proyecto, entre los cuales se encuentran los EIA de los años 2000, 2008 y 2010.

1.5.4.1.7.2 Análisis y procesamiento

Para adelantar el componente hidrológico fueron empleados los siguientes insumos:

- i. Cartografía oficial del IGAC.
- ii. Estudios previos del área de estudio (EIA).
- iii. Información oficial de Estaciones meteorológicas, IDEAM.

Para el establecimiento de la dinámica fluvial y los caudales característicos de los cuerpos de agua identificados mediante la cartografía e información técnica existente, se emplearon las estaciones que se presentan en la Tabla 1.18

Tabla 1.18 Estaciones meteorológicas empleadas

Código	Estación	Tipo	Corriente	Este	Norte
14015020	Aeropuerto Rafael Núñez	SP	Mar Caribe	842486,48	1647450,97
29030040	Arjona	PG	Ay el Caimán	860095.03	1625582.70
29030370	Santa Ana	PM	Mar Caribe	838535,31	1623892,18

Fuente: Catálogo de Estaciones Hidrometeorológicas- IDEAM 2010

Con base en dicha información se procedió a desarrollar el componente hidrológico teniendo en cuenta las siguientes metodologías:

1.5.4.1.7.3 Jerarquización y codificación de las cuencas hidrográficas

La jerarquización y codificación de la red hidrográfica perteneciente al AI del proyecto, se realizó siguiendo lo establecido en el documento: Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia (IDEAM, 2013), que tuvo su base

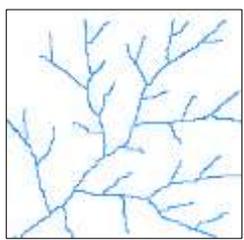
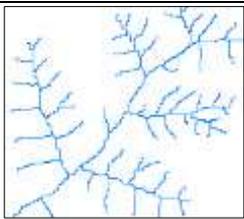
metodológica en la Resolución 0337 del 4 de abril de 1978.

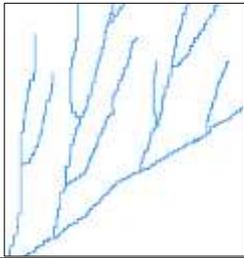
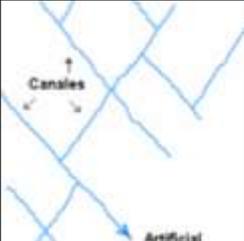
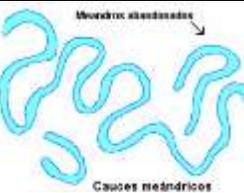
Según esta guía, “una de las más valiosas herramientas de la práctica hidrológica, después de la zonificación, clasificación e inventario de cuencas, es la codificación de las mismas; que permite estudiar y determinar en forma cuantitativa todos los procesos físicos que contribuyen a la formación y variación espacio temporal del recurso hídrico en una zona determinada; la asignación de un código a la cuenca facilita identificar y diferenciar unas cuencas de otras. Igualmente, el código permite acceder dentro de una base de datos a los diferentes atributos y características morfológicas y fisiográficas e interrelacionar con otras variables su distribución espacial del agua”.

1.5.4.1.7.4 Patrones de drenaje

Los patrones de drenaje son configuraciones en las redes hídricas que presentan ciertos arreglos geométricos o irregulares, que permiten su relación con sus propiedades hidrológicas o hidrogeológicas (Londoño, 2001). Dependiendo de la forma que presenten los cauces que posee la cuenca, se puede hablar de patrones de drenaje, entendido esto como la forma que tiene él o los cauces encargados de drenar o extraer el agua de los terrenos circundantes (vertientes). En la Tabla 1.19, se presenta la descripción de algunos de los patrones de drenaje citados en la literatura.

Tabla 1.19 Descripción patrones de drenaje con base en su forma

Sistema de drenaje	Forma	Descripción
Dendrítico		Es el patrón que más frecuentemente se presenta, y se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. Se desarrolla en suelos homogéneos, moderadamente permeables, con pendientes suaves y sin ningún tipo de control. Se presenta, con frecuencia, en zonas de rocas sedimentarias blandas, aluviones finos, tobas volcánicas, depósitos de till glacial (brecha consolidada o roca sedimentaria, cuyos materiales de partida se han formado por fenómenos glaciares), principalmente.
Pinado		Corresponde a un drenaje dendrítico modificado que presenta una gran cantidad de tributarios cortos y poco espaciados, e indica un elevado contenido de limo en el suelo. Es típico de zonas planas o casi planas, con materiales muy homogéneos, friables y finos, eólicos o aluviales, como: loess (roca sedimentaria incoherente, de partículas muy finas), ceniza volcánica, till. Tampoco presenta controles.

Sistema de drenaje	Forma	Descripción
Paralelo o sub paralelo		Este patrón presenta los tributarios paralelos o casi paralelos entre sí. Tiene la característica que se puede presentar por influencia de control topográfico o estructural, siendo más común el topográfico.
Artificial		Cobija todas las obras que realiza el hombre para evacuar los excesos de agua de zonas mal drenadas. No se debe confundir con las acequias de riego en zonas áridas o semiáridas.
Rectos		Son tramos del cauce que discurren en línea casi recta y que pueden estar asociados con problemas de fallas que lo están controlando. Este tipo de canales no son frecuentes en la naturaleza. También se presenta este tipo de cauces en ríos canalizados y, en este caso, no hay relación entre el cauce y algún fenómeno geológico.
Meándricos		Este tipo de cauces es indicativo, según Strahler (1979), de ríos que están en su etapa de madurez, caracterizados por poseer valles amplios y planos, en los cuales el cauce se desplaza formando lazos u ondulaciones más o menos regulares, que aumentan grandemente su longitud, con respecto a la longitud que presenta el valle.
Trenzados		Los cauces trezados, llamados también por Strahler (1979) anastomosados o anastomóticos, evidencian un aporte de sedimentos a las corrientes, mayor del que ellas pueden transportar; por esto se observa que los depósitos de material dentro del cauce del río son bastante considerables, obligando a las corrientes a dividirse en una serie de canales interconectados (brazos), y separados por islas, con lo cual van adquiriendo una apariencia de trenza. Los canales trezados tienden a ser muy anchos y relativamente poco profundos, con materiales gruesos en el fondo y bien gradado.

Fuente: Adaptado a partir de (Londoño, 2001)

1.5.4.1.7.5 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

La cuantificación del recurso hídrico superficial se realizó mediante la elaboración del balance hídrico para cada cuenca con el fin de realizar una correlación hidrológica, relaciones área – precipitación – caudal para de esta forma establecer un caudal aproximado característico de la zona.

Teniendo en cuenta que no existen registros históricos de caudales de los cuerpos de agua de interés en el área de influencia, ni datos en cuencas con características hidrológicas similares que pudieran ser homologables. La selección de la metodología para la estimación de caudales se hizo de acuerdo a la información de precipitación disponible para el área.

1.5.4.1.7.5.1 Balance hídrico

La lluvia como única fuente de alimentación de los procesos hidrológicos en una cuenca hidrológica, es uno de los componentes más importantes dentro de la ecuación de balance. Permite determinar el comportamiento de la disponibilidad del agua, la evapotranspiración, las épocas de recarga de agua, el déficit y el exceso de agua. A través del conocimiento de la evaporación potencial, del que se tienen registros de precipitación, se puede establecer el balance hídrico anual. Así es posible conocer la cantidad de agua que realmente se evapora desde el suelo y transpiran las plantas, la cantidad de agua almacenada por el suelo y la que se pierde por derrame superficial y profundo.

De esta manera, habrá meses con agua suficiente y meses en que se registre exceso o deficiencia de agua en forma manifiesta. También pueden ocurrir casos extremos en los que durante todo el año las precipitaciones sobrepasen las necesidades de agua o viceversa.

Para establecer cuantitativamente el recurso hídrico aprovechable dentro del área de influencia del proyecto, se realiza un balance hídrico a largo plazo basado en la ley de la conservación de la masa. De acuerdo con este modelo, la suma de las entradas y las salidas del recurso hídrico en el AI, en un determinado intervalo de tiempo Δt , define la variación del almacenamiento de agua Δu . Para un mejor entendimiento se tiene la expresión:

$$\sum_t^{t+\Delta t} Entradas - \sum_t^{t+\Delta t} Salidas = \Delta u \pm \xi$$

Donde ξ es el término residual de convergencia del balance hídrico a largo plazo, en este se ven reflejados los errores e incertidumbres en la definición de los elementos del balance hídrico. Para el área de influencia de la refinería, se determinó el recurso hídrico aprovechable, los “déficits” y sus “excesos”, usando la precipitación promedio de la estación Aeropuerto Rafael Núñez, Arjona y Santa Ana, cuyo input es la temperatura media, mínima y máxima.

1.5.4.1.7.5.2 Evapotranspiración Potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial involucra los procesos de evaporación del agua líquida y la transpiración que sucede en las hojas de las plantas. Por esta razón la evapotranspiración potencial depende de distintos factores como el brillo solar y la cobertura vegetal, entre otros. Para la determinación de la ETP se empleó el método propuesto por (Thornthwaite, 1948).

Siguiendo el método, la ETP sin ajustar (representada por la letra e, en mm/mes) depende

directamente de la temperatura media (representada por las letras t_m , en grados Celsius), afectada por un coeficiente exponencial (a), de la siguiente manera:

$$e = 16 \cdot \left(\frac{10 \cdot t_m}{I} \right)^a$$

Donde I , es el índice de calor anual, que se calcula sumando el índice de calor (i) mensual de los doce meses del año, de la siguiente manera:

$$I = \sum i_{\text{mensual}}$$
$$i_{\text{mensual}} = \left(\frac{t_m}{5} \right)^{1.514}$$

El parámetro a , se calcula según la siguiente expresión:

$$a = 0.000000675 \cdot I^3 - 0.0000771 \cdot I^2 + 0.01792 \cdot I + 0.49239$$

Después de realizar este procedimiento, se obtienen los valores de la evapotranspiración potencial (ETP) sin ajustar (e). Pero en el modelo de Thornthwaite se corrige la ETP sin ajustar (e), con un coeficiente (L) que tenga en cuenta el número de días en el mes y el número de horas de sol de cada día, dependiendo de la latitud y del mes (Tabulados).

Es decir,

$$ETP \text{ ajustada} = L \cdot e$$
$$L = \frac{\# \text{días mes}}{30} \cdot \frac{\# \text{horas luz en el día}}{12}$$

El ejercicio consiste en estimar cuál es la escorrentía que puede ser aprovechada en el AI de la refinería en términos promedio a nivel mensual, este ejercicio se realizó para cada una de las microcuencas que se delimitaron para el presente estudio, a continuación, se muestra el ejercicio

1.5.4.1.7.6 Características morfométricas de las cuencas

Las características de una cuenca y de las corrientes que forman el sistema hidrográfico pueden representarse cuantitativamente mediante índices de forma y relieve de la cuenca y de la conexión con la red fluvial. Muchos de los índices son razones matemáticas, por lo que pueden utilizarse para caracterizar y comparar cuencas de diferentes tamaños.

La morfometría hidrográfica actual tiende a centrarse en el área, longitud, forma, atributos del relieve y densidad de drenaje de la cuenca. La importancia de este tipo de caracterizaciones radica, en la inferencia que genera sobre fenómenos de inundaciones. Para el análisis morfométrico, se utilizó el modelo digital de terreno (modelo de 12,5m).

- i. Área de las cuencas - área aferente (A)

Parámetro que resulta ser uno de los más importantes ya que está directamente relacionado con los procesos hidrológicos que se dan al interior de estas. Adicionalmente se determinaron para cada punto de interés los perímetros, ya que en conjunto con el área permiten inferir sobre la forma de la cuenca.

Longitud del cauce principal (L_t) e índice de sinuosidad (K_s)

Es la distancia del recorrido que hace el cauce principal desde su nacimiento hasta su desembocadura medida en kilómetros. Usualmente L_t presenta un grado de sinuosidad, el cual se representa a través del coeficiente de sinuosidad K_s que constituye la relación entre la distancia total configurada por el recorrido de la corriente L_t , +sobre la distancia lineal desde el nacimiento hasta la desembocadura L_l (Domínguez C., 2010).

$$K_s = \frac{L_t}{L_l}$$

ii. Densidad de la red hidrográfica (D)

Este parámetro se define como el cociente entre la longitud total de los cauces que conforman el sistema fluvial de la cuenca, expresados en kilómetros y el área total de la cuenca, expresada en kilómetros cuadrados (Horton, 1945). Matemáticamente se expresa como:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n L_{t_i}}{A}$$

Donde n es el número de corrientes visibles en la cartografía disponible y A es el área en kilómetros cuadrados la cuenca evaluada.

iii. Ancho medio de la cuenca (B)

Se determina como el cociente entre el área de la cuenca y la longitud lineal de la corriente principal:

$$B = \frac{A}{L_l}$$

iv. Elongación de la cuenca o coeficiente de forma (σ)

Se calcula como el cociente entre la longitud lineal de la corriente principal L_l y el ancho medio de la cuenca B :

$$\sigma = \frac{L_l}{B} = \frac{L_l^2}{A}$$

v. Coeficiente de compacidad (Kc)

Es la relación entre la longitud del perímetro de la cuenca P_{cuenca} y el perímetro de un círculo con área equivalente a la de la cuenca $P_{circulo}$

$$k_c = \frac{P_{cuenca}}{P_{circulo}} = \frac{P_{cuenca}}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P_{cuenca}}{\sqrt{A}}$$

La Tabla 1.20 contiene la clasificación de cuenca en función del índice de compacidad según la FAO (FAO, 1985). Cuencas con valores de compacidad superiores a 1.5 tienden a tener un tránsito más largo de sus crecientes y por lo tanto menores problemas de inundación.

Tabla 1.20 Clasificación de cuenca de la FAO en función del índice de compacidad

Tipo	Rango	Descripción
KC1	1.00 – 1.25	Redonda a oval redonda
KC2	1.26 – 1.50	Oval redonda a oval oblonga
KC3	1.51 – 1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga
KC4	> 1.75	rectangular oblonga

Fuente: (FAO, 1985)

vi. Pendiente del cauce principal (I_{cauce})

Por pendiente se entiende el cociente entre los incrementos de alturas/cotas y los incrementos de longitud de la corriente para un tramo determinado. La pendiente promedio I_{cauce} es el cociente entre la caída de alturas/cotas ΔH sobre la longitud del tramo ΔL en la que esta caída ocurre (Domínguez C., 2010):

$$I_{cauce} = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

vii. Altura de la cuenca (H_{cuenca})

Se calcula con base al diagrama de frecuencias de la curva hipsométrica.

$$H_{cuenca} = H_1 f_1 + H_2 f_2 + \dots + H_n f_n$$

Aquí: H_i es la cota de altura en la mitad del intervalo de cada clase y f_i es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

viii. Número de orden de la cuenca (N)

Se determina con base en el número de orden máximo obtenido para el cauce principal de la red hídrica de la cuenca. El orden del río se calcula con base en el método propuesto por Strahler en 1952, donde los ríos en su nacimiento tienen valor de orden 1 y estos aumentan de orden solo cuando 2 o más ríos de un mismo orden se cruzan. Por lo tanto, la

intersección de un río de primer orden y un río de segundo orden mantendrá el río de segundo orden, si se unen 2 o más ríos de segundo orden el río resultante será de tercer orden.

ix. Tiempos de concentración

Es el tiempo transcurrido entre el final del hietograma de excesos y el final del escurrimiento directo, siendo ésta la definición que aparece reseñada en la literatura con mayor frecuencia. Sin embargo, otros autores reportan el T_c como el tiempo comprendido entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo.

Además, se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial.

Existen una serie de fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo, desarrolladas por diversos autores. Algunas de las fórmulas que se emplean para el cálculo de este indicador se encuentran, Kirpich, Témez, Giandotti, Bransby-Williams. Sus cálculos se muestran a continuación:

$$T_c = 0.02 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Tiempo de Concentración por Kirpich

Fuente: (Wanielista, 1997)

Donde:

T_c Tiempo de concentración (min)
 L Longitud del cauce principal en (m)
 S Pendiente del cauce principal (m/m)

$$T_c = 0.3 * \left[\frac{L}{S^{0.25}} \right]^{0.75}$$

Tiempo de Concentración por Temez

Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

T_c Tiempo de concentración (horas)
 L Longitud del cauce principal en (km)
 S Pendiente del cauce principal (m/m)

$$T_c = \left[\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}} \right]^{0.75}$$

Tiempo de Concentración por Giandotti

Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

- T_c Tiempo de concentración (Horas)
L Longitud del cauce principal en (Km)
A Área de la cuenca (km²)
H Diferencia de alturas del cauce principal (m)

$$T_c = \frac{L}{1.5D} \sqrt[5]{\frac{A^2}{S}}$$

Tiempo de Concentración por Bransby-Williams

Fuente: (Chow, 1994)

Donde:

- T_c Tiempo de concentración (Horas)
L Longitud del cauce principal en (Km)
A Área de la cuenca (km²)
S Pendiente media del cauce principal (%)
D Diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km)

1.5.4.1.8 Hidrogeología

Teniendo en cuenta lo establecido en los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, se realizó la caracterización Hidrogeológica para el estudio de impacto ambiental para la modificación a la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena.

La caracterización hidrogeológica tiene como objetivos principales:

- i. Evaluar el potencial hidrogeológico de las rocas y sedimentos presentes en el área de estudio para almacenar y transmitir agua subterránea
- ii. Establecer la productividad de los acuíferos
- iii. Identificar la posible afectación de los acuíferos a ser contaminados
- iv. Describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico de la zona de evaluación
- v. Valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo.

El componente hidrogeológico se realizó con base en la recopilación, análisis y validación de información existente y adicionalmente se usó información adquirida en los aspectos de geología, geomorfología, e hidrología, así como la información obtenida con respecto a los puntos de agua subterránea, los cuales se presentan a continuación.

- i. Estudio de Impacto ambiental Proyecto plan maestro Refinería de Cartagena, 1997.
- ii. Estudio de Impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del proyecto de construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de Cartagena, 2008.
- iii. Estudio de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del proyecto de construcción y operación de plantas nuevas en la Refinería de

- Cartagena por adición del terminal portuario, 2009.
- iv. Informes y mapas producidos por el Servicio Geológico Colombiano, de los cuadrángulos o planchas geológicas 19-20 Arjona escala 1:100.000, con sus respectivas memorias descriptivas.
 - v. Atlas de aguas subterráneas de Colombia plancha 5-04, INGEOMINAS, 2000.

Para desarrollar el componente se partió de la evaluación de información y cartografía geológica y geomorfológica realizada, para el Estudio De Impacto Ambiental para la modificación a la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena; en la elaboración de la cartografía hidrogeológica y caracterización de las unidades, se hizo la cartografía hidrogeológica siguiendo los lineamientos propuestos en los estándares internacionales, en este sentido se adoptó la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) “Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos” (UNESCO, 1983). La leyenda se basa en la asignación de categorías hidrogeológicas con base en el potencial de rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, en función de la composición, permeabilidad y capacidad específica de cada unidad litológica evaluada.

Por otra parte, teniendo en cuenta la división de provincias Hidrogeológicas propuesto por la UNESCO para el Mapa Hidrogeológico de Sur América, Colombia fue dividida en 6 provincias, donde el área de influencia se enmarca en la provincia Andina Vertiente Atlántica.

1.5.4.1.8.1 Clasificación y caracterización de unidades hidrogeológicas

A partir de la información recopilada se logró la identificación de acuíferos; la definición y clasificación de unidades hidrogeológicas se realizó según la permeabilidad, la porosidad y la litología de las diferentes unidades geológicas del área de influencia. Teniendo en cuenta esta información y las características de las unidades litológicas para conformar unidades con capacidad de almacenamiento de agua se clasificó en los siguientes tipos: Acuíferos, Acuicludos, Acuitardos y Acuifugos.

1.5.4.1.8.2 Evaluación y clasificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación se define como la facilidad con la cual ingresan sustancias que puedan afectar la calidad de agua subterránea siendo penetradas por una carga contaminante mediante infiltración a través del suelo y/o la zona no saturada.

Se realizó la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos, dando una valoración cuantitativamente a cada uno de los siguientes parámetros: naturaleza litológica de la zona no saturada, condición de confinamiento y profundidad de la tabla de agua, calificando cada uno de estos parámetros utilizando el sistema de indexación GOD, propuesto por Foster (1987) (ver Tabla 1.21), y así se obtuvo la vulnerabilidad a la contaminación de Acuíferos en el área de influencia.

Tabla 1.21 Valoración de parámetros Método GOD

Ocurrencia del agua subterránea "G"								
Ninguno					0			
Surgente					0.1			
Confinado					0.2			
Semiconfinado					0.3			
No Confinado (cubierto)					0.5			
Libre					1			
Litología predominante sobre el acuífero "O"								
No Consolidados	Consolidados (Rocas porosas)	Consolidados (Rocas masivas)			Ponderación			
Arcillas					0.4			
Limos	Arcillolitas							0.5
	Lutitas							
Gravas con matriz arcillosa	Limolitas				Complejos ígneos, metamórficos, volcánicos antiguos			0.6
Arcilla/Grava y/o Arena (intercalaciones)	Areniscas							0.7
	Tobas volcánicas							
Arenas	Litoarenitas	Lavas volcánicas recientes			0.8			
Gravas	Calcarenitas							0.9
	Calizas Blandas							
		Caliche			1.0			
		Otras calizas duras						
Profundidad del agua "D"								
> 100m					0.4			
50 – 100m					0.5			
20 – 50m					0.6			
10 – 20m					0.7			
5 – 10m					0.8			
2 – 5m					0.9			
0 – 2m					1.0			
Grado de vulnerabilidad a la contaminación "GOD"	Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Extrema			
	0 – 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.5	0.5 – 0.7	0.7 – 1			

Fuente: Adaptado de INGEOMINAS, 2003 en Foster (1987).

1.5.4.1.8.3 Zonas de recarga

Para determinar las zonas de recarga en el área de influencia se realizó el método (Matus, 2007), que está basado en dar ponderaciones de 1 a 5 para los siguientes parámetros: Pendiente (Pend), Tipo de suelo (Ts), tipo de roca (Tr), cobertura vegetal permanente (Cve) y el uso del suelo (Us); con base en estas ponderaciones se obtuvo el mapa de zonas de recarga potenciales para el área de influencia. (Ver Tabla 1.22)

Tabla 1.22 Leyenda zonas potenciales de recarga

Pendiente			
Descripción	%	Ponderación	Posibilidad de recarga
Planos a casi planos	0-6	5	Muy Alta
Moderadamente ondulados	6-15.	4	Alta
Ondulados/concavos	15-45	3	Moderada
Escarpados	45-65	2	Baja
Fuertemente escarpados	>65	1	Muy Baja
Tipo de Suelo			

Textura	Ponderación	Posibilidad de recarga
Suelos franco-arenosos a arenosos.	5	Muy Alta
Suelos francos	4	Alta
Suelos franco-limosos	3	Moderada
Suelos Franco arcillosos	2	Baja
Suelos arcillosos	1	Muy Baja
Tipo de roca		
Textura	Ponderación	Posibilidad de recarga
Rocas muy permeables, muy suaves constituidas por agregados gruesos, con macro poros interconectados	5	Muy Alta
Rocas permeables constituidas por agregados medianos con poros conectados entre sí, ej arenas finas.	4	Alta
Rocas moderadamente permeables, con regular conexión de poros entre si	3	Moderada
Rocas poco permeables un poco duras, moderadamente compactas, constituidas por partículas finas, una combinación de gravas con arcillas, con presencia de fracturas conectadas entre si	2	Baja
Rocas impermeables	1	Muy Baja
Cobertura vegetal permanente		
Porcentaje	Ponderación	Posibilidad de recarga
>80%	5	Muy Alta
70-80%	4	Alta
50-70%	3	Moderada
30-50%	2	Baja
<30%	1	Muy Baja
Uso de suelo		
Uso de suelo	Ponderación	Posibilidad de recarga
Bosque que presentan los tres estratos con árboles, arbustos y hierbas	5	Muy Alta
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	4	Alta
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	3	Moderada
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	2	Baja
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo	1	Muy Baja

Fuente: Mattus, 2007

1.5.4.1.9 Calidad del agua

Para el desarrollo del componente de calidad de agua, se tomó como base los resultados de la caracterización fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica realizada a la red de monitoreo de la Refinería de Cartagena durante el año 2018. Dicha información, fue filtrada y analizada con el fin de presentar los resultados y el correspondiente análisis de la tendencia de los parámetros monitoreados en los diferentes puntos al interior de la Refinería de Cartagena.

En la Tabla 1.23 se presentan los monitoreos empleados para el análisis de calidad de agua.

Tabla 1.23 Monitoreos calidad de agua

Fecha del monitoreo	Tipo de monitoreo	Laboratorio que realizó el monitoreo	Resolución de acreditación
Agosto de 2018	Agua superficial Arroyo Grande	Instituto de Higiene Ambiental S.A.S.	Resolución 0286 del 02 de marzo de 2016
Marzo y noviembre de 2018	Agua marítima Cuatro sectores sobre la bahía de Cartagena	Instituto de Higiene Ambiental S.A.S.	

Fuente: Concol by WSP., 2019.

Dicho análisis se realizó de conformidad con lo establecido en los términos de referencia HI-TER-1-07 para proyectos de construcción y operación de refinerías y desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación.

1.5.4.1.10 Usos del agua

Para determinar la dinámica del uso del agua (usos, usuarios y conflictos actuales y potenciales por disponibilidad y uso del agua) en el área de estudio, la metodología consistió en la identificación y análisis de información secundaria suministrada por la Refinería de Cartagena y analizada a partir de la imagen cartográfica y de las actividades económicas de las empresas cercanas a la bahía de Cartagena.

1.5.4.1.11 Geotecnia

Se presentaran los resultados de la zonificación geotécnica del área de estudio, que consiste en la división del terreno en zonas homogéneas en cuanto a su comportamiento geotécnico y a su calificación de acuerdo con su susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que puedan afectar la construcción y operación del proyecto, para lo cual en un ambiente SIG, se definirán áreas con características similares en cuanto a siete variables consideradas (litología, geomorfología, hidrogeología, densidad de fallas geológicas activas, cobertura del suelo, densidad de drenaje y pendientes).

Al incorporar las variables precipitación y sismos (factores detonantes) se obtendrá la amenaza relativa a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, calificada desde muy baja a muy alta, de acuerdo con el esquema metodológico de las variables modificado por VARGAS, G, 1999.

El resultado final definirá cinco (5) categorías de estabilidad geotécnica, basadas en la susceptibilidad y la amenaza relativa a los procesos de remoción en masa y procesos erosivos (PRM).

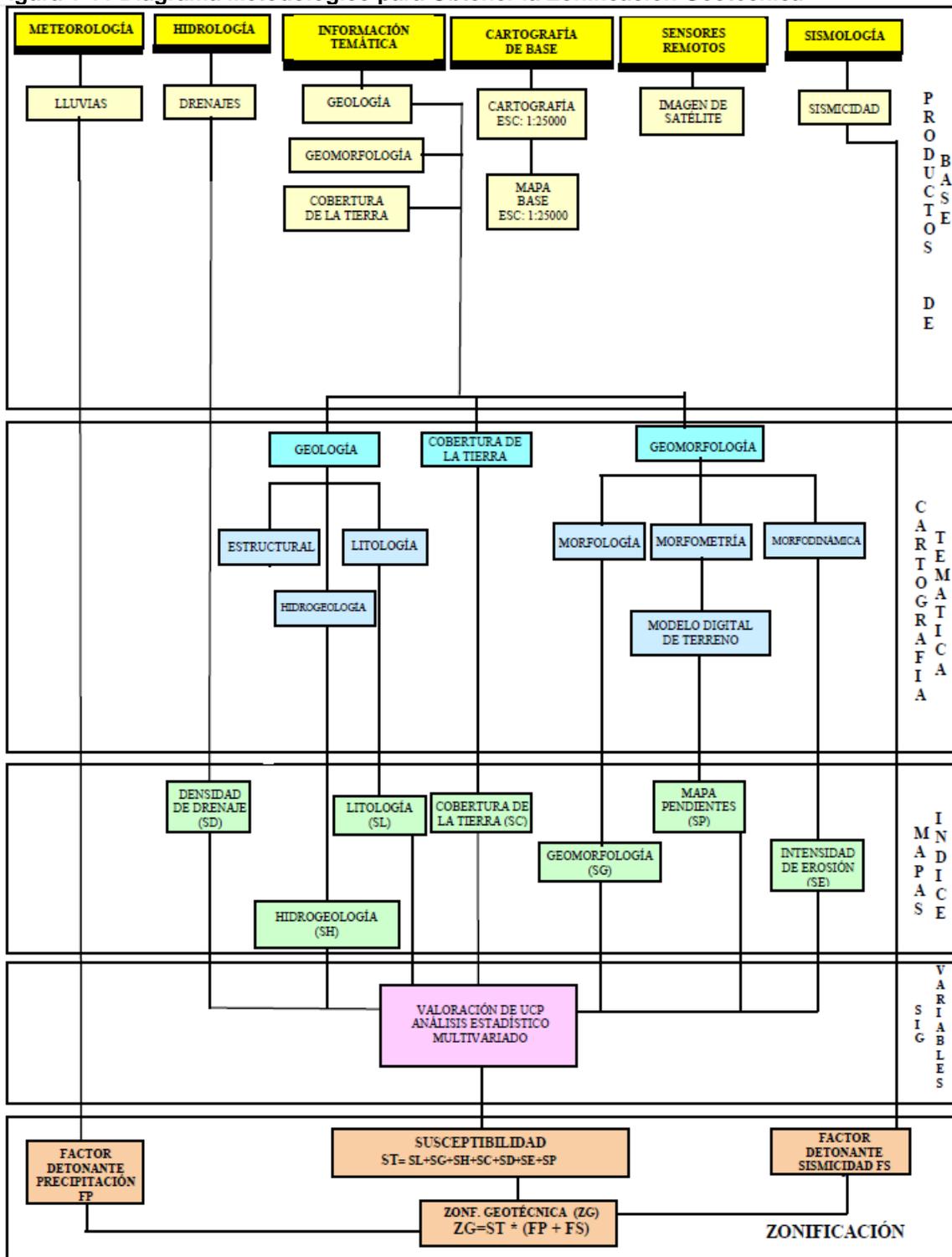
- i. Recopilación, depuración y análisis de información existente.
- ii. Elaboración del mapa base digital.
- iii. Estudio de las variables geoambientales o factores del terreno.
- iv. Implementación del modelo SIG. Sobre el mapa base digital del All se digitalizó la



información temática georreferenciada con bases de datos y atributos de cada unidad cartográfica de parámetro.

Evaluación de variables. Análisis y determinación del peso de las variables frente a los procesos de remoción en masa. Se estableció un criterio semicuantitativo, en el cual se le asignó a cada unidad de parámetro un valor o "peso" de susceptibilidad de 1 a 5. (Ver Figura 1-11).

Figura 1-11 Diagrama Metodológico para Obtener la Zonificación Geotécnica



Fuente: Concol by WSP, 2019.

Tabla 1.24 Categorías y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables

Categoría de susceptibilidad	Peso
Muy baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy alta	5

Fuente: Concol by WSP, 2018.

Durante el proceso de evaluación de la amenaza por procesos erosivos y de remoción en masa, se elaboró un mapa de susceptibilidad general del terreno mediante un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los ocho mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando el SIG ArcGis10, así:

$$ST = SL + SG + SH + SC + SD + SF + SP + SE$$

Dónde:

ST = Susceptibilidad del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.

SL = Susceptibilidad del parámetro litología.

SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.

SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.

SC = Susceptibilidad del parámetro cobertura de la tierra.

SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.

SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de fallas.

SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente.

SE = Susceptibilidad del parámetro procesos morfodinámicos.

Teniendo en cuenta que existen ocho variables de análisis, los valores sumatorios varían entre 14 y 28, por lo cual se establecen los siguientes intervalos para la categorización del mapa de susceptibilidad general del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa, como se muestra a continuación, en la Tabla 1.25.

Tabla 1.25 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno

Intervalos	Peso	Categorías de susceptibilidad
<16	1	Muy Baja
16-20	2	Baja
21-24	3	Moderada
25-26	4	Alta
>26	5	Muy Alta

Fuente: Concol by WSP, 2019

Una vez establecidos los diferentes valores de susceptibilidad para cada unidad cartográfica de parámetro en cada una de las ocho (8) variables que se incorporan al análisis, se obtendrán los mapas de susceptibilidad.

- i. Modelación de la susceptibilidad. Modelamiento multivariado de las variables y la

- zonificación de la susceptibilidad, entendida como el grado de propensión de un terreno a generar uno o varios fenómenos amenazantes.
- ii. Identificación de factores detonantes. Se consideraron la precipitación y los sismos como los factores externos que pueden detonar fenómenos de remoción en masa.
 - iii. Zonificación de la amenaza. Evaluación y zonificación de la amenaza relativa a los fenómenos de remoción en masa.
 - iv. Zonificación Geotécnica. La zonificación geotécnica del proyecto se estableció en cinco categorías, las cuales reflejan la conjugación de las variables incorporadas al análisis.

1.5.4.1.12 Atmósfera

1.5.4.1.12.1 Clima

El análisis de clima se realizó a partir de la recopilación, procesamiento y análisis de los registros del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), junto a las publicaciones de dicho instituto para dar cumplimiento a lo especificado en los términos de referencia HI-TER-1-07. La ubicación y características de las estaciones empleadas se presentan en el componente hidrología.

Inicialmente se hizo una revisión de los fenómenos climáticos propios del país profundizando en aquellos que se presentan en la zona de estudio. Posteriormente se examinaron las variables de temperatura, presión atmosférica, precipitación, humedad relativa, dinámica del viento, radiación solar, nubosidad y evaporación para la identificación del clima.

Para realizar el análisis se utilizaron los registros de estaciones elegidas bajo criterios de proximidad geográfica y representatividad en cercanías al área de estudio, lo cual permitió obtener un marco regional que ayudó a determinar el régimen histórico de los factores meteorológicos enunciados.

La caracterización de cada parámetro atmosférico incluyó un análisis mensual multianual, un análisis interestacional y un análisis que relaciona el comportamiento mensual multianual con el de otros parámetros para poder comprender las condiciones en las que se desarrollan los fenómenos climáticos.

1.5.4.1.12.2 Clasificación y zonificación climática

El presente aparte del estudio se determinó la zonificación climática según el método de Caldas – Lang, la cual proporciona un elemento de apoyo para la interpretación y delimitación de las unidades de paisaje y del régimen hidrológico de las fuentes hídricas especialmente durante la temporada de estiaje o de verano. Con fundamento en la metodología antes expuesta se procedió a elaborar la zonificación climática para la refinería de Cartagena, utilizando para el efecto información actualizada del IDEAM, mediante registros de temperatura y precipitación.

La precipitación se tomó del plano de isoyetas desarrollado en el componente climático de

“Distribución Espacial de la Precipitación” a escala de trabajo para polígono del área de influencia de la refinería de Cartagena, definiendo isolíneas cada 50 m.

Por el contrario, para el parámetro de temperatura no fue posible realizar una interpolación entre estaciones, dado que la información en la zona es limitada y se cuenta con información de una sola estación que reporta este parámetro. Por lo tanto y con el fin de realizar la zonificación climática y determinar el valor de la temperatura se utilizó la ecuación referenciada en el documento de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia del IDEAM del año 2007.

$$Temperatura = 28.1926 - 0.00561473 * Elevación\ del\ terreno$$

Una vez estuvieron categorizados los elementos de temperatura y precipitación, se hizo una intersección entre las dos capas obteniendo así el mapa resultado con los correspondientes rangos.

Tabla 1.26 Leyenda del mapa de zonificación climática

Cálidos (0 - 800 msnm) > 24° C	
	Árido (0 - 500 mm/año)
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
	Pluvial (> 7.000 mm/año)
Templados (800 - 1.800 msnm) Entre 18° C y 24° C	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
	Pluvial (> 7.000 mm/año)
Fríos (1.800 - 2.800 msnm) Entre 12° C y 18° C	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
Muy fríos (2.800 - 3.700 msnm) Entre 6° C y 12° C	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
Extremadamente fríos (3.700 - 4.500 msnm) Entre 1,5 y 6° C	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 - 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 - 7.000 mm/año)
Nival (> 4.500 msnm) < 1,5° C	
	Muy seco (500 - 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 - 2.000 mm/año)

Fuente: Concol by WSP, 2019.

1.5.4.1.12.3 Calidad de aire

El análisis de calidad de aire se llevó a cabo con base en la información suministrada por la Refinería de Cartagena correspondiente a los monitoreos realizados en el primer semestre de 2019 y 2020, en cumplimiento a la Resolución 2254 de 2017, al Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 del 29 de marzo de 2010 y de acuerdo con lo establecido en los términos de referencia HI-TER-1-07.

Para efecto de realizar análisis del componente y con el fin de dar cumplimiento al requerimiento No 3 “Presentar los resultados del monitoreo de calidad del aire para material particulado de tamaño menor a 10 micrómetros, PM₁₀, y a 2,5 micrómetros, PM_{2.5}, por laboratorios acreditados por el IDEAM en la toma y en el análisis de muestras. Ajustar, de acuerdo con los resultados obtenidos, el modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos”, se tomarán los resultados de los parámetros de la siguiente manera:

- Monitoreo realizado en el primer semestre 2019: dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV's), hidrocarburos totales (HCT), Vanadio (V), Cadmio (Cd)
- Monitoreo realizado en el primer semestre 2020: material particulado (PM₁₀), material particulado (PM_{2.5}).

En la Tabla 1.27 se presentan los monitoreos que fueron empleados para dicho análisis.

Tabla 1.27 Monitoreos de aire

Fecha del monitoreo	Parámetros monitoreados	Laboratorio que realizó el monitoreo
Abril 2-20 de 2019	SO ₂	Instituto de Higiene Ambiental S.A.S. Acreditado mediante Resolución 1883 del 9 de septiembre de 2015, 0286 del 2 de marzo de 2016, 1331 del 23 de junio de 2017 y 1976 del 31 de agosto de 2017, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM
	NO ₂	
	O ₃	
	CO	
	COV's	
	HCT	
	V	
Cd		
Febrero 23 – Marzo 11³ de 2020	PM ₁₀	AGQ PRODYCON Colombia S.A.S. Acreditado mediante Resolución 0031 del 14 de enero de 2020, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM
	PM _{2.5}	

Fuente: Concol by WSP., 2019.

³ Los 18 días de medición fueron entre febrero 23 y marzo 11, sin embargo, un día de medición en una de las estaciones fue invalidado por fallas en el suministro eléctrico, por lo cual las mediciones se extendieron 1 día más (hasta marzo 12) en esa estación.

1.5.4.1.12.4 Fuentes fijas

Para el análisis de las emisiones generadas por fuentes fijas se emplearon los resultados obtenidos en los análisis isocinéticos realizados en la Refinería de Cartagena durante el año 2018, los cuales se desarrollaron con el propósito fundamental de hacer el seguimiento al cumplimiento de los estándares de emisión establecidos en la Resolución 909 del 5 de junio de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

Los contaminantes monitoreados fueron:

- i. Material Particulado (MP)
- ii. Dióxido de azufre (SO₂)
- iii. Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Estas mediciones fueron comparadas con los estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, dispuestos por la Resolución 909 de 2008 para las siguientes actividades:

- Artículo 23. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg). (Ver Tabla 1.28)

Tabla 1.28 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades nuevas de fabricación de productos de la refinación del petróleo por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisiones admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NO _x	
Sólido	50	1700	600	6%
Líquido	50	1700	450	3%
Gaseoso	No aplica	No aplica	300	3%

Fuente: Resolución 909 del 5 de junio de 2008.

- Artículo 10. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas nuevas con capacidad instalada igual o superior a 20 MW, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg). (Ver Tabla 1.29)

Tabla 1.29 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas nuevas con capacidad igual o superior a 20 MW por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisiones admisibles (mg/m ³)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NO _x	
Sólido	50	2000	600	6%
Líquido	50	2000	450	3%
Gaseoso	No aplica	No aplica	300	3%

Fuente: Resolución 909 del 5 de junio de 2008.

- Artículo 13. Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para

centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración existentes, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25°C, 760 mm Hg). (Ver Tabla 1.30)

Tabla 1.30 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para centrales térmicas con capacidad instalada inferior a 20 MW y plantas de cogeneración existentes, por tipo de combustible, a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg).

Combustible	Estándares de emisiones admisibles (mg/m3)			Oxígeno de referencia
	MP	SO ₂	NO _x	
Sólido	100	2800	760	6%
Líquido	100	2000	650	3%
Gaseoso	No aplica	No aplica	300	3%

Fuente: Resolución 909 del 5 de junio de 2008.

Para el caso de los incineradores de las plantas de azufre aplican el límite de SO₂ de 900 mg/m³, según lo establecido en el parágrafo 2 del Artículo 4 de la Resolución 909 de 2008: “Los procesos e instalaciones de producción de ácido sulfúrico y de azufre tendrán un límite de emisión admisible de SO₂ de 1600 mg/m³ para las instalaciones existentes y de 900 mg/m³ para las instalaciones nuevas, a condiciones de referencia y con oxígeno de referencia del 11%.”

En la Tabla 1.31 se presenta la relación de fuentes fijas que fueron monitoreadas y cuyos resultados serán empleados para el análisis de emisiones atmosféricas por fuentes fijas.

Tabla 1.31 Fuentes fijas de emisión monitoreadas

ID	Fuentes fijas de emisión	Coordenadas datum magna sirgas origen Bogotá	
		Este	Norte
FE 01	CALDERA SP-SG-101	844366,3	1632600,0
FE 02	CALDERA SP-SG-102	844366,7	1632583,3
FE 03	CALDERA SP-SG-103	844342,0	1632588,1
FE 05	CALDERA SP-SG-1005	844341,8	1632618,9
FE 06	HORNO REHERVIDOR 44-H-01	845525,6	1632878,0
FE 07	HORNO REHERVIDOR 107-CNT-F-201	844600,9	1632464,4
FE 08	HORNO 108-DHA-F-001	845247,6	1632624,9
	HORNO 108-DHA-F-002		
FE 09	HORNO 109-DHB-F-001	845246,4	1632563,5
	HORNO 109-DHB-F-002		
FE 10	HORNO DE CARGA 110-HCU-F-001	845333,8	1632860,7
	HORNO DE RECICLO 110-HCU-F-002		
	HORNO DE LA FRACCIONADORA 110-HCU-F-101		
FE 11	HORNO 100-CDU-F-001	845199,2	1632876,7
FE 12	HORNO 100-CDU-F-002	845156,7	1632880,0
FE 13	HORNO 111-DCU-F-201	844953,5	1632686,2
	HORNO 111-DCU-F-202		
FE15	REFORMADOR 115-HPU-1-F001	845287,8	1632484,3
FE16	REFORMADOR 116 - HPU2-F001	845289,6	1632445,4
FE17	INCINERADOR 123-TGA-F-301	845059,0	1632510,3
FE18	INCINERADOR 124-TGB-F-301	845006,5	1632497,4

ID	Fuentes fijas de emisión	Coordenadas datum magna sirgas origen Bogotá	
		Este	Norte
FE19	130 PSG-GTGEN-001	845463,3	1632323,9
	130-PSG-HRSG-001		
FE20	130 PSG-GTGEN-002	845515,9	1632323,6
	130-PSG-HRSG-002		
FE21	130 PSG-GTGEN-003	845558,5	1632323,5
	130-PSG-HRSG-003		
FE22	CHIMENEA DE REGENERADOR CRACKING FC-D-2560	844442,7	1632790,3

Nota: la FE 14 Horno pequeño 146-TKF F-001* es un equipo que opera bajo demanda, por lo cual su monitoreo se realiza según lo establecido en el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas en relación a los equipos de respaldo.

Fuente: Refinería de Cartagena S.A.S., 2019.

Los monitoreos de fuentes fijas fueron desarrollados por el laboratorio Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., entidad acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM mediante Resolución 0286 del 02 de marzo de 2016.

La primera campaña de monitoreo se realizó entre el 21 de febrero al 27 de abril de 2018, mientras que la segunda se efectuó entre el 16 de junio hasta el 2 de noviembre de 2018.

Para la chimenea del regenerador Cracking FC-D-2560, se efectuaron cuatro campañas de monitoreo, la primera realizada el 21 de febrero de 2018, la segunda efectuada el 19 de mayo de 2018, la tercera llevada a cabo entre el 18 y 19 de agosto de 2018 y la cuarta entre el 20 al 22 de noviembre de 2018.

1.5.4.1.12.5 Ruido

El análisis de ruido se elaboró con información secundaria suministrada por la Refinería de Cartagena, correspondiente al monitoreo de ruido ambiental realizado en el primer semestre del año 2019, por la firma Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., acreditada por el IDEAM bajo las Resoluciones 1883 del 9 de septiembre de 2015, 0286 del 2 de marzo de 2016, 1331 del 23 de junio de 2017 y 1976 del 31 de agosto de 2017.

En la Tabla 1.32 se presentan los monitoreos empleados para el análisis de presión sonora.

Tabla 1.32 Monitoreos de ruido

Fecha del monitoreo	Tipo de monitoreo	Laboratorio que realizó el monitoreo
Abril 2019	Ruido Ambiental	Instituto de Higiene Ambiental S.A.S.

Fuente: Concol by WSP, 2019

Los valores de referencia para hacer el análisis de los resultados frente al cumplimiento de la norma son aquellos presentes en el Capítulo II, artículo 9, Tabla 1 de la Resolución 627 de 2006, en la fila correspondiente a "Sector C. Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas." (Ver Tabla 1.33).

Tabla 1.33 estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(a).

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 627 de 2006

Dicho análisis se realizó de conformidad con lo establecido en los términos de referencia HI-TER-1-07 para proyectos de construcción y operación de refinerías y desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación.

1.5.4.2 Componente Biótico

1.5.4.2.1 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

1.5.4.2.1.1 Áreas protegidas

El desarrollo de este ítem comprende la revisión de información secundaria para determinar la existencia de áreas protegidas de acuerdo con la clasificación establecida por el Decreto

2372 de 2010 por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 165 de 1994 y el Decreto 216 de 2003 en relación al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y las categorías de manejo que lo conforman. Así mismo a las áreas de Reserva Forestal definidas mediante la Ley 2 de 1959.

La información secundaria y las entidades a las que se solicitó esta información, corresponden a la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) en relación con áreas protegidas adscritas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), la subdirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en lo que refiere a ecosistemas RAMSAR, áreas de Reserva Forestal y ecosistemas estratégicos. En relación con áreas prioritarias de conservación se consultó la información disponible en la página web del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Se consultó a RESNATUR respecto a las reservas naturales de la sociedad civil y a las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción dentro del área de estudio del proyecto.

1.5.4.2.1.2 Ecosistemas estratégicos

De acuerdo con la definición del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los ecosistemas estratégicos son aquellos que garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible del país. Estos ecosistemas se caracterizan por salvaguardar procesos ecológicos fundamentales tales como la regulación climática, del recurso hídrico, realizar la función de depuradores del aire, agua y suelos; la conservación de la biodiversidad. (Tomado el 01/02/2016 de <http://www.minambiente.gov.co>).

Así mismo, La ley 99 de 1993 y el decreto 2372 de 2010, establecen como principio general de la política ambiental de Colombia la protección especial de las zonas de páramo, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos y los declaran como zonas de especial importancia ecológica.

En este sentido la delimitación de los ecosistemas estratégicos presentes dentro del área de estudio del proyecto se basó en aquellos polígonos definidos por las Autoridades ambientales regionales, en los Planes de ordenamiento y manejo de cuencas Hidrográficas (POMCAS) y el POT de la ciudad de Cartagena en donde se ubica el Área de influencia del proyecto; cuya categorización y/o usos definidos correspondan con el criterio de ecosistema estratégico.

1.5.4.2.1.3 Ecosistemas sensibles

Los ecosistemas sensibles se caracterizan por ser altamente susceptibles al deterioro por la introducción de factores ajenos o exógenos (Ministerio de Medio Ambiente, 1994); son aquellos que por su oferta y/o fragilidad ecosistémica debe tener medidas de manejo especial o ser protegidos para la conservación (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006).

Para la identificación de estos ecosistemas se realizó un análisis geográfico partiendo de los distritos biogeográficos definidos por Corzo, G y G Andrade, 2010 y los biomas y ecosistemas identificados en el área del proyecto.

1.5.4.2.2 Ecosistemas terrestres

1.5.4.2.2.1 Zonas de vida

Las zonas de vida son un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural de clima que tiene en cuenta las condiciones edáficas, la precipitación, la temperatura y la región latitudinal. Para el área de estudio se realizó el análisis de las zonas de vida, conforme al sistema desarrollado por Holdridge (1.987) y retomado para Colombia por Espinal y Montenegro (1963).

Acorde con lo señalado para la construcción del mapa de zonas de vida del área de estudio se empleó la información de los mapas de zonificación térmica y de precipitación realizados para la construcción del numeral de clima del presente estudio, así como las fajas altitudinales del sistema mundial de zonas de vida establecidas por Holdridge. Haciendo uso de esta información se realizó el moldeamiento cartográfico clasificando las zonas de vida identificadas, obteniendo el mapa de zonas de vida.

1.5.4.2.2.2 Biomas

Los biomas comprenden la primera categoría que agrupa un conjunto de ecosistemas terrestres afines por sus rasgos estructurales y funcionales, los cuales se diferencian por sus características vegetales (Walter, 1985 y Hernández y Sánchez, 1992).

Son formaciones clímax, que se caracterizan por la uniformidad fisionómica del clímax vegetal y por la composición de la biota representada, de tal manera que, a una formación clímax vegetal, corresponde una faunación característica, empero, la vegetación imprime al paisaje en general, rasgos más característicos y conspicuos (Hernández y Sánchez, 1992).

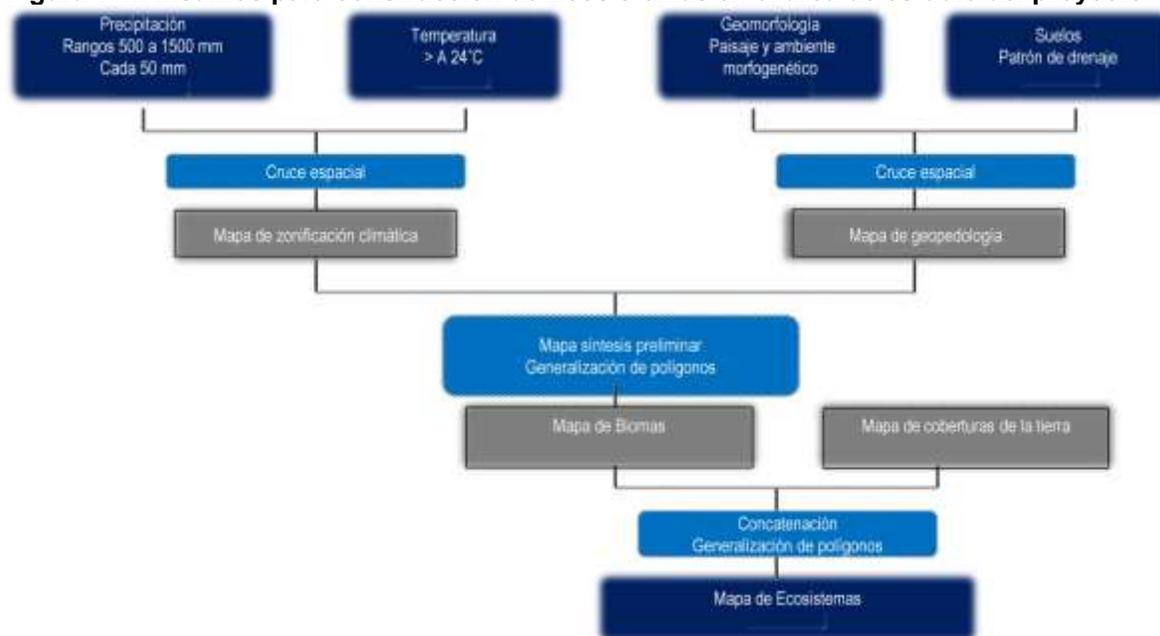
Para la delimitación de los biomas, se siguieron los lineamientos metodológicos propuestos en el documento Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi e IIAP., 2007), en el cual se definen unidades homogéneas de acuerdo con características de clima y suelo. La delimitación de los biomas corresponde a la construcción de un mapa que se basa en el cruce espacial del mapa de zonificación climática (resultante de las variables de temperatura y precipitación) y el mapa de geopedología (el cual se elaboró con información de paisaje geomorfológico y ambiente morfogenético). Los mapas de biomas tienen una salida 1:10.000.

1.5.4.2.2.3 Ecosistemas

De acuerdo con los lineamientos metodológicos usados para la clasificación de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia (IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi e IIAP., 2007), los ecosistemas corresponden a las unidades síntesis, entendidas

estas como el cruce espacial entre las capas de geopedología, zonificación climática (Biomás) y cobertura de la tierra. Dicha construcción está basada en los criterios definidos por (Walter, 1981), donde se establece que los ecosistemas corresponden a áreas geográficas agrupadas por sus características biofísicas homogéneas (clima, geomorfología y cobertura). Los mapas de ecosistemas tienen una salida 1:10.000. La Figura 1-12 muestra las capas que se cruzaron espacialmente para la construcción de los ecosistemas del área de estudio.

Figura 1-12 Insumos para construcción de Ecosistemas en el área de estudio del proyecto



Fuente: Concol by WSP, 2019

Para nombrar los ecosistemas, se tuvieron en cuenta las unidades denominadas Bioma-Unidad Biótica (BIOMA_IJVH) del Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia a escala 1:100000 (IDEAM, 2017).

1.5.4.2.2.3.1 Caracterización de los ecosistemas naturales

1.5.4.2.2.3.1.1 Fase de pre-campo

Definición de coberturas: la metodología para el mapeo de coberturas de la tierra tiene su base en la interpretación visual de imágenes de satélite con la ayuda de ordenador (PIAO-Photo Interpretation Assisté par Ordinateur) teniendo como base los elementos pictórico-morfológicos de las imágenes digitales de sensores remotos.

Para la digitalización de la interpretación visual se utilizó el software ArcGIS en su módulo ArcMap, el cual facilita en su módulo Editor, realizar edición a la capa de coberturas. La definición de las unidades de cobertura y uso del suelo se realizó tomando como guía la

metodología Corine Land Cover para Colombia (CLCC) a escala 1:100.000 (IDEAM et.al., 2010). Los mapas tienen una salida 1:10.000.

El marco metodológico de CLCC establece la organización de los datos en una estructura de geodatabase la cual permite tener un control en la disposición y almacenamiento de los datos y facilita la realización de los controles de calidad temático, topológico y semántico del archivo digital.

Con base en la información de coberturas y teniendo en cuenta las áreas aledañas a la refinería, se estableció el área de influencia para este componente

En esta fase se llevó a cabo, las siguientes actividades:

- i. Revisión y evaluación del alcance establecido en los términos de referencia (específicos del proyecto) para la caracterización del componente flora.
- ii. Revisión y evaluación del alcance establecido en la Guía Metodológica para la presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2010).
- iii. Revisión de la información requerida en la estructura de la GDB.
- iv. Gestión formato de inicio de actividades de recolección con fines de estudios ambientales
- v. Análisis de los mapas de coberturas y ecosistemas y correlación con información de zonas de vida, geomorfología, suelos y clima.
- vi. Revisión de cartografía base con relación a centros poblados, vías de acceso, cuerpos de agua, permisos de acceso y áreas de orden público.
- vii. Verificación de la versión actualizada y aprobada del área de afectación.
- viii. Ubicación y aprobación de los sitios de muestreo conforme a la metodología aprobada.
- ix. Programación y aprobación de actividades de campo.
- x. Elaboración del marco metodológico específico del proyecto para revisión y aprobación del líder de conocimiento biótico y coordinador del proyecto.
- xi. Alistamiento del material cartográfico digital y análogo para campo.
- xii. Revisión y ajuste de formatos digitales de campo.
- xiii. Alistamiento de materiales y equipos.
- xiv. Cargue de información a los equipos
- xv. Reunión del equipo de trabajo para la divulgación de metodología específica del proyecto, identificación de sitios de muestreo y cronograma.

La unidad de muestreo corresponde a parcelas, cuya forma y tamaño varía de acuerdo con su fisonomía en las siguientes categorías:

- i. Bosque de galería

La forma de las parcelas para las unidades florísticas de bosque de galería presenta forma rectangular, dado que esta garantiza una menor relación área perímetro, lo que genera un menor efecto borde, adicionalmente, estas parcelas son fáciles de establecer y se pueden subdividir en parcelas de menor tamaño que permiten el muestreo de otros tipos de

vegetación (Vallejo- Joyas et al, 2005). El tamaño varía de acuerdo a las características con las coberturas o los ecosistemas, tal como se presenta en Tabla 1.34.

Tabla 1.34 Criterios para la diferenciación de fustales, latizales y brinzales

Categoría	Categoría de Tamaño	Criterio de Clasificación	Tamaño	Área(m ²)
Renuevo o plántula	CT1	Altura menor a 30 cm	2 x 2 m	4 m ²
Brinzal	CT2	Altura entre 31 a 150 cm		
Latizal	CT3	Altura > 150cm y DAP<10 cm	5 x 5 m	25 m ²
Fustal		DAP>10 cm	10x100 m	1000 m ²

Fuente: Guía Técnica de Inventarios Forestales, MADS, 2002.

Figura 1-13 Esquema del establecimiento semitemporal de parcelas para la caracterización de ecosistemas con coberturas de bosque y vegetación secundaria alta



Fuente: Modificado de Vallejo-Joyas *et al*, 2005.

ii. Vegetación secundaria

Para esta cobertura se siguió la metodología forestal tradicional, de tal forma se levantaron parcelas de 10x10m.

iii. Manglar

Se realizarán grupos locales de subparcelas en tres lugares de muestreo, a lo largo de la cobertura de mangle (esquema A de la Figura 1-14). Dichas subparcelas estarán distanciadas de su perímetro externo entre sí de 10 a 30 m con el objetivo de procurar abarcar la mayor cobertura florística posible. En cada parcela circular se tomarán los siguientes datos:

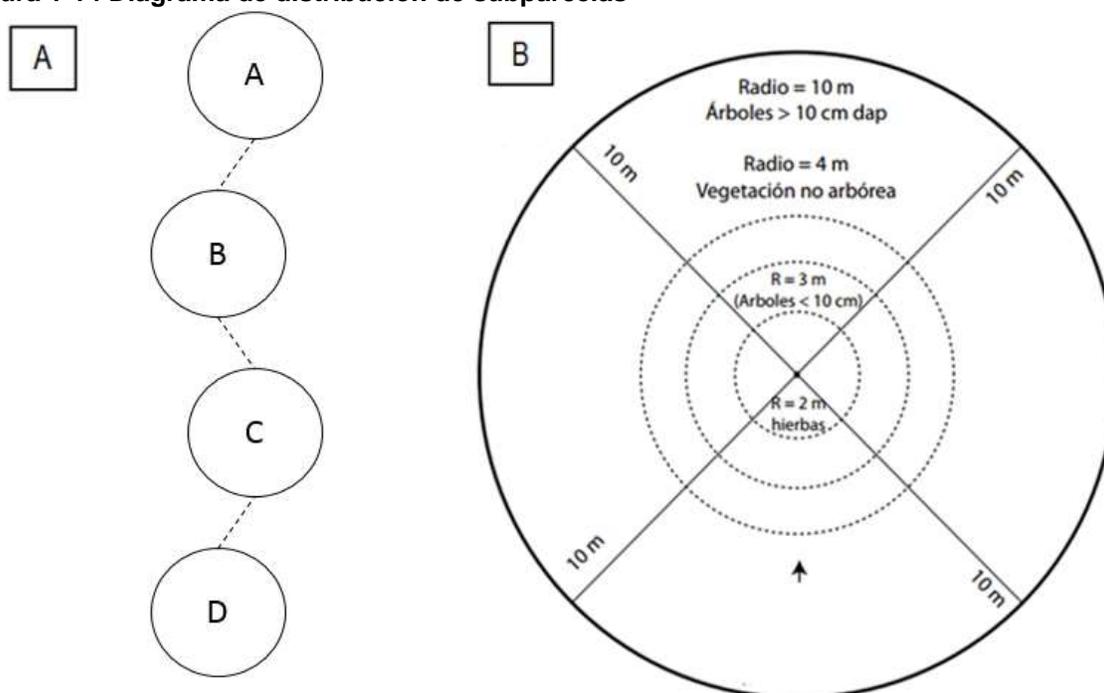
- Ubicación geoespacial
- Localidad-ubicación
- Fecha
- Se identificó cada subparcela con un código consecutivo sujeto al grupo local al que pertenece.

Estas parcelas serán realizadas según las metodologías clásicas para muestreo de Manglar, es decir, un diseño anidado de parcelas como el que se muestra en el esquema

B de la Figura 1-14, donde:

- Vegetación arborescente mayor: Los árboles con DAP mayor a 31.5 se miden en el área de un círculo con un radio de 10m;
- Vegetación no arborescente: Los especímenes no arborescentes (palmas o helechos asociados a aguas dulces) se miden en el área concéntrica a la anterior con un radio de 4m.
- Vegetación Arborescente menor: Los especímenes de hábito arborescente con DAP menor a 31.5 se midieron en el área de una parcela concéntrica a la anterior, con 3m de radio.
- Vegetación Herbácea: Las plantas de hábito herbáceo y acuático dispuestas en el área de un círculo concéntrico al anterior de 2m de radio, sin embargo, no fueron halladas plantas herbáceas ni acuáticas.
- Renuevos y regeneración: La vegetación de regeneración y renuevos se midieron dentro del área de un círculo concéntrico a los anteriores de 2 m de radio.

Figura 1-14 Diagrama de distribución de subparcelas



Fuente: (Kauffman et al, 2013)

Para la Vegetación Arborescente, se tomó la siguiente información: Altura total, altura comercial, perímetro a la altura del pecho, altura de los zancos cuando aplicaba. Para la vegetación arborescente menor, se registró información de perímetro a la altura del pecho y altura total. En el caso de la vegetación de renuevo se tomaron datos de abundancias por categoría de altura total.

Las Parcelas fueron establecidas mediante dos cuerdas perpendiculares de 20m con corte

a los 10m, que marcaban el límite de cuatro radios de 10m del círculo a muestrear.

1.5.4.2.2.3.1.2 Fase de campo

Con base en el mapa de coberturas inicial y los puntos de control tomados en campo, se llevó a cabo la actualización cartográfica, de esta manera se modificó los polígonos y se rectificó la definición de las unidades de cobertura.

El trabajo de campo tuvo como propósito realizar la verificación de las unidades de cobertura interpretadas y que presentan mayor incertidumbre en su identificación y delimitación, es decir, que requieren realizar un control temático.

Se dividió en tres etapas: la preparación del trabajo de campo, la verificación en campo de la información interpretada y la realización de las correcciones encontradas como resultado de las comprobaciones de campo.

Una vez definida y aprobada la ruta para la verificación de campo, se realizó el desplazamiento y la observación de las unidades a comprobar. El procedimiento para el registro correspondió a la toma de coordenadas mediante uso de GPS y una fotografía digital en cada uno de los sitios de verificación.

Se realizó la caracterización de la vegetación terrestre con parcelas de tamaño variable acorde con la fisonomía de la cobertura.

La caracterización de flora terrestre se realizó a partir de las unidades de ecosistemas identificados para el área de estudio y en términos generales aportó la información básica y suficiente para la descripción y análisis estructural y florístico y la cual debe dar respuesta a los requerimientos de la autoridad ambiental establecidos en:

- i. Términos de referencia específicos
- ii. Permiso de colecta
- iii. Guía Metodológica para la presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2010),
- iv. Requerimientos de la GDB

Las actividades de campo fueron realizadas en el marco del permiso de recolección de especímenes silvestres de la diversidad biológica con fines de la elaboración de estudios ambientales, otorgado mediante Resolución 00168 del 13 de febrero de 2017.

1.5.4.2.2.3.1.3 Fase post campo

Esta fase de trabajo comprendió dos actividades como son: la validación y procesamiento de datos y la realización de cálculos para la descripción de parámetros estructurales, florísticos y diversidad de la flora en los ecosistemas muestreados, así como el cálculo de volúmenes.

El estudio estructural de la vegetación se realizó a partir del análisis de la estructura vertical, horizontal de la vegetación existente. Para el análisis de la estructura vertical se usó la

distribución altimétrica de Ogawa y la posición Sociológica.

Para la evaluación de la estructura horizontal, se calcularon los índices abundancia, frecuencia y dominancia y la suma relativa de estos para hallar el índice de Valor de Importancia, así mismo se calcularon índices para determinar la distribución de las especies, como el grado de agregación de las especies e índices para el análisis de la biodiversidad como Margalef, Shannon & Wiener y el coeficiente de mezcla. Los parámetros estructurales e índices de diversidad que se utilizaron se presentan en la Tabla 1.35.

Tabla 1.35 Parámetros estructurales e índices de diversidad

Parámetro	Definición	Fórmula y/o rangos de análisis
Abundancia absoluta	Es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario.	$A_a = N^{\circ} \text{ de individuos por especie}$
Abundancia relativa	Es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles.	$A_r = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{N^{\circ} \text{ de individuos en el área muestreada}} \times 100$
Frecuencia absoluta	Es la relación porcentual de la presencia o ausencia de una especie en cada una de las unidades de muestreo, se agrupan en cinco clases.	$F_a = \frac{N^{\circ} \text{ de unidades de muestreo en que ocurre una especie}}{N^{\circ} \text{ total de unidades de muestreo}} \times 100$ <ul style="list-style-type: none"> I Fa=1-20 Muy poco frecuentes II Fa=20.1-40 Poco frecuentes III Fa=40.1-60 Frecuentes IV Fa=60.1-80 Bastante frecuentes V Fa=80.1-100 Muy frecuentes
Frecuencia relativa	Es la relación porcentual de la frecuencia absoluta de una especie dividida entre la sumatoria de todas las frecuencias absolutas de todas las especies	$F_r = \left(\frac{F_a \text{ de una especie}}{\sum F_a} \right) \times 100$
Dominancia absoluta	Es el grado de cobertura de las especies como expresión del espacio ocupado por ellas, siendo expresada como la sumatoria del área basal de todos los individuos de una especie.	$D_a = \sum \text{de las áreas basales de todos los individuos una especie tomados en la muestra}$

Parámetro	Definición	Fórmula y/o rangos de análisis
Dominancia relativa	Es la relación porcentual entre el área basal de una especie y la sumatoria total de las dominancias absolutas de todas las especies tomadas en la muestra.	$D_r = \frac{\text{Área basal tal por especie}}{\sum \text{Áreas basales en el área muestreada}} \times 100$
Índice de Valor de Importancia IVI	Es la sumatoria de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia, el valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie presente en el área muestreada.	$I.V.I. = A_r(\%) + F_r(\%) + D_r(\%)$ <p>Ar% : Abundancia relativa Fr% : Frecuencia relativa Dr% : Dominancia relativa</p>
Coefficiente de mezcla	Es la relación entre el número de especies y el número de individuos. El Coeficiente de mezcla, proporciona una idea somera de la intensidad de mezcla, así como una primera aproximación de la heterogeneidad de los bosques.	$C.M. = \frac{S}{N} = \frac{\frac{S}{N}}{S}$ <p>S: N° total de especies en el muestreo N: N° total de individuos en el muestreo</p>
Estructura vertical Método cuantitativo Ogawa**	Se detecta la presencia de estratos mediante la elaboración de una gráfica de dispersión de puntos, ubicando en las ordenadas la altura total y en las abscisas las alturas hasta la base de la copa, la aparición de puntos más o menos aislados indica el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios, sugiriendo un número de estratos diferenciales en el perfil del bosque; cuando se genera una sola nube de puntos alargada y con pendiente positiva, no se pueden diferenciar los estratos del bosque ya que existe una continua sucesión desde el sotobosque hasta el dosel superior	

Parámetro	Definición	Fórmula y/o rangos de análisis
Clases diamétricas**	Permiten agrupar los diámetros medidos en el inventario para facilitar el procesamiento de los datos.	Las clases diamétricas se establecen a partir de un DAP de 10 cm y son las siguientes: I 10-19,9 cm IV 40-49,9 cm II 20-29,9 cm V 50-69,9 cm III 30-39,9 cm VI 60-69,9 cm
Área basal	Es la suma por unidad de superficie de todos los fustes a nivel del DAP	AB: Área basal $AB = (\pi/4) \times (DAP)^2$
Volumen	Permite conocer las existencias volumétricas totales y comerciales obtenidas en el área de estudio.	$VOL = A_b \times h_c \times f$ <p>Dónde: $A_b = \text{Área basal}(m^2)$ $A_b = 0.78 \times DAP^2$</p> <p><i>DAP = Diámetro a la altura del pecho (medido a 1.30 m del nivel del suelo)</i></p> <p><i>DAP Cuadrático</i> $= \sqrt{\sum DAP^2} \dots n, \text{ para individuos con más de un fuste}$</p> <p>$VOL = \text{Volumen}(m^3)$ $h_c = \text{Altura merical}(m) \text{ o } h_t = \text{Altura total}$ $F_f = \text{Factor de forma}(0.7)$ <i>para especies nativas de bosque natural.</i></p> <p>El factor de forma se determinó teniendo en cuenta a González et al. (20014), el cual define el factor de forma para latifoliadas en 0,7 y 0,47 para coníferas, en este estudio se presentan coberturas naturales compuestas por especies latifoliadas por lo tanto se usó el factor de forma 0,7.</p>

Parámetro	Definición	Fórmula y/o rangos de análisis
Biomasa	Permite valorar la biomasa por individuo	$B_{TREE} = V_{TREE} \times D \times BEF \times (R_j)$ <p>Donde:</p> <p>V_{TREE}, Volumen maderable de la especie j, en el estrato i en un punto del tiempo en el año t, estimado usando los datos resultantes de la ecuación, para las tablas de volumen anual; m^3</p> <p>D Densidad (con corteza) de la especie j; t d,m; $m^{-3} = 0,6$ valor promedio bosques tropicales.</p> <p>BEF Factor de expansión de biomasa para conversión de madera del fuste a biomasa aérea, para la especie j; adimensional. $BEF = 1,20$</p> <p>R_j Relación raíz-biomasa aérea para la especie j; adimensional. $R_j = 1,24$</p> <p>Fuente: IPCC 2006</p>
Índice de Margalef	Para medir la riqueza o variedad de especies, relacionan el número de especies con el número de individuos en una comunidad dada.	$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$ <p>Dónde: N = Número total de individuos, S = Número de especies</p>
Índice de Menhinick	Relaciona el número de especies encontradas (S), con el número total de individuos encontrados (N)	$R = S/\sqrt{N}$ <p>Dónde: R: Riqueza S: Número de especies N: Número total de individuos en la muestra</p>
Índice de diversidad de Shannon & Wiener	Es igualmente una medida de la diversidad o riqueza en especies de una población dada	$H' = - \sum P_i \ln P_i \text{ y } \sum P_i = 1$ <p>Dónde: P_i=abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.</p>

Parámetro	Definición	Fórmula y/o rangos de análisis
Índice de uniformidad de Shannon	Este índice representa el nivel real de homogeneidad del bosque, sus valores van de 0 a 1; siendo; siendo 1 uniformidad perfecta	$E = H^1 / (Hmáx)$ <p>Dónde:</p> <p>H^1: Índice de Shannon $Hmáx$: $\ln(S)$ S: Número de especies</p>
Grado de agregación**	Determina la distribución espacial de las especies.	$G_a = \frac{D \text{ (Densidad observada)}}{d \text{ (Densidad esperada)}}$ $D = \frac{N^\circ \text{ total de árboles por especie}}{N^\circ \text{ total de parcelas muestreadas}}$ $d = -\log\left(\frac{1-F}{100}\right)$ <p>$F = \text{frecuencia absoluta de la especie}$</p> <p>Conforme a este sistema los valores de D/d significan: $D/d > 1$: indica tendencia al agrupamiento $D/d > 2$: significa que la especie tiene una distribución agregada $D/d < 1$: indica que la especie se encuentra dispersa</p>
Posición sociológica**	Indica el valor de importancia de las especies por los diferentes estratos que componen el bosque, puede decirse entonces que una especie determinada tiene un lugar asegurado en la estructura y composición florística, cuando esté presente en todos los estratos. (TROPENBOS, 1991).	$VF = \frac{n}{N}$ <p>VF= Valor Fitosociológico n= Número de individuos del substrato N=Número total de individuos de todas las especies. $PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$</p> <p>PSa= Posición Sociológica Absoluta de la especie VF= Valor fitosociológico del substrato n= N° de Individuos de cada especie i: inferior; m: medio; s: superior</p> $PS\% = PSa / \Sigma PSa$ <p>PS%= Posición sociológica relativa</p>
Regeneración natural**	La regeneración natural según LAMPRECHT (1990), implica el desarrollo de un estado más productivo del bosque; de esta manera un buen desarrollo de la regeneración determina que se presenten unas	$RN\% = \frac{A\%RN + F\%RN + CT\%RN}{3}$ <p>Dónde:</p> <p>RN%=Regeneración natural relativa. A%RN=Abundancia relativa de la regeneración natural. F%RN=Frecuencia relativa de la regeneración natural.</p>

Parámetro	Definición	Fórmula y/o rangos de análisis
	cantidades suficientes de semillas viables, así como unas condiciones micro climático y edáfico adecuado para su germinación y desarrollo.	CT%RN =Categoría de tamaño relativa de la regeneración natural.

** Estos cálculos únicamente aplican para los individuos registrados en las parcelas con coberturas boscosas y de vegetación secundaria.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.

- **Revisión de categorías de amenaza, vedas y endemismos**

Una vez se terminó el proceso de identificación del material vegetal, y se consolidó la base de datos de caracterización, se determinó la existencia especies amenazadas, vedadas (por normativa nacional o regional), o endémicas. Por tal motivo se realizó la respectiva consulta de la normatividad ambiental (Nacional: Resolución 1912 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, resoluciones de veda de flora nacional y regional), la Lista Roja de especies amenazadas de la IUCN, los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora Silvestres CITES y las listas rojas preliminares y libros rojos de plantas de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt IAvH

- **Uso de las especies presentes en el área de influencia**

Para la definición de los usos de las especies arbóreas presentes en el área de influencia, se interrogó a los auxiliares de campo teniendo en cuenta que son habitantes del área de influencia, adicionalmente se consultó información secundaria para complementar la información primaria.

1.5.4.2.2.4 Censo Forestal

El Censo Forestal tiene como propósito obtener la información dasométrica de los individuos arbóreos, su identificación taxonómica y ubicación espacial en las áreas sujetas al aprovechamiento forestal.

El método utilizado para el levantamiento de información forestal del presente estudio consistió en la elaboración de un censo forestal o inventario al 100%, el cual tiene como objetivo el conocimiento y cuantificación de todos los árboles que se localizan al interior del polígono de la Refinería de Cartagena, para lo cual se realizó la medición en el terreno de cada uno de los árboles existentes con DAP mayor a 10 cm (CAP>31,5 cm).

1.5.4.2.2.4.1 Planificación del censo forestal

En esta etapa se llevó a cabo la revisión de información secundaria, con el fin de realizar un diagnóstico preliminar del área y de las coberturas vegetales presentes en la zona de

estudio y especialmente conocer de antemano las posibles especies a encontrar en campo y de esta forma familiarizarse con los grupos taxonómicos de la región.

En la fase de planificación, se definió el diseño del censo teniendo en cuenta las características del área, los factores internos y externos que pueden influir, se definió el cronograma, materiales a utilizar, personal requerido, formatos de campo, permisos (colecta y permisos de trabajo en áreas operativas), entre otros.

1.5.4.2.2.4.2 Localización de las áreas de Censo Forestal

Las actividades de censo forestal se efectuaron en áreas ubicadas en la Zona Industrial de Mamonal en el Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias del Departamento de Bolívar, en predios de propiedad de la Refinería de Cartagena.

1.5.4.2.2.4.3 Fase de campo del censo forestal

Para el trabajo en campo se dispuso de una (1) cuadrilla, conformada por tres Ingenieros Forestales. Para la toma de información se contó con un GPS de referencia GARMIN GPSmap 62s, una Tablet de marca Lenovo, cinta métrica, cámara fotográfica y pintura asfáltica de tráfico pesado.

Durante la fase de campo, se realizó el inventario de todos los árboles de la Refinería a partir de un diámetro de 10 cm de DAP, cada árbol fue medido con cinta métrica (Fotografía 1-1) y marcado con pintura amarilla (Fotografía 1-2). Se registraron las variables dasométricas como: CAP, altura total y altura comercial (ver Anexo 3. Caracterización Ambiental, 3.2 Aspectos Bióticos, 3.2.1.2 Planillas de campo), para la toma de esta información, se utilizó un formulario creado para este fin en la aplicación MoreApp. Cada árbol inventariado fue georreferenciado y marcado con la letra correspondiente a la comisión (en este caso A) y el consecutivo del árbol.

Se colectaron muestras botánicas de las especies no identificadas en campo, para la recolección de estas muestras, se cuenta con el permiso otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, mediante Resolución N° 00168 de 13 de febrero de 2017 “Por la cual se otorga Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales, y se toman otras determinaciones”.

Fotografía 1-1 Medición de árboles



Fuente: Concol by WSP, 2019.

Fotografía 1-2 Marcación de árboles



Fuente: Concol by WSP, 2019.

1.5.4.2.2.4.4 Sistematización de la información

La información recolectada en el inventario fue depurada y procesada en una hoja de cálculo diseñada en Microsoft Excel®, con el propósito de calcular el área basal y los volúmenes a partir de fórmulas convencionales, las cuales se describen a continuación:

Para los árboles bifurcados (árbol subdividido en dos o más troncos) se utilizó la fórmula

del diámetro cuadrático medio (DCM);

$$DCM = \sqrt{\sum_{i=1}^n DAP_i^2}$$

Dónde:

DCM: diámetro cuadrático medio (m)

DAP_i: Diámetro a la altura del pecho (1,30 m) de cada uno de los troncos medidos (m)

Para el cálculo de los volúmenes se utilizó la siguiente fórmula;

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} * DAP^2 * H * Ff$$

Dónde:

DAP = Diámetro a la altura del pecho (m)

H = Altura (m)

Ff = Factor de forma (0,7)

El factor de forma se determinó teniendo en cuenta a *González et al. (20014)*, el cual define el factor de forma para latifoliadas en 0,7 y 0,47 para coníferas, en este estudio se presentan coberturas naturales compuestas por especies latifoliadas por lo tanto se usó el factor de forma 0,7.

Los atributos dasométricos registrados en campo corresponden a: altura total, altura comercial y diámetro o circunferencia a la altura del pecho (DAP / CAP) y se realizó por observación directa sobre los elementos arbóreos presentes en las áreas sujetas a aprovechamiento forestal. La captura de los datos dasométricos se realizó por medio de un dispositivo electrónico o Tablet, mediante la utilización de un formulario creado para tal fin en la aplicación MoreApp (Ver Figura 1-15).

Figura 1-15 Formulario para captura de atributos dasométricos



Fuente: Concol by WSP, 2019

La cuadrilla de campo realizó la medición y marcación numérica, de todos los individuos de tipo fustal con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm. (31,5 cm de CAP). Los individuos censados fueron marcados con pintura de aceite, y se realizó la colecta de muestras para identificación botánica, así mismo se revisó el estado fitosanitario de los mismo y se definió si constituían un riesgo potencial para las operaciones de la Refinería o su personal, con el objetivo de definir cuáles de estos árboles se catalogarían dentro del listado de árboles a aprovechar.

Para el desarrollo de las actividades del censo forestal se contó con una (1) cuadrilla, integrada por un (1) Ingeniero Forestal y dos (2) Auxiliares de campo o baquianos, la cuadrilla se identificó por medio de un código, que corresponde a la letra A. La marcación de los árboles se realizó de forma consecutiva, quedando conformada por una letra y un número.

1.5.4.2.3 Fauna Silvestre

La caracterización de fauna silvestre realizó por medio de información secundaria, teniendo como base bibliografía especializada y los Informes de Cumplimiento Ambiental presentados por la Refinería de Cartagena S.A.S. Esta actividad tuvo como propósito la

descripción del estado actual de las comunidades de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) que habitan en el área de influencia de la Refinería. La caracterización se realizó de acuerdo con los Términos de Referencia HI.TER-1-07, así como los métodos y lineamientos establecidos en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2010) y en el Manual de Métodos para el Desarrollo de inventarios de biodiversidad (Villareal *et al.* 2006).

1.5.4.2.3.1 Pre-campo

Durante la fase previa a al inicio de actividades en campo, se revisaron las fuentes bibliográficas relacionadas con la fauna presente en el caribe colombiano (Ver Tabla 1.36), teniendo como referente los ecosistemas presentes en esta zona del país y un rango altitudinal entre 0 y 500 m.s.n.m., el cual corresponde al área de influencia del proyecto. De igual forma, se tuvieron en cuenta documentos en los que se listan especies migratorias, especies incluidas y no incluidas en las listas de especies amenazadas (UICN), libros rojos, CITES, etc.

1.5.4.2.3.2 Campo

Una vez en campo, se realizó la verificación de las áreas naturales y seminaturales presentes en el área de influencia del proyecto. Así mismo, se realizó la corroboración de las coberturas vegetales presentes en la zona, las cuales fueron utilizadas como guía para identificar lugares de uso, descanso o traslado, de las distintas especies faunísticas.

1.5.4.2.3.3 Poscampo

Para llevar a cabo la caracterización faunística del área de influencia del proyecto, se consolidó la información recopilada tanto en la fase de Precampo, como en Campo. En principio se realizó una lista de los especímenes rescatados y reubicados durante diferentes etapas, dentro de las instalaciones de la Refinería de Cartagena S.A.S; se confirmó su distribución en el país, la región y dentro del rango altitudinal mencionado previamente. Posteriormente, se complementó el listado de especies teniendo en cuenta información recopilada por diferentes instituciones ambientales de Cartagena.

Finalmente, se tuvo en cuenta la historia de vida y principales características ecológicas de las especies identificadas, con el fin de estimar la presencia potencial en por lo menos, una de las coberturas caracterizadas en el área de influencia del proyecto. Como base de esta caracterización, se tuvieron en cuenta los documentos listados en la Tabla 1.36, además de la información obtenida en campo y los Informes de Cumplimiento Ambiental presentados por la Refinería de Cartagena S.A.S ante la autoridad ambiental.

Tabla 1.36 Principales fuentes bibliográficas y sistemas de información consultados para la obtención de información secundaria

Información general
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia (SiBColombia, 2016) • The IUCN Red List of Threatened Species (IUCN, 2016) • Resolución 0192 de 2014 (MADS, 2014) • Plan nacional de especies migratorias (Naranjo & Amaya-Espinel, Plan Nacional de Especies migratorias. Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia, 2009) • Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2016) • Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Perforación Exploratoria Valle Medio del Magdalena 3 – VMM3 (Geocol, 2014)
Anfibios
<ul style="list-style-type: none"> • Amphibian Species of the World (Frost, 2016) • Lista de Anfibios de Colombia (Acosta-Galvis & Cuentas, 2016) • Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia (Acosta-Galvis A. R., 2000) • Libro Rojo de Anfibios de Colombia (Rueda-Almonacid, Lynch, & Amézquita, 2004) • Anfibios de la región del Caribe (Romero-Martínez & Lynch, 2012) • Anfibios de las ciénagas del departamento del Cesar (Paternina, Carvajal, & Medina, 2013)
Reptiles
<ul style="list-style-type: none"> • The Reptile Database (Uetz & Hosek, 2016) • Diversidad de los reptiles en Colombia (Sánchez, Castaño.Mora, & Cárdenas, 1995) • Libro Rojo de Reptiles de Colombia (Castaño-Mora, 2002) • Reptiles de la región Caribe de Colombia (Carvajal-Cogollo, Cárdenas-Arévalo, & Castaño-Mora, Reptiles de la región Caribe de Colombia, 2012) • Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia (Páez, Morales-Betancourt, Lasso, Castaño-Mora, & Block, 2012) • Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia (Morales-Betancourt, Lasso, De la Osa, & Fajardo-Patiño, 2013) • Reptiles de la región Caribe de Colombia (Carvajal-Cogollo, Cárdenas-Arévalo, & Castaño-Mora, Reptiles de la región Caribe de Colombia, 2012) • Diversidad de reptiles en ciénagas del departamento del Cesar (Carvajal-Cogollo, Bernal, & Medina, Diversidad de reptiles en ciénagas del departamento del Cesar, 2013)
Aves
<ul style="list-style-type: none"> • The birdlife Checklist of the World (BirdlifeInternational, 2015) • Aves del norte de Suramérica (Restall, Rodner, & Lentino, 2007) • Listados de especies de aves de Suramérica: Colombia (ACO, 2016) • Guía de las aves de Colombia (Hilty & Brown, 2001) • Guía de campo de las aves de Colombia (McMullan & Donegan, 2014) • Libro Rojo de las Aves de Colombia (Renjifo, y otros, 2014) • Listado actualizado de las aves endémicas y casi endémicas de Colombia (Chaparro-Herrera, Echeverry-Galvis, Córdoba-Córdoba, & Sua-Becerra, 2014) • Guía de las aves migratorias de Colombia (Naranjo, Amaya, Eusse-González, & Cifuentes-Sarmiento, 2012) • Riqueza de avifauna del Caribe colombiano (Bernal-González, Paternina-hernández, Carvajal-Cogollo, Rangel, & Ardila-Reyes, 2012)
Mamíferos
<ul style="list-style-type: none"> • Mamíferos de Suramérica Volumen 1 (Gardner, 2007) • Mamíferos de Suramérica Volumen 2 (Patton, Pardiñas, & D'Elia, 2015) • Cambios recientes a lista de mamíferos de Colombia (Ramírez-Chaves, Suárez-Castro, & González-Maya, 2016)

- Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia (Solari, y otros, 2013)
- Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia (Alberico, Cadena, Hernández-Camacho, & Muñoz, 2000)
- Los mamíferos del Caribe colombiano (Muñoz-Saba & Hoyos, 2012)
- Inventario preliminar de aves y mamíferos presentes en fragmentos boscosos en el medio San Jorge, departamento de Córdoba Castaño-Villa, 1998)
- Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia Volumen 3 (Amaya-Espinel & Zapata, 2014)

Fuente: Concol By WSP., 2019

1.5.4.2.4 Ecosistemas Acuáticos

La caracterización del componente se encuentra dividida en dos etapas. La primera consiste en la búsqueda y recopilación de información secundaria, seguida por el análisis de los datos obtenidos. A continuación, se detallan cada una de estas.

1.5.4.2.4.1 Fase de información secundaria

Con el objeto de obtener referentes sobre la composición de la biota acuática presente en el área de estudio del proyecto, se realizó la búsqueda de fuentes de información, tanto estudios ambientales como documentos académicos (Ver Tabla 1.37). De estos, se recopilaron datos que describían, cualitativa y cuantitativamente, la biota acuática presente en las corrientes hídricas más representativas del área de estudio.

Con esta información, se elaboró una descripción general de las principales corrientes lóxicas y lénticas presentes en el área de estudio y de la biota acuática, específicamente los grupos de plancton, perifiton, macroinvertebrados acuáticos, macrófitas acuáticas y peces. Este resultado constituye un referente para la evaluación de impactos, teniendo en cuenta las actividades del proyecto.

Tabla 1.37 Principales fuentes bibliográficas

Informes monitoreos ambientales de aguas superficiales e hidrobiología realizados para REFICAR
Peces del departamento del Atlántico. Ardila-Rodríguez, C. 1994
Variación de la diversidad y abundancia de especies acticas dominantes en el Delta del Río Magdalena, Colombia. Sánchez, C & Rueda. M. 1997
Lista de peces marinos, estuarios y continentes del trópico
http://www.alltropicalfish.com/
Catalogue of fishes
http://www.calacademy.org/scientists?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/lchthyology/catalog/fishcatmain.asp
Biodiversidad Acuática
http://www.freshwaterbiodiversity.eu/
Food and Agriculture Organization of the United Nations
http://www.fao.org/fishery/en
Grupo especialista en peces de agua Dulce de La IUCN
http://www.iucnffsg.org/
Fishbase
http://www.fishbase.org/
World Fish Center
http://www.worldfishcenter.org/
Algbase

Informes monitoreos ambientales de aguas superficiales e hidrobiología realizados para REFICAR
http://www.algaebase.org/
Algaterra
http:// www.algaterra.org
Sistema de Información Sobre Biodiversidad en Colombia
http://ipt.sibcolombia.ne
Fuente: Concol By WSP., 2019

1.5.4.2.4.2 Fase de análisis de información

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

- i. Composición: Se entiende como composición las especies que conforman una determinada comunidad, siendo así resultado de esta el listado de especies identificadas y su clasificación taxonómica correspondiente.
- ii. Estructura: Por tener datos obtenidos a partir de información secundaria de diferentes orígenes y al solo tener listados de especies sin sus abundancias, se estimará la riqueza específica (S), la cual se basa únicamente en el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001) y se realizaron análisis descriptivos por cada jerarquía taxonómica encontrada. Específicamente para el componente de Ictiofauna, además de los análisis previamente nombrados, se detallan los siguientes apartados:
- iii. Especies endémicas: La identificación de especies endémicas de peces presentes en el área de estudio, se realizó mediante información secundaria, siguiendo los estudios realizados por Álvarez-León et al, 2013 y Maldonado-Ocampo et al, 2008.
- iv. Especies bajo alguna categoría de amenaza: Las especies que se encuentran bajo alguna categoría de amenaza son consultadas en los apéndices CITES 2014, IUCN 2013, Mojica et al, 2012 y la Resolución 1912 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible.
- v. Especies de importancia ecológica y económica: La identificación de especies ícticas tanto de importancia económica como ecología, se basó en información secundaria (Lasso et al, 2011; Mojica et al, 2012).
- vi. Especies migratorias: Las especies incluidas dentro de la composición registrada se identificaron como migratorias según información secundaria, siguiendo los trabajos realizados por Zapata et al, 2013 y Agostinho et al 2003.
- vii. Especies en veda: Para el reconocimiento de las especies en veda presentes en el área de estudio, se siguieron las siguientes resoluciones: resolución No. 57 del 15 de abril de 1987, expedida por el Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA), su posterior modificación de acuerdo con lo establecido en la Resolución 000242 del 15 de abril de 1996, expedida por el Instituto Nacional de Acuicultura y Pesca (INPA) y el documento realizado por Álvarez, 2016.

1.5.4.3 Componente Socioeconómico

1.5.4.3.1 Marco Legal

El desarrollo específico del componente socioeconómico se fundamentó en la aplicación de

las reglamentaciones existentes sobre los mecanismos de participación de las comunidades, establecidos en la Ley 99 de 1993, así como en el Decreto 1076 de 2015, el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia 2010, así como a la luz de los Términos de Referencia HI-TER-107, expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el 2006.

1.5.4.3.2 Proceso Metodológico

La definición del componente socioeconómico y cultural para este estudio estuvo orientada por tres etapas generales, que a su vez contaron con procesos particulares que facilitaron y contribuyeron en el paso de una etapa a la otra, estas etapas fueron:

- i. Etapa de identificación, actividades de preparación y acercamientos previos
- ii. Etapa de trabajo en campo
- iii. Etapa post- campo: Análisis y procesamiento de la información

A continuación, se especificará cada una de las etapas:

1.5.4.3.2.1 Etapa de identificación, actividades de preparación y acercamientos previos

1.5.4.3.2.1.1 Actividades de preparación

Revisión metodológica: Consistió en indagar los diferentes recursos metodológicos de investigación social cualitativa, con el fin de determinar las técnicas más adecuadas para el logro de los objetivos propuestos.

Elaboración de material: Para el acercamiento preliminar con autoridades municipales y locales, oficios de solicitud de información secundaria ante autoridades municipales (SISBEN, secretaría de educación, secretaría de hacienda, planeación, entre otros).

Una vez surtido el proceso de acercamiento y concertación, se realizaron las convocatorias a reuniones para las autoridades regionales, municipales y locales que hacen parte del área de influencia de la refinería.

1.5.4.3.2.1.2 Acercamientos previos

Se realizaron reuniones de pares del área social de Refinería de Cartagena S.A.S. y Concol by WSP, con el fin de presentar la metodología y estrategias que se implementaron durante el proceso de socialización del proyecto con los diferentes grupos de interés; lo anterior, con el objetivo de unificar criterios con respecto a las dinámicas de relacionamiento establecidas con las autoridades locales y comunidades.

1.5.4.3.2.2 Etapa de trabajo en campo

El trabajo de campo se dividió en dos actividades; en primer lugar, el Componente

Participativo, que respondió a la obligación legal de dar a conocer las actividades que se esperan desarrollar en la Refinería de Cartagena. La segunda actividad fue la Recolección de Información, que se constituyó como el insumo base para la elaboración del presente EIA. A continuación, se detallan estas actividades:

1.5.4.3.2.2.1 Componente Participativo

1.5.4.3.2.2.1.1 Reunión de información

Las reuniones se llevaron a cabo con autoridades municipales de la ciudad de Cartagena, autoridades y líderes de la Localidad III Industrial y de la Bahía, autoridades ambientales de la zona: Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE) y Establecimiento Público Ambiental (EPA), en las cuales se desarrollaron los siguientes puntos de trabajo. (Ver Anexo 3. Caracterización Ambiental, 3.3 Aspectos Socioeconómicos).

- i. Presentación Refinería de Cartagena S.A.S.
- ii. Objetivo de la reunión
- iii. Localización general de la Refinería
- iv. Trámite de modificación de la Licencia Ambiental
- v. Nuevo trámite de modificación de la licencia ambiental
- vi. Actividades a incluir y/o modificar
- vii. Preguntas

A través de la Tabla 1.38, se da cuenta de la agenda desarrollada en esta fase de socialización.

Tabla 1.38 Agenda de reuniones de inicio

Entidad	Funcionario	Fecha de reunión
Personería de Cartagena	Rita López Orozco	05 de Julio de 2019
Alcaldía Local – Localidad III	Patricia Zapata	02 de Julio de 2019
Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique – CARDIQUE	Ivonne Marrugo Castro	04 de Julio de 2019
	Efraín Escaffi	
	Hernando Hernández	
	Dory Luz Jiménez	
Secretaría de Planeación	Leidys Mattos	05 de Julio de 2019
	Carlos Arturo Asprilla	
Secretaria del Interior	Jorge Camargo	03 de Julio de 2019
Oficina de dirección de la EPA	Álvaro Vargas	03 de Julio de 2019
	Ramiro Maldonado	
	Andres Blanco	

Entidad	Funcionario	Fecha de reunión
Junta Administradora Local – Localidad III	Edel Millán	05 de Julio de 2019
	Carlos Jimenez	
	Pablo Baez	
	Yadira Muñoz	
	Danelisi González	
	Jorge Romero	

Fuente: Concol by WSP, 2019

1.5.4.3.2.2.1.2 Reuniones de divulgación de resultados

Una vez culminada la fase documental del estudio, se procedió a contactar nuevamente a los actores identificados en el primer momento de socialización, con el fin de llevar a cabo la reunión de entrega de resultados del estudio. Dicha convocatoria se realizó mediante contacto telefónico. La Tabla 1.39 da cuenta de este proceso.

Tabla 1.39 Proceso de convocatoria segundo momento

Entidad	Fecha de programación	Hora de reunión	Lugar de reunión
Alcaldía Local – Localidad III	17 de octubre de 2019	3:00 pm.	Despacho de la alcaldesa
Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique – CARDIQUE	16 de octubre de 2019	8:00 am.	Sala de reuniones CARDIQUE
Secretaría de Planeación	18 de octubre de 2019	8:00 am	Secretaría de Planeación
Secretaría del Interior	17 de octubre de 2019	11:00 am	Sala de reuniones
Personería de Cartagena	18 de octubre de 2019	11:00 am	Personería Distrital
Establecimiento Público Ambiental – EPA	17 de octubre de 2019	2:00 pm	Sala de Juntas
Junta Administradora Local - Localidad III	17 de octubre de 2019	11:00 am	Salón de la democracia

Fuente: Concol by WSP, 2019

Una vez definidos y confirmados los espacios de reunión, se procedió a generar la presentación a desarrollar en cada una de éstos y a definir la agenda a exponer, la cual se lista a continuación, el detalle se encuentra en el Anexo 3. Caracterización Ambiental, 3.3 Aspectos Socioeconómicos.

- i. Presentación de las firmas y localización general
- ii. Alcance
- iii. Marco normativo del licenciamiento
- iv. Antecedentes licenciamiento ambiental de la Refinería de Cartagena
- v. Objetivos del licenciamiento
- vi. Área de influencia
- vii. Descripción de la operación de la Refinería
- viii. Caracterización ambiental
- ix. Actualización de Uso y Aprovechamiento de RRNN

- x. Evaluación de impactos
- xi. Zonificación de ambiental
- xii. Actualización del Plan de manejo ambiental

Contando con las herramientas y agenda de trabajo definida, se procedió a ejecutar las reuniones de divulgación de resultados en el orden que se presenta en la Tabla 1.40, el detalle y listados de asistencia se pueden observar en el Anexo 3. Caracterización Ambiental, 3.3 Aspectos Socioeconómicos.

Tabla 1.40 Desarrollo de reuniones de resultados

Entidad	Funcionario	Fecha de reunión
Personería de Cartagena	Rita López Orozco	05 de Julio de 2019
Alcaldía Local – Localidad III	Patricia Zapata	02 de Julio de 2019
Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique – CARDIQUE	Ivonne Marrugo Castro	04 de Julio de 2019
	Efraín Escaffi	
	Hernando Hernández	
	Dory Luz Jimenez	
	Leidys Paola Oyola	
Secretaría de Planeación	Leidys Mattos	05 de Julio de 2019
	Carlos Arturo Asprilla	
Secretaría del Interior	Jorge Camargo	03 de Julio de 2019
Oficina de dirección de la EPA	Álvaro Vargas	03 de Julio de 2019
	Ramiro Maldonado	
	Andres Blanco	
Junta Administradora Local – Localidad III	Edel Millán	05 de Julio de 2019
	Carlos Jimenez	
	Pablo Baez	
	Yadira Muñoz	
	Danelsi Gonzalez	
	Jorge Romero	

Fuente: Concol by WSP, 2019

1.5.4.3.2.2 Recolección de Información primaria y secundaria

1.5.4.3.2.2.1 Información primaria

Durante el trabajo de campo, con los oficios radicados previamente, el equipo social de Concol by WSP, se acercó a cada una de las entidades y solicitó la información necesaria para alimentar la línea base del estudio.

1.5.4.3.2.2.2 Información secundaria

La información secundaria permitió la lectura analítica del medio socioeconómico, para la ciudad de Cartagena de Indias, además, esta información se constituyó en la base de la caracterización del área de estudio, al propiciar la construcción de un escenario comparativo entre el escenario sin proyecto y el nuevo contexto con las estrategias de desarrollo a incluir en la Licencia Ambiental.

Para el caso de las instancias municipales esta solicitud de información se formalizó mediante la entrega de un oficio, en el que se especificó el tipo y alcance de la información solicitada. Estos oficios fueron elaborados por Refinería de Cartagena S.A.S.

Tabla 1.41 Fuentes Principales de Información (Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales)

Fuentes de información del medio socioeconómico		
Componente	Fuente principal	Otras fuentes
Dimensión demográfica	Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-, Planes de Desarrollo Municipal, Planes de Desarrollo Departamentales, Esquemas de Ordenamiento Territorial - información primaria. Secretaría de Salud, Secretaría de Educación y Hospital municipal, UMATA, entre otras.	Estudios existentes sobre el área del proyecto
Dimensión espacial		
Dimensión económica		
Dimensión Cultural	Información primaria, Instituto Colombiano de Antropología e Historia -ICANH-, INCODER, Ministerio de Cultura, Ministerio del Interior y Justicia, Casa de la Cultura y Oficina de Asuntos indígenas.	Estudios existentes sobre el área del proyecto, centros de información e investigación (universidades, entre otros), ONG y asociaciones Indígenas y Afrocolombianas
Dimensión político-administrativa	Planes de Desarrollo Municipales, DANE, IGAC, Esquemas de Ordenamiento Territorial e información primaria	Estudios existentes sobre el área del proyecto, centros de información e investigación (universidades, entre otros)
Tendencias de desarrollo		

Fuente: Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, 2010

Para esta etapa se tuvo en cuenta la revisión de los documentos oficiales, del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena de Indias, estadísticas poblacionales, documentos de la industria asociada a la zona y documentos teóricos y de consulta específica sobre temáticas relacionadas con el entorno socioeconómico y cultural Cartagena y el AID de la refinería:

1.5.4.3.2.2.3 Instrumentos Soporte del proceso en campo

El objetivo de la utilización de los instrumentos de formalización del proceso consistió en documentar y verificar el proceso de participación, para lo cual Refinería de Cartagena entregó los formatos de soporte, como instrumentos que garantizaron el registro, sistematización y protocolización de cada encuentro:

- i. Convocatorias

- ii. Formato de Lista de asistencia
- iii. Formato de acta y/o memoria de reunión
- iv. Registro fotográfico del proceso

1.5.4.3.2.3 Etapa post- campo. Análisis y procesamiento de información

1.5.4.3.2.3.1 Plan de Análisis

Una vez se finalizó la fase de campo, con la información recopilada se procedió a la elaboración del documento final. Para ello se estableció el siguiente procedimiento:

- i. Revisión documental de las fuentes de información secundarias (Plan de Desarrollo Municipal, bibliografía de la región, estudios ambientales previos, información solicitada en oficios ante las diferentes instancias municipales, estadísticas sectoriales, Estudio Socioeconómico de Pasacaballos, entre otros).
- ii. Con base en esta información se procedió a la elaboración del documento de caracterización de las entidades territoriales del área de influencia del estudio para el componente socioeconómico y cultural, sistematizando la información secundaria relevante para su posterior análisis.
- iii. Revisión y sistematización de la información primaria recogida mediante los instrumentos aplicados en campo y en las reuniones de socialización como insumo para la caracterización del área de estudio.
- iv. Posteriormente se realizó el análisis de la información secundaria y primaria recopilada, con el fin de integrar de forma adecuada la información, estadísticas, cartografía, imágenes, entre otras, con miras a la construcción clara y concreta de la caracterización socio ambiental del área y de los posibles impactos que podrían generar las nuevas actividades, en el estado actual del área en mención y las acciones que podrían emprenderse para prevenir, minimizar, controlar o compensar estos efectos (medidas de manejo).

A partir de lo anterior, se estructura la documentación, análisis y plan de manejo, que consolidan el componente socioeconómico y cultural, así como el proceso de lineamientos de participación.

1.5.5 Zonificación ambiental

Para el presente proyecto se tuvo como referente lo establecido en la Guía para la Zonificación Ambiental de las Áreas de Interés Petrolero (Ecopetrol S.A.; 2013), y adaptada a los requerimientos de los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de refinerías y desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación HI-TER-1-07 y a las particularidades del Área de Influencia definida para la Refinería de Cartagena. De la Guía para la Zonificación Ambiental de las Áreas de Interés Petrolero se extractó el proceso de calificación de los elementos de mayor relevancia en los medios físicos, bióticos, socioeconómicos y aquellos con relevancia legal y normativa, mediante una cualificación de su condición de sensibilidad e importancia; esto como síntesis del análisis de línea base que se desarrolló en el capítulo 3 Caracterización del área de influencia del proyecto.

La zonificación ambiental del área de influencia de la Refinería de Cartagena buscó integrar en una misma ventana de análisis espacial, las principales características de los componentes ambientales que identifican o determinan el comportamiento de los medios biótico, abiótico, socioeconómico y cultural, de tal forma que se logró reflejar las particulares ambientales de dicha zona.

Dicha zonificación partió de la información considerada en la caracterización socio ambiental del área de influencia de la Refinería, la cual fue debidamente recopilada, interpretada, sectorizada y georreferenciada, logrando definir áreas o unidades homogéneas o relativamente homogéneas con diferentes grados de importancia y/o sensibilidad ambiental de acuerdo a las características intrínsecas de los ecosistemas y a los servicios sociales y/o ambientales que éstos prestan.

Con base en la aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se cruzó o superpuso la información contenida en los mapas temáticos priorizados para el análisis y de esta forma se pudo obtener la zonificación ambiental final del área de influencia de la Refinería en un mapa síntesis. Dicho mapa abstraigo y ubicó espacialmente los diferentes sectores con diferentes grados de restricción ante las intervenciones que puedan ocasionarse en el ambiente, lo cual resultó un insumo básico para la planeación y manejo propuesto para el desarrollo de las actividades objeto de Modificación de Licencia Ambiental en la Refinería

A continuación, se describe de forma genérica el procedimiento que se tuvo en cuenta para la zonificación ambiental de las áreas de interés del EIA:

- i. **Caracterización, agrupación y georreferenciación de sectores o unidades homogéneas.-** Con base en el levantamiento y recopilación de información para el desarrollo de la línea base del área de influencia de la Refinería, se agruparon y georreferenciaron las unidades o sectores homogéneos obteniendo como producto mapas temáticos por componente (estabilidad geotécnica, aptitud del suelo, hidrogeología, coberturas vegetales de la tierra, fauna, organización comunitaria, presencia del estado, disponibilidad de servicios públicos y accesibilidad)) que fueron el insumo para la zonificación ambiental síntesis del presente EIA.
- ii. **Superposición ponderada de atributos.-** la información contenida en cada uno de los mapas temáticos de los componentes seleccionados, valorados y ponderados se cruzó o superpuso mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), capturando la ponderación máxima para sensibilidad y para importancia en cada uno de los pixeles del entorno zonificado para conformar así los mapas temáticos de acuerdo a la interacción de sensibilidad máxima e importancia máxima al final de cada medio (físico, biótico, socioeconómico y cultural) incluyendo el mapa intermedio en el que se especializaron las exclusiones o restricciones legales.
- iii. **Obtención del mapa síntesis de la zonificación ambiental.** - Producto de la superposición por máximos de los mapas intermedios de cada uno de los medios (legal, físico, biótico, socioeconómico y cultural) se obtuvo el mapa síntesis con la zonificación ambiental final del área en la cual se realiza el proyecto.

En síntesis se puede aseverar que la zonificación ambiental se realizó para los elementos de mayor interés en los medios físico, biótico, socioeconómico y cultural del área de influencia de la Refinería, conforme a los atributos, parámetros y ponderaciones que le fueron asignados por un panel de expertos de acuerdo a las características intrínsecas de cada uno de ellos en función de la capacidad de residencia que logren demostrar y por los servicios sociales, ambientales o económicos que estos puedan llegar a prestar, complementándolas con el marco legal y normativo que para el efecto aplica en dicha área.

Figura 1-16 Integración de medios usados en la zonificación



Fuente: Guía para la Zonificación Ambiental de las Áreas de Interés Petrolero (Delgado Rivera, Félix Abraham; 2013).

A continuación, se describen las diferentes categorías de sensibilidad e importancia ambiental definidas para el presente EIA

1.5.5.1 Sensibilidad Ambiental

Este parámetro fue definido como la capacidad intrínseca de cada elemento natural o antropizado de ser más o menos susceptible a ser alterado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas a él.

Esta sensibilidad se manifiesta en el nivel de tolerancia, estabilidad o resiliencia ante determinada intervención generada por una condición o acción exógena, siendo más sensible aquel elemento que es alterado con una intervención o modificación leve, presentando mayores dificultades para recuperarse o volver a su estado original. En la Tabla 1.42 se presenta los diferentes niveles de sensibilidad que fueron considerados para el análisis realizado en el presente EIA.

Tabla 1.42 Categorías de calificación para la sensibilidad ambiental⁴

Nivel de sensibilidad	Valor
Muy Alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy Baja	1

Fuente: Guía para la Zonificación Ambiental de las Áreas de Interés Petrolero (Delgado Rivera, Félix Abraham; 2013)

Como resultado de esta valoración se definen cinco (5) categorías que explican la capacidad de asimilación o no de una intervención y la que manifiesta para recuperarse o volver a su estado original, así:

1.5.5.1.1 Muy Alta sensibilidad

Corresponde a un elemento muy susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son muy intolerantes a la perturbación con muy baja o ninguna capacidad de recuperación en el largo plazo

1.5.5.1.2 Alta sensibilidad

Incluye elementos susceptibles a ser alterado o modificados en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas leves. Son intolerantes a la perturbación con baja capacidad de recuperación en el largo plazo, en las que se deben adoptar medidas de manejo.

1.5.5.1.3 Moderada o media sensibilidad

Agrega elementos moderadamente susceptibles a ser alterados o modificados en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son moderadamente tolerantes a la perturbación con capacidad de recuperación en el mediano plazo, mediante la adopción de medidas de manejo.

1.5.5.1.4 Baja sensibilidad

Incluye elementos poco susceptibles a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes. Son tolerantes a la perturbación con buena capacidad de recuperación en el mediano plazo de forma natural.

1.5.5.1.5 Muy Baja sensibilidad

Son elementos muy poco susceptibles de ser alterados o modificados en su estructura y/o

⁴ Consultoría Colombiana S.A., 2012.

funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes.

1.5.5.2 Importancia Ambiental

La importancia ambiental de un elemento natural o antropizado está dada por la capacidad de ofrecer o prestar bienes o servicios sociales, económicos, culturales y/o ambientales al entorno en el que se encuentre, ya sean estos de soporte, regulación o provisión. En tal sentido se consideraron las categorías de valor presentes en la Tabla 1.43.

Tabla 1.43 Categorías de calificación para la importancia ambiental⁵

Nivel de importancia	Valor
Muy Alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy Baja	1

Fuente: Guía para la Zonificación Ambiental de las Áreas de Interés Petrolero (Delgado Rivera, Félix Abraham; 2013)

1.5.5.2.1 Muy Alta importancia

Son elementos con muy alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea.

1.5.5.2.2 Alta importancia

Corresponde a elementos con alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea.

1.5.5.2.3 Media importancia

Incluye elementos con moderada capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea.

1.5.5.2.4 Baja importancia

Son elementos con baja capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea.

1.5.5.2.5 Muy Baja importancia

Agrupar elementos con muy baja capacidad de generar u ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea

La interacción entre los diferentes niveles de sensibilidad e importancia ambiental determinaron los grados de oferta ambiental del área de influencia de la Refinería de

⁵ Consultoría Colombiana S.A., 2012.

Cartagena definidos por las interrelaciones sensibilidad/importancia ambiental (S/I), las cuales al espacializarlas al final para cada medio conformaron la zonificación ambiental. La relación sensibilidad/importancia ambiental (S/I) estaría dada con base en la interacción de niveles que se presentan en la Tabla 1.44.

Tabla 1.44 Matriz de interacciones sensibilidad / importancia ambiental (S/I)

	Nivel De Sensibilidad	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Nivel De Importancia	Valor	5	4	3	2	1
Muy Alta	5	Muy Alta (5.0)	Muy Alta (4.5)	Alta (4.0)	Alta (3.5)	Media (3.0)
Alta	4	Muy Alta (4.5)	Alta (4.0)	Alta (3.5)	Media (3.0)	Media (2.5)
Media	3	Alta (4.0)	Alta (3.5)	Media (3.0)	Media (2.5)	Baja (2.0)
Baja	2	Alta (3.5)	Media (3.0)	Media (2.5)	Baja (2.0)	Baja (1.5)
Muy Baja	1	Media (3.0)	Media (2.5)	Baja (2.0)	Baja (1.5)	Muy Baja (1.0)

Fuente: Guía para la Zonificación Ambiental de las Áreas de Interés Petrolero (Delgado Rivera, Félix Abraham; 2013), modificado por Concol by WSP.

Las ponderaciones o calificaciones dadas a cada uno de los sectores o áreas homogéneas identificadas se efectuaron con fundamento en el conocimiento, experticia y criterio de cada uno de los especialistas que participaron en la elaboración de los estudios ambientales, cuya integración de resultados generó el mapa síntesis de la zonificación ambiental presentado en el Capítulo 3 Caracterización del área de estudio, Numeral 3.6 Zonificación Ambiental.

1.5.5.3 Parámetros de Análisis

Los parámetros o variables que se consideraron para el análisis, calificación y cuantificación de la sensibilidad e importancia ambiental del área de influencia de la Refinería de Cartagena fueron aquellos de mayor representación de las características propias de los elementos y comunidades existentes en dicha zona y que pueden ser susceptibles de sufrir modificaciones y/o alteraciones en la prestación bienes y/o servicios sociales y ambientales, en un mayor o menor grado, por diferentes causas externas a su entorno.

En la Tabla 1.45 se presentan los parámetros de análisis que serán considerados en la zonificación ambiental.

Tabla 1.45 Componentes ambientales considerados en la zonificación de un área

Medio / Marco	Elemento Valorado
Medio abiótico	Estabilidad Geotécnica Uso Potencial del Suelo Vulnerabilidad a la contaminación de Acuíferos Susceptibilidad a inundación
Medio Biótico	Coberturas de la tierra Áreas de importancia para la fauna y flora

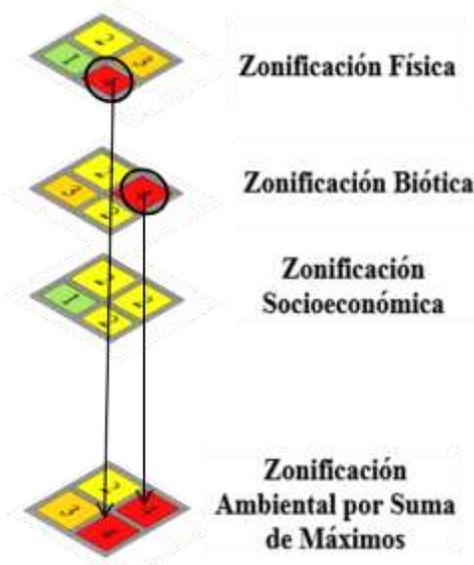
Medio / Marco	Elemento Valorado
Medio Socioeconómico y cultural	Organización Comunitaria y Ámbitos de Participación Presencia del Estado y Otras Organizaciones Disponibilidad a servicios públicos y sociales Accesibilidad
Marco Legal y Normativo	Determinantes Ambientales del Plan de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de Cartagena

Fuente: Concol y WSP, 2019.

1.5.5.4 Zonificación Ambiental Síntesis

Con base en la definición de áreas homogéneas de cada uno de los componentes evaluados según la anterior Tabla, se realizó un ejercicio de superposición utilizando la ponderación de los máximos valores que alcanzaron los elementos evaluados en cada medio con herramientas de geo-procesamiento se realizó el cruce de las diferentes áreas o zonas creadas por las calificaciones en los elementos y a su vez en las zonificaciones de cada medio, siempre asegurando que aquellos elementos de mayor criticidad por su sensibilidad o importancia o por su condición legal o normativa se conservara durante el ejercicio de superposición y así pudiera delimitarse en la zonificación ambiental síntesis. (Ver Figura 1-17).

Figura 1-17 Esquemática de cruce de mapas temáticos Utilizando la ponderación por máximos



Fuente: Guía para la Zonificación Ambiental de las Áreas de Interés Petrolero (Delgado Rivera, Félix Abraham; 2013). Modificado por: Concol by WSP, 2019

Producto del cruce del mapa de oferta ambiental (relaciones Sensibilidad/Importancia) con el mapa de aspectos legales y normativos se obtuvo como resultante el mapa de zonificación ambiental del área de influencia del proyecto.

1.5.6 Evaluación de Impacto Ambiental

El objetivo de la evaluación ambiental es identificar y evaluar los impactos ambientales que se puedan presentar en los dos escenarios a analizar para cada uno de los medios abiótico, biótico, socioeconómico y cultural: Escenario 1, a partir de la caracterización del área de influencia, representada por la dinámica de las actividades actuales de la región, siendo una base para la comparación con el Escenario 2, el cual incluye las actividades para la modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena, con la finalidad de percibir los cambios potenciales que puedan generarse en el entorno y de utilizar la evaluación ambiental como el insumo para la elaboración de las medidas de manejo ambiental para cada impacto.

Para desarrollar el proceso de identificación y evaluación de impactos ambientales se siguieron los lineamientos establecidos en los términos de referencia del sector hidrocarburos para la construcción y operación de refinerías y desarrollos petroquímicos que formen parte de un complejo de refinación - Hi-Ter-1-07 del año 2006, del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; así como lo establecido en el Decreto 2041 del 15 de octubre de 2014 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), “por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales”, articulando la metodología de evaluación ambiental de Concol by WSP, con la Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental de V. Conesa Fdez. – Vitora (2010), con la Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia de R. J. Martínez Prada (2010) y la Guía para la Elaboración de Estudios Ambientales (Ecopetrol, 2015), siendo herramientas que permitieron identificar el estado socioambiental en las condiciones actuales del área de influencia y determinar el nivel de afectación de las actividades propias de la Refinería de Cartagena.

La valoración de los impactos en el escenario sin proyecto hace referencia a las actividades inherentes a la dinámica de desarrollo de la región, contempló parámetros de tendencia de impactos frente a los planes de desarrollo municipales, agendas de productividad, competitividad y los planes o esquemas de ordenamiento territorial.

Para el escenario con proyecto se identificaron los posibles efectos y consecuencias que acarrearía la ejecución de las actividades de operación y mantenimiento de la modificación de licencia ambiental de la Refinería de Cartagena sobre el entorno del proyecto, esta valoración se realizó mediante la aplicación de matrices que relacionan las diferentes actividades con cada uno de los aspectos que permitieron analizar los medios (abiótico, biótico, socioeconómico y cultural).

Dada la complejidad de los procesos y operaciones que se llevan a cabo en la Refinería, en la descripción de las actividades del proyecto se señalan algunos aspectos ambientales asociados a las actividades, objeto de modificación de licencia, los cuales sirven como guía para que el evaluador y lector del estudio cualifique y valore los potenciales impactos que se pueden generar en el medio. En este sentido es importante precisar que no se trata de hacer una evaluación de Actividad -aspecto -impacto, sino que se trata de una guía con la que se busca facilitar la evaluación del impacto.

Utilizando el método deductivo, se definieron, identificaron y calificaron los parámetros establecidos según la escala de valores, para determinar la Importancia Ambiental de cada Impacto identificado, evitando duplicar la valoración de impactos mediante la definición de actividades transversales donde se evaluaron los efectos.

Una vez valorados los impactos por medio, se procedió a priorizarlos según su significancia ambiental, la cual es la base para el análisis jerárquico de las actividades que generan los impactos más significativos y por ende los que requieren de un mayor seguimiento y control.

1.5.6.1 Parámetros de calificación

Dada la naturaleza y variedad de condiciones y características que presentan los impactos ambientales, que se hayan identificado con el desarrollo de las actividades actuales y de operación y mantenimiento de la modificación de la licencia ambiental de REFICAR, esta metodología fundamenta su evaluación en la calificación de los impactos ambientales, mediante la utilización de una escala de valores para cada uno de los parámetros que determinan el grado o intensidad de alteración que se podría estar generando actualmente en el escenario sin o con proyecto.

Para tal efecto, a continuación, se describen los parámetros a considerados dentro de la metodología, junto con los grados de significancia o alteración que se pueden dar (Tabla 1.46).

Tabla 1.46 Parámetros de valoración de impactos ambientales

Calificación	Escala	Significado
Rangos de naturaleza		
Es una condición cualitativa que determina el cambio de manifestación del impacto ambiental.		
POSITIVO	+	Cuando el impacto produce un efecto benéfico en el elemento.
NEGATIVO	-	Cuando el impacto produce un efecto perjudicial en el elemento.
Rangos de efecto - EF		
Se define como la forma de manifestación del efecto sobre un elemento ambiental, como consecuencia de una actividad generadora.		
INDIRECTO	1	Cuando la manifestación del efecto tiene consecuencias indirectas sobre el elemento.
DIRECTO	4	Cuando la manifestación del efecto tiene consecuencias directas sobre el elemento.
Rangos de magnitud - M		
La magnitud representa el grado de trascendencia o incidencia de la acción sobre uno o más componentes ambientales.		
BAJA	2	Efectos ambientales no significativos, es decir cuando las consecuencias del impacto generan modificaciones mínimas sobre el medio o la comunidad.
MEDIA	4	El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales o la comunidad. Cuando el impacto es benéfico se generan alteraciones moderadas en el entorno analizado; variación ambiental o económica

Calificación	Escala	Significado
		mínima.
ALTA	6	El efecto genera un deterioro o pérdida del ecosistema y/o la comunidad de índole intermedio. Cuando el impacto es positivo el beneficio ambiental o económico es considerado intermedio.
MUY ALTA	8	El impacto afecta de manera significativa o grave los ecosistemas y/o el entorno sociocultural. Si el impacto es benéfico, el incremento o variación ambiental y/o económica es significativa
Rangos de resiliencia - RS		
La resiliencia hace referencia a la capacidad intrínseca del ecosistema y/o la comunidad receptora para absorber, tolerar o asimilar las perturbaciones generadas por la acción del hombre, sin alterar significativamente sus características estructurales y de funcionalidad, permitiéndole regresar a su estado original una vez que la perturbación haya terminado.		
MUY TOLERANTE	1	El ecosistema y/o la comunidad asimilan rápidamente y en su totalidad los efectos ambientales y/o sociales durante la ejecución de la actividad, desapareciendo las manifestaciones del impacto tan pronto ésta termina.
TOLERANTE	2	El efecto es asimilado en un periodo mayor de tiempo por el ecosistema y/o la comunidad, sin que éste tiempo adicional sea significativo.
SENSIBLE	3	El efecto es asimilado parcialmente, el ecosistema y/o la comunidad no se recupera fácilmente quedando pequeñas secuelas o consecuencias del impacto
INTOLERANTE (MUY SENSIBLE)	4	La manifestación del impacto no desaparece ni es asimilada por el ecosistema y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación total del ecosistema o dejando secuelas significativas en la comunidad.
Rangos de tendencia - T		
La tendencia hace referencia al cambio o comportamiento que manifiesta el efecto de un impacto en la medida que transcurre el tiempo.		
DECRECIENTE	1	Las manifestaciones del impacto tienden a desaparecer de una forma rápida en la medida que transcurre el tiempo.
ESTABLE	2	El efecto del impacto se mantiene constante con el transcurso del tiempo, ya sea en los ecosistemas o en la comunidad.
CRECIENTE	3	El efecto tiende a incrementar la alteración sobre el medio y/o la comunidad, ya sea en extensión, intensidad o cualquiera de sus manifestaciones de manera progresiva.
EXPONENCIAL	4	Los efectos generados por el impacto tienden a aumentar sus manifestaciones de una forma rápida y severa.
Rangos de extensión (On Shore) - E		
La extensión hace referencia al área afectada por la acción impactante, es decir donde tienen manifestación las consecuencias de la actividad.		

Calificación	Escala	Significado
PUNTUAL	1	Cuando las manifestaciones o alteraciones biofísicas se manifiestan dentro de la instalación, sin salir de ella, en un área inferior a una Ha. (10.000 m ²). Socioeconómica y culturalmente, el impacto puede repercutir a nivel predial o unidades familiares.
LOCAL	3	El impacto desde el punto de vista biofísico se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 1.0 y 5.0 Ha. Desde el punto de vista socioeconómico y/o cultural, el impacto puede repercutir a nivel de la unidad territorial (vereda, resguardo o territorio colectivo).
PARCIAL	6	Biofísicamente, el impacto se manifiesta dentro o fuera de la instalación, en un área comprendida entre 5.0 y 10.0 Ha. Socioeconómica y culturalmente, el impacto repercute a nivel territorial (regional).
EXTENSO	9	Desde el punto de vista biofísico, el impacto tiene manifestaciones dentro o fuera de la instalación en un área superior a 10.0 Ha. Las repercusiones a nivel socioeconómico y/o cultural pueden ser de orden nacional o internacional.
Rangos de extensión (Off Shore) - E		
PUNTUAL	1	Cuando las manifestaciones o alteraciones biofísicas se localizan dentro de un radio de 0,5 km. Socioeconómicamente, en el ambiente costero, la afectación se manifiesta a nivel de unidades familiares.
LOCAL	3	Cuando los efectos o manifestaciones biofísicas se localizan dentro de un radio de 1,0 km. Desde el punto de vista socioeconómico y/o cultural el impacto puede repercutir a nivel costero en la unidad territorial (vereda, resguardo o territorio colectivo).
PARCIAL	6	Desde el punto de vista biofísico, el impacto se manifiesta hasta el límite de un área de 2,5 Km de radio. Las alteraciones producidas en el componente socioeconómico y/o cultural abarcan el área de influencia Indirecta (AII). A nivel costero, las repercusiones socioeconómicas y culturales son de índole territorial (municipal).
EXTENSO	9	Desde el punto de vista biofísico, el impacto presenta manifestaciones en un área de 5,0 km. de radio. A nivel costero, las repercusiones socioeconómicas y culturales son de índole territorial (regional).
Rangos de exposición - EX		
Es el periodo de tiempo y/o la frecuencia con el que el impacto actúa o incide sobre cualquiera de los componentes del ecosistema.		
FUGAZ – ESPORÁDICO	1	Exposición: momentánea o fugaz Ocurrencia: excepcional o esporádica (menos de una vez por año).
TEMPORAL – BREVE	2	Exposición: breve (hasta un (1) día)

Calificación	Escala	Significado
		Ocurrencia: temporal (menos de una vez al mes).
FRECUENTE – PROLONGADO	3	Exposición: Extendida (hasta un (1) mes) Ocurrencia: frecuente (por lo menos una vez al día).
PERMANENTE	4	Exposición: prolongada (superior a un (1) mes) Ocurrencia: muy frecuente o continúa.
Rangos de recuperabilidad - RC		
Se refiere al tiempo que requiere un ecosistema y/o comunidad, después de haber sido objeto de un impacto para retornar a las condiciones originales, mediante el uso o aplicación de tecnologías que actúen como medidas correctivas.		
RÁPIDA	1	Las manifestaciones tienen duración inferior a un (1) mes
MODERADA	2	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y doce (12) meses
LENTA	3	Las manifestaciones tienen duración entre uno (1) y cinco (5) años
IRRECUPERABLE (PERDURABLE)	4	Las consecuencias permanecen por más de cinco (5) años
Rangos de acumulación - A		
Se refiere a la potenciación del efecto causado porque la actividad que lo genera es continua.		
SIMPLE	1	El efecto del impacto no se incrementa por la ocurrencia reiterada de una actividad generadora.
ACUMULATIVO	4	El efecto del impacto se acumula y aumenta progresivamente con la ocurrencia de la actividad generadora.
Rangos de sinergia - S		
Se refiere a la potenciación del efecto causado por actividades que actúan simultáneamente.		
NO SINÉRGICO	1	Cuando el impacto no interactúa con otros impactos y su efecto es independiente.
SINÉRGICO	6	Cuando el impacto actúa de manera agregada con otros impactos, generando un efecto mayor a la suma de los mismos.

Fuente: Ecopetrol (2015).

1.5.6.2 Cálculo de la Importancia Ambiental del Impacto

El método de calificación aplicado busca establecer la importancia ambiental del impacto, como una función determinada por la sumatoria de las calificaciones asignadas a los diferentes atributos de la evaluación. La función establece que las variables de magnitud, extensión, acumulación y sinergia presentan una mayor valoración, debido al comportamiento del parámetro en el sector hidrocarburos. La importancia ambiental del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto en la **Ecuación 1**, en función de valor asignado a los símbolos considerados:

Ecuación 1 Importancia Ambiental

$$IA = +(EF+M+E+T+EX+RS+RC+A+S)$$

Dónde:

- IA = Importancia ambiental
- EF = Efecto
- M = Magnitud
- E = Extensión
- T = Tendencia
- EX = Exposición
- RS = Resiliencia
- RC = Recuperabilidad
- A = Acumulación
- S = Sinergia

El resultado final de la evaluación fue la clasificación de los impactos, con base en los parámetros o valores de importancia establecidos, dicha calificación fue agrupada en los niveles de importancia definidos en la presente metodología, los cuales se presentan en la Tabla 1.47

Tabla 1.47 Importancia de los impactos ambientales

Rango de importancia	Nivel de importancia	
	POSITIVO	NEGATIVO
10 – 16	LEVE	LEVE
17- 24	MENOR	MENOR
25 - 32	LOCALIZADO	LOCALIZADO
33 – 40	MAYOR	MAYOR
41 - 47	MASIVO	MASIVO

Fuente: Ecopetrol (2015).

Una vez determinado el nivel de importancia de los impactos ambientales se procedió a establecer el nivel de evidencia para el escenario sin proyecto y la posibilidad de ocurrencia para el escenario con proyecto, con el fin de evaluar la significancia ambiental del impacto, los niveles de evidencia y probabilidad se presentan en la Tabla 1.48.

Tabla 1.48 Rangos de Probabilidad de ocurrencia y evidencia

Letra	Evidencia (escenario sin proyecto)	Probabilidad de ocurrencia (escenario con proyecto)	
		%	Definición
A	Poco Evidente	≤ 20	Prácticamente imposible que ocurra
B	Moderadamente Evidente	21–40	Poco Probable que ocurra
C	Evidente	41–60	Es posible que ocurra
D	Muy Evidente	61–80	Bastante probable que ocurra
E	Destacado	>80	Ocurrirá con alto nivel de certeza

Fuente: Ecopetrol (2015).

La aplicación de la evidencia y la probabilidad de ocurrencia generan la Significancia Ambiental del Impacto, y corresponde a la **Ecuación 2**, como se muestra a continuación:

Ecuación 2 Significancia Ambiental del Impacto

$$SAI = \pm (EF+M+E+T+EX+RS+RC+A+S) f P \text{ ó } EV$$

Dónde:

- IA** = Importancia ambiental
- EF** = Efecto
- M** = Magnitud
- E** = Extensión
- T** = Tendencia
- EX** = Exposición
- RS** = Resiliencia
- RC** = Recuperabilidad
- A** = Acumulación
- S** = Sinergia
- P** = Probabilidad de
- EV** = Sinergia

Los rangos de la Significancia Ambiental del Impacto varían entre Muy Baja, Baja, Media, Alta hasta Muy Alta, para cada escenario como se presenta en las Tabla 1.49, Tabla 1.50, Tabla 1.51, Tabla 1.52 y Tabla 1.53.

Tabla 1.49 Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin Proyecto

Consecuencia		Evidencia				
		A	B	C	D	E
Nivel importancia ambiental		Prácticamente Imposible	Poco Probable	Es Posible	Bastante Probable	Ocurrirá con Alto Nivel de Certeza
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Media

Fuente: Ecopetrol (2015).

Tabla 1.50 Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Sin Proyecto

Consecuencia		Evidencia				
		A	B	C	D	E
Masivo	5					Muy Alta
Mayor	4				Alta	
Localizado	3			Media		
Menor	2		Baja			
Leve	1	Muy baja				

Fuente: Ecopetrol (2015).

Tabla 1.51 Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Sin Proyecto

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Nivel importancia ambiental		A	B	C	D	E
Masivo	5					Muy Alta

CONSECUENCIA		EVIDENCIA				
Mayor	4				Alta	
Localizado	3			Media		
Menor	2		Baja			
Leve	1	Muy baja				

Fuente: Ecopetrol (2015).

Tabla 1.52 Significancia de los Impactos Negativos – Escenario Con Proyecto

Consecuencia		Evidencia				
Nivel importancia ambiental		A	B	C	D	E
		Prácticamente Imposible	Poco Probable	Es Posible	Bastante Probable	Ocurrirá con Alto Nivel de Certeza
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Media

Fuente: Ecopetrol (2015).

Tabla 1.53 Significancia de los Impactos Positivos – Escenario Con Proyecto

Consecuencia		Evidencia				
Nivel importancia ambiental		A	B	C	D	E
		Prácticamente Imposible	Poco Probable	Es Posible	Bastante Probable	Ocurrirá con Alto Nivel de Certeza
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy baja	Baja	Baja	Media	Media
Leve	1	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Media

Fuente: Ecopetrol (2015).

En la medida que se realizó la evaluación de los impactos ambientales previamente identificados, se fue documentando de manera detallada, la descripción y análisis que se ha considerado en la calificación y valoración de estos, de tal manera que fue fácil, identificar o rastrear el origen y la justificación de las calificaciones dadas. De igual manera, se sustentó de manera objetiva la significancia ambiental del impacto que fue obtenida como producto final del proceso de evaluación del impacto, a fin de documentar el criterio o situación que fue sido considerada.

1.5.7 Evaluación Económica Ambiental

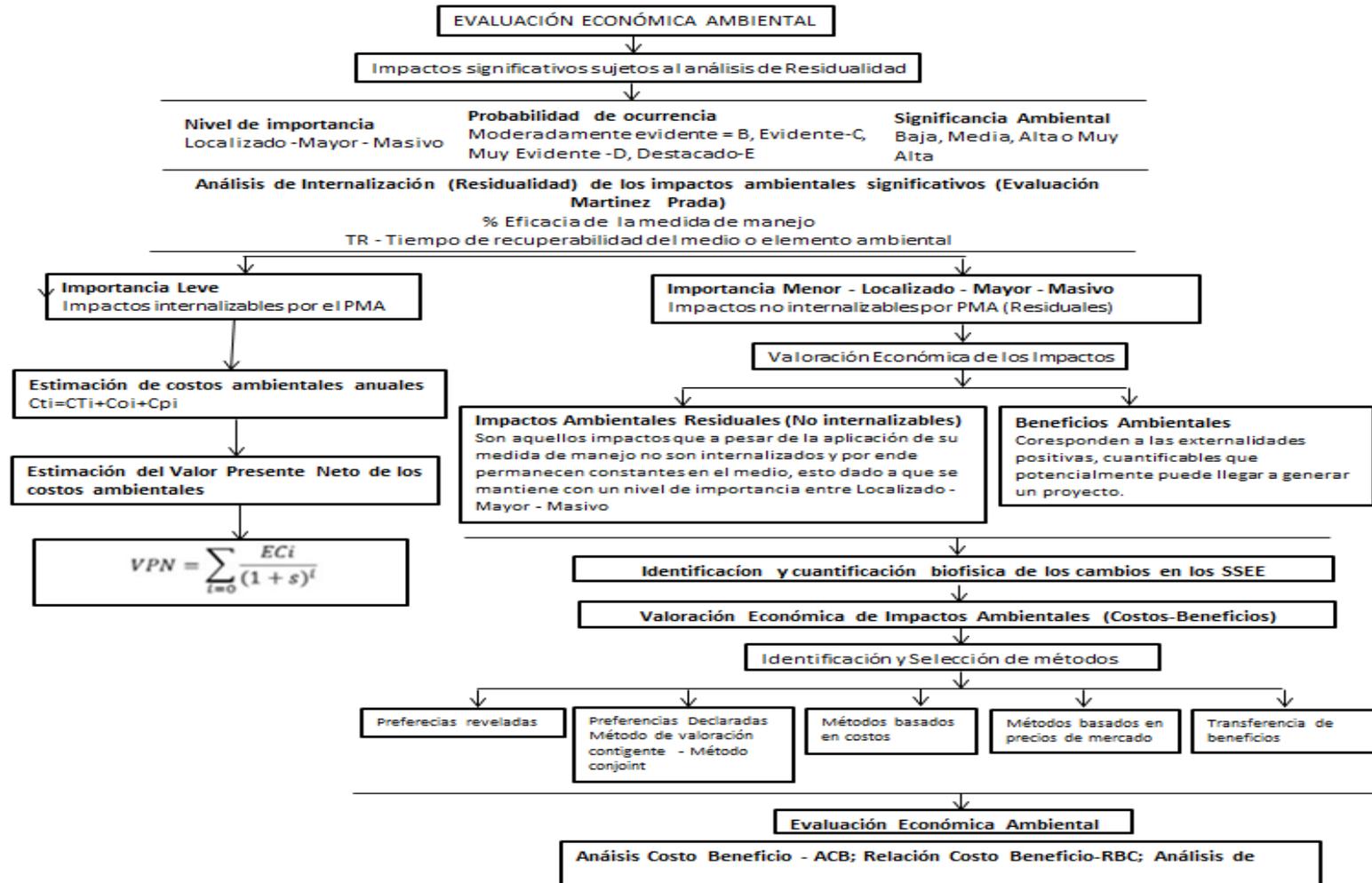
La evaluación económica ambiental partió de los resultados de la identificación y evaluación de los impactos ambientales que potencialmente pueden atribuirse al desarrollo del proyecto: Estudio de Impacto Ambiental - EIA - Para la Modificación de la Licencia Ambiental de la Refinería de Cartagena S.A.S. De los cuales, para el proceso de evaluación económica se toman los impactos significativos (relevantes) que presentan un nivel importancia localizado, mayor y masivo con una probabilidad de ocurrencia B, C, D y E, que



dan como resultado una significancia ambiental baja, media, alta y muy alta.

Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales, se expresaron en términos monetarios aquellos impactos significativos, definidos como aquellos impactos que no pudieron ser internalizados (residuales) luego de la aplicación de estrategias de manejo del PMA, de acuerdo con la vigente Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), y los Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2017).

Figura 1-18 fases del proceso de evaluación económica de los impactos ambientales del proyecto



Fuente: Concol by WSP, 2018.

1.5.7.1 Jerarquización de impactos y análisis de residualidad

Para la selección de los impactos significativos se consideraron inicialmente los impactos categorizadas con significancia ambiental baja, media, alta y muy alta, siempre y cuando tuvieran una calificación de la Importancia Ambiental localizada, mayor y masivo con una probabilidad de ocurrencia del evento en las categorías de B a la E de acuerdo a la metodología RAM establecida por Ecopetrol S.A.

Posteriormente, y teniendo como base los resultados de la selección preliminar se realizó una nueva categorización, a través del análisis de los efectos residuales, que se desarrolló ciñéndose a la "Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martinez Prada, 2010); en la cual se incorpora el cálculo de la importancia neta de los impactos significativos (Impactos escenario con proyecto) con el fin de identificar cuáles de estos no pueden internalizarse mediante la aplicación de las medidas de manejo (Permite identificar y jerarquizar los impactos en internalizables y no internalizables).

El análisis partió de la identificación de las medidas de manejo viables para cada impacto identificado como significativo, donde se evaluó el tiempo de recuperación del elemento en relación a la afectación producida por el impacto y la eficacia de la medida de manejo, entendida cómo la capacidad que tiene la medida implementada para lograr disminuir el nivel de afectación que se causaría sobre los elementos ambientales por la incidencia de las actividades del proyecto.

Es importante señalar que el análisis residualidad incide directamente sobre la calificación de importancia ambiental, en tanto la probabilidad de ocurrencia del impacto se mantuvo constante de acuerdo con la asignación de probabilidad otorgada en la evaluación de impactos escenario con proyecto. A continuación, se describen las variables involucradas en la metodología propuesta por (Martinez Prada, 2010)

1.5.7.2 Tiempo de Recuperación

Esta variable determina el tiempo que tardará en recuperarse el elemento o componente ambiental afectado a partir del momento en que se ejecutan las medidas de manejo ambiental y el plan de seguimiento y monitoreo del proyecto.

En este sentido, el tiempo de recuperación se consideró como la estimación del tiempo que tarda la medida en actuar, de tal forma que logre desaparecer los síntomas o efectos, y se logre regresar a la condición precedente al impacto. Estos tiempos generalmente están condicionados por la magnitud, gravedad o severidad del daño causado, así como por la sensibilidad y vulnerabilidad del elemento receptor (Martinez Prada, 2010). La valoración del tiempo esperado de recuperación se presenta en la Tabla 1.54.

Tabla 1.54 Clasificación para la valoración del tiempo de recuperación

Categoría cualitativa	Descripción	Valor
Recuperable a muy largo plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación es de muy largo plazo, más de cinco (5) años.	1
Recuperable a largo plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación del factor es de largo plazo, entre uno (1) a cinco (5) años.	2
Recuperable a mediano plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación del factor es de mediano plazo, entre uno (1) a doce (12) meses.	3
Recuperable a corto plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación del factor es de corto plazo, entre un periodo máximo de un (1) mes.	4
Inmediato	Una vez se aplica la medida de manejo, el factor ambiental retorna a las condiciones iniciales de forma inmediata o factores de tiempo representados en horas o días no muy prolongados.	5

Fuente: Modificación de la Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010), Adaptada para metodología RAM. Consultoría Colombiana S.A. by WSP, 2018.

1.5.7.3 Eficacia de la medida de manejo

La eficacia de la medida de manejo fue considerada como la proporción de eficacia en el logro de la meta propuesta al momento de aplicar las medidas de control y manejo ambiental previstas en el proyecto. En la Tabla 1.55 se presentan los diferentes niveles de valoración establecidos para las posibles proporciones de efectividad alcanzada con la aplicación de una o varias medidas. Es necesario mencionar que ésta es la efectividad esperada, fundamentados en la experiencia y conocimiento de la aplicación de las mismas en los ecosistemas o comunidades específicas.

Tabla 1.55 Clasificación para la valoración de la eficacia de la medida de manejo

Categoría cualitativa	Descripción	Valor
Muy Baja	Cuando la eficacia de la medida es nula, no se evidencia recuperación del factor ambiental afectado. Se aplica para las medidas de compensación.	1
Baja	Cuando la eficacia de la medida de manejo sea menor a 30%.	5
Media	Cuando la eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 30% a 60%.	10
Alta	Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 61% a 80%.	15
Muy Alta	Muy Alta (15): Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo sea mayor a 80%.	20

Fuente: Modificación de la Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010), Adaptada para metodología RAM. Consultoría Colombiana S.A. by WSP, 2018.

1.5.7.4 Recuperabilidad (Rp)

Una vez realizada la estimación de las variables tiempo de recuperación y efectividad de la medida de manejo, se procedió a determinar el grado o proporción de la Recuperabilidad del elemento alterado por el impacto. En consecuencia, en la Ecuación 3 se presenta el

algoritmo que calcula dicha relación, el cual estaría dado a continuación:

Ecuación 3 Recuperabilidad

$$R_p = \frac{(t_n + e_n)}{(t_{max} + e_{max})}$$

Dónde:

- R_p = Recuperabilidad del impacto (€ tiempo-eficacia)
- t_n = Tiempo que se espera que tarde en recuperarse el elemento "n"
- e_n = Efectividad esperada en la recuperación del elemento "n" al aplicar la medida de control y manejo
- t_{max} = Tiempo máximo que se espera que tarde en recuperarse un elemento
- e_{max} = Efectividad máxima esperada en la recuperación de un elemento al aplicar la medida de control y manejo

Con base en la aplicación de la ecuación anterior se determinaron los niveles de recuperabilidad (%) esperados en cada impacto sobre un determinado ecosistema o comunidad. Para tal efecto, en la

Tabla 1.56 se presenta la proporción que se da entre dichas variables.

Es de resaltar, que dentro de la matriz dicho indicador de recuperabilidad representa una participación porcentual, está conversión obtenida, mediante la multiplicación del indicador de recuperabilidad por 100 ($R_p\% = (R_p * 100)$).

Tabla 1.56 Grados de Recuperabilidad esperada con el transcurso del tiempo

Recuperabilidad		Eficacia de las medidas				
		1	5	10	15	20
Tiempo		Muy baja eficacia	Baja eficacia	Moderada eficacia	Alta eficacia	Muy alta eficacia
		(≤20%)	(21-40%)	(41-60%)	(61-80%)	(≥81%)
INMEDIATO	5	Baja	Media	Media	Alta	Muy Alta
		24%	40%	60%	80%	100%
CORTO PLAZO < 1 MES	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
		20%	36%	56%	76%	96%
MEDIANO PLAZO 1-12 MESES	3	Muy Baja	Baja	Media	Media	Alta
		16%	32%	52%	72%	92%
LARGO PLAZO 1-5 AÑOS	2	Muy Baja	Baja	Baja	Media	Alta
		12%	28%	48%	68%	88%
MUY LARGO PLAZO > 5 AÑOS	1	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Media	Media
		8%	24%	44%	64%	84%

Fuente: Ecopetrol S.A., 2015.

Establecida la recuperabilidad esperada con el transcurso del tiempo, se procede a determinar la residualidad relativa del impacto, que no es más que el complemento o la proporción del impacto que no pudo ser recuperada, la cual se obtendría a través del siguiente cálculo:

Ecuación 4 Residualidad relativa

$$R_{SR} = 1 - R_p$$

Dónde:

R_{SR} = Residualidad Relativa del impacto
 R_p = Recuperabilidad del impacto (£ tiempo-eficacia)

Dicha residualidad es una proporción indicadora del tipo de manejo que se espera tener durante el desarrollo del proyecto, luego es bien importante hacer énfasis en aquellos impactos que pueden presentar en ecosistemas o comunidades sensibles, vulnerables o críticas con una menor eficacia en sus medidas y unos mayores tiempos de recuperación.

Con el objeto de tener una visión más amplia de la magnitud de la residualidad esperada, la proporción calculada se le aplica al valor de importancia ambiental, calculados con los demás parámetros para el impacto, determinando con ello la Recuperabilidad absoluta, así:

Ecuación 5 Recuperabilidad absoluta

$$R_{PAB} = I_{BRUTA} - R_p$$

Dónde:

R_{PAB} = Recuperabilidad absoluta
 I_{BRUTA} = Importancia Bruta (calculada inicialmente para cada impacto con todas las variables)
 R_p = Recuperabilidad del impacto (£ tiempo-eficacia)

Para efectos de determinar la magnitud de la residualidad absoluta del impacto, expresada en términos de importancia ambiental, incorporando la residualidad dentro de la valoración de los impactos se obtuvo de la siguiente expresión:

Ecuación 6 Residualidad absoluta en términos de la importancia ambiental

$$R_{AB} = I_{BRUTA} * (1 - R_p)$$

Dónde:

R_{AB} = Residualidad absoluta
 I_{BRUTA} = Importancia Bruta (calculada inicialmente para cada impacto con todas las variables)
 R_p = Recuperabilidad del impacto (£ tiempo-eficacia)

1.5.7.5 Nivel de importancia con medida de manejo

El objetivo de evaluar el nivel de importancia del impacto con medida de manejo se relaciona con la necesidad de comparar la importancia del impacto sin la implementación de las medidas de manejo, frente a la importancia del impacto luego de que se implementen las medidas de manejo correspondientes. Para hallar este resultado se determina que según el grado de residualidad absoluta obtenida, se obtiene el nivel de impacto latente en el medio, el cual expresa el nivel de importancia con medida de manejo. Dicho nivel se distribuye, según los rangos que se presenta en la Tabla 1.57.

Tabla 1.57 Clasificación para la valoración de la importancia con medida de manejo

Rango de I*	Descripción	Valoración
10-16	Leve	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad muy baja sobre el factor y no se constituye en un riesgo significativo para la pérdida de calidad ambiental.
17-24	Menor	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad baja sobre el factor que no ameritan cambios en las medidas de manejo para el control del impacto.
25-32	Localizado	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad considerable, pero en un sector localizado. Dada la intensidad del impacto es viable replantear la medida de manejo con el fin de atenuar los efectos del impacto en los sitios de interés.
33-40	Mayor	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad alta sobre el factor que obliga a considerar nuevas alternativas para la ejecución de las acciones previstas.
41-47	Masivo	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad muy alta sobre el factor que obliga a considerar nuevas alternativas para la ejecución de las acciones

* Los rangos utilizados para la valoración de la Importancia con medida de manejo de los impactos residuales fueron adaptados de acuerdo a los criterios de calificación usados para la valoración de los parámetros establecidos para la metodología RAM.

Fuente: Concol by WSP, 2018, adaptado de (Martinez Prada, 2010)

1.5.7.6 Impactos internalizables

Con base en los resultados del análisis de residualidad, se identificaron los impactos considerados “internalizables” de acuerdo a su nivel de importancia leve, el cual se obtiene relacionando, la medida de manejo ambiental que evita o corrige el impacto; determinando así, y los costos asociados a su implementación, para su posterior inclusión en el análisis financiero del proyecto, siguiendo lo establecido en (MADS & ANLA, 2017); Cabe resaltar, que se consideraron criterios propios del contexto del proyecto (tales como la fragilidad, vulnerabilidad ambiental), para su definición.

1.5.7.7 Análisis de internalización

Los impactos ambientales negativos que pueden ser controlados en su totalidad por las medidas de prevención o corrección contempladas en los respectivos Planes de Manejo Ambiental-PMA, son considerados internalizados y por lo tanto su valor económico se representa a partir de las inversiones en las medidas de manejo ambiental.

Sin embargo, el monto de las inversiones puede reflejar el valor económico de los impactos internalizados siempre y cuando se cumplan esta con al menos tres condiciones.

- i. La predictibilidad temporal y espacial del cambio biofísico.
- ii. La alta certeza y exactitud en las medidas de prevención o corrección de dichos impactos.
- iii. Los programas o medidas contemplados para realizar la corrección tienen una efectividad cercana al 100%.

En el caso de que no se cumplierse una de estas condiciones, el impacto fue incluido dentro de la valoración económica de impactos por método de preferencias reveladas o declaradas. La descripción de los pasos requeridos con la cual se realizó la internalización de impactos se relaciona a continuación.

- i. Descripción del impacto negativo e identificación de los servicios ecosistémicos comprometidos: se debe determinar el impacto a considerar en el análisis de internalización, la afectación a los servicios ecosistémicos previstos en el área de influencia, como consecuencia de la ocurrencia del impacto analizado.
- ii. Definición del indicador: a partir de la información consignada en la línea base para los medios biótico, abiótico y socioeconómico, se relaciona un indicador que evidencia el cambio que ocasiona en el área de influencia una vez el proyecto obra o actividad entre en ejecución.
- iii. Cuantificación del cambio del servicio ecosistémico: se relacionan las estimaciones en unidades físicas, del cambio temporal y espacial del impacto analizado.
- iv. Medida de manejo seleccionada e indicadores asociados: se indica en programa y proyecto que mejor se ajusta para garantizar la prevención o corrección del impacto y los indicadores que reflejen su eficacia.
- v. Resultado esperado de la medida (indicador): se debe dar el valor numérico de las medidas de prevención o corrección, si esta no contempla una efectividad del 100% debe ser justificada.
- vi. Estimación de los costos ambientales: se presentan los costos considerados, con temporalidad anual y con horizonte de tiempo, coherente con la presencia del impacto que en algunos casos puede estar más allá de la vida útil del proyecto, de esta manera, los costos totales involucran el valor del consumo de los recursos ambientales y las inversiones para el mantenimiento de la calidad ambiental, que se presenta en la siguiente ecuación.

Ecuación 7 Estimación de costos totales ambientales

$$EC = CTi + COi + CPi$$

Dónde:

EC: Costos totales ambientales en el año i

CTi: Costos de transacción en el año i

COi: Costos operativos en el año i

CPi: Costos de personal en el año i

Costos de transacción: incluyen el valor de los impuestos, tasas, tarifas y precios de mercado, que se pagan por el uso del bien o servicio ambiental.

Costos operativos: hace referencia a la inversión que se debe realiza para mantener la calidad ambiental; incluyen todos los pagos por control de la contaminación, entre los que se cuentan la adquisición, funcionamiento y mantenimiento de equipo de tratamiento y monitoreo, los gastos en manejo ambiental, y los gastos en restauración, siembras y cerramientos, entre otros. Esta información puede corresponder a los costos de las

actividades contempladas en las medidas de manejo ambiental para prevención y corrección.

Costos de personal: corresponden a los costos del personal requerido para la implementación de cada medida de prevención o corrección establecida en el PMA.

Los costos ambientales anuales deben ser sumados y llevados a una temporalidad coherente con la duración o vida del impacto internalizado.

Duración de los impactos: la duración del proyecto no necesariamente configura a la duración del impacto, la temporalidad varía dependiendo la naturaleza misma del impacto. La proyección temporal de los costos inicia en el año cero, o año de inicio del proyecto, y culmina en el último año de incidencia del impacto. Cabe resaltar que los costos anuales son afectados por una Tasa Social de Descuento-TDS estableciendo un Valor Presente Neto-VPN. (MADS & ANLA, 2017).

1.5.7.8 Tasa Social de Descuento-TDS para la agregación intertemporal de los valores económicos

La Tasa Social de Descuento - TSD, es el factor que permitió comparar los beneficios y los costos económicos del proyecto, obra o actividad en diferentes momentos del tiempo y con relación al mejor uso alternativo de esos recursos.

La TDS Es definida como se define como la tasa preferencial de descuento por parte del consumidor (Moreno, 1992) citado por (Rodríguez, 2007) dicho con otras palabras, mide la tasa a la cual una sociedad está dispuesta a cambiar consumo presente por consumo futuro, una tasa mayor indica una preferencia al consumo presente de los recursos. En Colombia la tasa oficial para este indicador es del 12% anual propuesta por el Departamento de Planeación Nacional para proyectos de infraestructura.

1.5.7.9 Valor Presente Neto-VPN

Una vez se obtuvo el flujo de costos, este debe descontarse utilizando la TSD, para obtener el Valor Presente Neto - VPN de los costos ambientales. Los costos se agregaron de forma anual (según corresponda), teniendo en cuenta los periodos sobre los cuales se presenta el impacto. Lo anterior se debe especificar para cada tipo de costo valorado (CEDE, 2010) citado por (MADS & ANLA, 2017). La agregación intertemporal permite el cálculo del VPN y se obtiene de la siguiente manera:

Ecuación 8 Estimación de la VPN (impactos internalizados).

$$VPN = \sum_{i=0} \frac{(ECi)}{(1 + S)^i}$$

Dónde:

ECi: Costos ambientales totales en el año i.

S: tasa social de descuento.

I: indicador del año.

1.5.7.10 Impactos no internalizables

A partir de los resultados del análisis de residualidad (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) donde se revaluó el Índice de Importancia Ambiental se obtienen los impactos que aun implementando la medida de manejo tienen el potencial de generar alteraciones al medio. Dichos impactos se consideran cómo residual o no internalizables y son el objeto de la valoración económica ambiental.

Para la determinación de las magnitudes físicas de los impactos ambientales identificados como significativos y residuales se desarrolló un ejercicio de análisis de los potenciales receptores del daño ambiental generado, utilizan para ello la información de los capítulos de generalidades del proyecto, caracterización del área de influencia, demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales y de los reportes de información geográfica. En este contexto para la valoración monetaria tan solo se consideran los impactos susceptibles a medir en unidades físicas, puntualmente de aquellos cuyas funciones ecológicas de producción se conozcan relativamente bien y de las que se disponga de información suficiente para correr algunos de los métodos establecidos para la valoración económica.

1.5.7.11 Métodos de valoración económica de bienes y servicios ambientales

Para la valoración o traducción monetaria de los bienes y servicios ambientales potencialmente afectados, se utilizó las metodologías desarrollada y validadas por las ciencias económicas las cuales además están sugeridas en los términos en la guía metodológica para la valoración de bienes, servicios y recursos naturales (MAVDT, 2003) y en la “Metodología general para la presentación de estudios ambientales” del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2010).

De acuerdo a la tipología del impacto se utilizó la metodología que permita aproximarse al valor económico del bien, servicio o recurso afectado, y en términos generales esta valoración pueden basarse en la creación de mercados hipotéticos, (valoración contingente), en mercados existentes (valoración con base en los precios del mercado), en los costos operacionales (método basado en costos), en los gastos que se incurren para disfrutar de un Bienes y Servicios Ambientales BySA (método del coste de viaje), en las diferencias existentes entre un mismo BySA (precios hedónicos) entre otros (Ver Tabla 1.58).

Tabla 1.58 Métodos sugeridos Términos de referencia M-M INA – 01

Métodos	Métodos basados en costos	Métodos de preferencias reveladas	Métodos de preferencias declaradas
Orientación	Intentan cuantificar lo que las personas están dispuestas a pagar por atender, mitigar o evitar una situación que les empeora su bienestar a partir de sus decisiones de gasto.	Estiman el valor de uso directo e indirecto de los bienes y servicios ambientales por tipo de uso (recreación, salud, insumo de producción, entre otros), aprovechando la relación que exista entre la calidad ambiental y un bien o servicio de mercado.	En el enfoque de preferencias declaradas se le pide a la gente expresar directamente sus preferencias y valores, en lugar de deducir los valores de las opciones reales, como aquellos de preferencia revelada
Métodos más usados	a. Costos de mitigación b. Costos de reposición c. Costos de reemplazo d. Costos evitados e. Costos de enfermedad /morbilidad	a. Precios hedónicos (propiedades y salarios) b. Costos de viaje c. Cambios en la productividad d. Costo de oportunidad	a. Valoración contingente b. Elección contingente (análisis conjoint)
Método de transferencia de beneficios			

Fuente; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-MAVDT.

Finalmente se obtiene el valor económico en unidades monetarias de los potenciales beneficios y daños ambientales (externalidades negativas) asociadas a las obras y actividades del proyecto. Los beneficios corresponden al valor de las acciones de prevención y compensación o externalidades positivas, la generación de empleo y las compensaciones por pagos de impuestos y regalías. Los daños ambientales corresponden a los costos externos o impactos negativos generados por las actividades del proyecto.

1.5.7.12 Análisis Costo Beneficio- ACB

la viabilidad del proyecto se evaluó desde las perspectivas ambientales se relacionan el flujo de costos (externalidades negativas) y beneficios asociados a la operación de los ductos de conducción de hidrocarburos, el cual se utiliza como indicador determinante en la toma de decisiones. El análisis se desarrolla dividiendo todos los beneficios obtenidos durante la vida útil del proyecto con la totalidad de las externalidades negativas asociadas a su ejecución. Si el resultado es superior a uno el proyecto es viable, si el resultado es igual a uno la ejecución del mismo es indiferente para el evaluador, si el resultado es inferior a uno el proyecto no es viables desde la perspectiva ambiental.

Es necesario aclarar que el ACB no es convencional, sino que hace referencia a los beneficios netos generados a la sociedad por las afectaciones en el flujo de bienes y servicios ambientales impactados. El cálculo del VPNE se obtiene aplicando la fórmula:

Ecuación 9 Fórmula para el Cálculo VPN

$$VPNE = \sum_i \frac{B_i - C_i}{(1 + r)^i} = \sum_i \frac{B_i}{(1 + r)^i} - \sum_i \frac{C_i}{(1 + r)^i}$$

Dónde:

Bi Beneficios: Corresponde a la valoración de los impactos positivos en el año i;

Ci Costos: El valor de los impactos negativos en el año i;

r: Es la tasa social de descuento;

i: Es el indicador del año.

El criterio de aceptación, rechazo o indiferencia en la viabilidad de un proyecto, consiste en un VPNE mayor a cero, menor a cero, e igual a cero, respectivamente, como se indica en la Tabla 1.59.

Tabla 1.59 Interpretación del indicador VPNE

Valor presente neto	Interpretación
VPNE > 0	Los beneficios del proyecto son mayores que sus costos, por tanto se acepta el proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social
VPNE = 0	El proyecto no produce beneficios ni costos. Por tanto, se debe rechazar el proyecto ya que provoca pérdidas en bienestar social
VPNE < 0	Los costos del proyecto son mayores que sus beneficios. Por tanto, se debe rechazar el proyecto ya que provoca pérdidas en bienestar social.

Fuente: (CEDE, 2010).

También se incorporó a la evaluación económica la relación beneficio costo, que muestran la relación entre el bienestar social que genera un proyecto, que se interpreta como criterio de la rentabilidad de cada alternativa desde un punto de vista social, se calcula, una vez se tiene el flujo de costos y beneficios del proyecto descontándose la tasa social de descuento, para obtener el Valor Presente Neto – VPN, que para Colombia es del 12% según el Departamento Nacional de Planeación-DNP. La interpretación del RBC se muestra en la Tabla 1.60.

Tabla 1.60 Interpretación de la Relación Beneficio Costo-RBC

Relación beneficio costo – rbc	Interpretación
RBC > 1	El proyecto genera bienestar social; se aporta de manera subsidiaria en la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social.
RBC = 1	El proyecto no presenta cambios en bienestar social; por lo tanto, es indiferente.
RBC < 1	El proyecto empeora el bienestar social; por lo tanto, no es recomendable su ejecución.

Fuente: MAVDT & CEDE (2010) citado por (MADS & ANLA, 2017)

En conclusión, una RBC mayor a uno, significa que el proyecto genera resultados económicamente positivos para la sociedad. Un valor menor que uno, significa que el proyecto provoca un deterioro en bienestar social, y el valor de 1, representa el umbral para la aceptación del proyecto (Diakoulaki & Karangelis, 2007) citado por (MADS & ANLA, 2017).

1.5.8 Zonificación de manejo ambiental

La zonificación de manejo ambiental buscó, a través de la validación de las condiciones de Sensibilidad/Importancia de los elementos en el área de influencia y del reconocimiento de las afectaciones que sobre los mismos puedan ocasionarse por el desarrollo de las diferentes actividades de la operación de la Refinería, prever los diferentes niveles de gestión socio ambiental que se requieran para la ejecución de las actividades objeto de modificación de licencia consideradas en el presente estudio.

Los niveles de gestión socio-ambiental resultantes del análisis adelantado en la zonificación de manejo ambiental redundaron en la identificación de las estrategias de prevención, control, mitigación y compensación que se debieron formular para el desarrollo de las actividades de operación de la Refinería de Cartagena.

1.5.8.1 Variables de entrada para la conformación de zonas de manejo ambiental

A continuación, se presentan las tres (3) variables de entrada que fueron consideradas para la zonificación de manejo ambiental.

1.5.8.1.1 Relación de las categorías de zonificación ambiental con las de manejo ambiental

Con el fin de llevar a cabo la conformación de las zonas de manejo ambiental en el área de influencia de la Refinería se tuvo como primer criterio la relación Sensibilidad/Importancia (Se/ I) analizada en la zonificación ambiental (ver Capítulo 3 Caracterización del área de influencia del Proyecto, Numeral 3.6 Zonificación Ambiental), teniendo como base para la definición de las categoría de manejo ambiental la vulnerabilidad exhibida por cada uno de los elementos evaluados ante cualquier tipo de intervención.

En tal sentido, se definió una relación de correspondencia lineal entre la categoría de Sensibilidad/Importancia (S/I) definida en la zonificación ambiental y su correspondiente categoría de manejo ambiental, tal como se aprecia en la Tabla 1.61.

Tabla 1.61 Matriz de homologación

Zonificación Ambiental Sensibilidad /Importancia		Categorías de Manejo Ambiental según zonificación Ambiental	
1	Muy Baja	1	Area de Intervención
2	Baja	2	Area de Intervención con restricciones menores
3	Media	3	Area de Intervención con restricciones moderadas
4	Alta	4	Área de intervención con restricciones mayores
5	Muy Alta	5	Area Exclusión

Fuente: Concol by WSP, 2019.

Según la anterior tabla se estableció que zonas de muy baja sensibilidad/importancia tendrán una clasificación de manejo ambiental del tipo áreas de intervención, en tanto que zonas en donde la zonificación ambiental muestre que los elementos se comportan como

de baja, media, alta y muy alta sensibilidad/importancia tendrán una clasificación de manejo ambiental de áreas de intervención con restricciones menores, moderadas o mayores.

1.5.8.1.2 Relación de las categorías de manejo ambiental con la cualificación de los impactos potenciales del proyecto

Para complementar el análisis realizado a los elementos propios del área de influencia de la Refinería e incluir en la definición de las categorías y estrategias de manejo las actividades propias de la operación de la refinería, se procedió a espacializar, mediante un ejercicio de cualificación, los impactos potenciales que ocasionarán las actividades de la operación de la Refinería consideradas en la presente modificación de licencia.

La definición de las categorías de manejo ambiental en función de los impactos que se van a generar con las modificaciones en la fase de operación de la Refinería requirió adelantar un ejercicio de espacialización de los impactos del escenario con proyecto.

Para el proceso de cartografiar los impactos se tomó el resultado de las valoraciones realizadas por la mesa de expertos en los índices de importancia y significancia, según la metodología de evaluación de impactos presentadas en el presente capítulo y los resultados analizados en el capítulo 5 evaluación ambiental y se les definió un elemento cartografiable definido como el ámbito de manifestación (ver Tabla 1.62).

Tabla 1.62 Definición de ámbitos de manifestación según cualificación de impactos

COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD SIN PROYECTO	ACTIVIDAD CON PROYECTO	NIVEL DE IMPORTANCIA / SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO	ÁMBITOS DE MANIFESTACIÓN
Calidad del aire	Cambio en la concentración de gases	Actividades licenciadas en la zona	Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío	Localizado/ Media	Área de refinería
			Desintegración catalítica y térmica		
			Generación de agua desmineralizada, energía y producción de vapor		
			Generación de Hidrógeno		
			Hidrotratamiento de Diesel		
			Hidrotratamiento de Nafta		
			Recuperación de azufre		

COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD SIN PROYECTO	ACTIVIDAD CON PROYECTO	NIVEL DE IMPORTANCIA / SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO	ÁMBITOS DE MANIFESTACIÓN
Características de las aguas superficiales	Alteración de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua superficial	Actividades industriales	Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío	Localizado/ Media	Punto de vertimiento
			Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados		
			Arranque y puesta en marcha de equipos, líneas o unidades		
			Desintegración catalítica y térmica		
			Generación de agua desmineralizada, energía y producción de vapor		
			Mantenimiento general de instalaciones		
			Recuperación de azufre		
Recursos hidrobiológicos	Modificación de la calidad del hábitat acuático	Actividades industriales	Destilación de Combinada, Atmosférico y Vacío	Localizado/ Baja	Punto de vertimiento
			Almacenamiento, medición, mezcla, despacho, productos intermedios, productos terminados		
			Desintegración catalítica y térmica		
			Generación de agua desmineralizada, energía y		

COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD SIN PROYECTO	ACTIVIDAD CON PROYECTO	NIVEL DE IMPORTANCIA / SIGNIFICANCIA AMBIENTAL DEL IMPACTO	ÁMBITOS DE MANIFESTACIÓN
			producción de vapor Recuperación de azufre		

Fuente: Concol by WSP, 2019.

Una vez se definieron los ámbitos de manifestación se procedió a asignarle una categoría de manejo ambiental de manera tal que fue posible agrupar, en términos de impactos ambientales, alteraciones que resultan más críticas y que por ende requieren destinar mayores recursos frente a otras que exhibieron condiciones de menor criticidad.

El proceso de asignación de categorías de manejo ambiental se adelantó empleando una matriz de decisión de doble entrada en la que se cruzaron los diferentes niveles de calificación de impactos por la importancia de este, contra los niveles de calificación según su significancia (ver numeral 1.5.6 Evaluación de Impacto Ambiental).

En la Tabla 1.63 se presenta la matriz empleada y su respectiva leyenda con la que se estructuraron las categorías de manejo ambiental empleando el criterio de cualificación de impactos.

Tabla 1.63 Matriz de Categorías de Manejo Ambiental según cualificación de impactos.

Categorías de Manejo Ambiental según cualificación de impactos ambientales						
Importancia		Significancia				
		Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
		5	4	3	2	1
Masivo	5	Ex	AIR-My	AIR-My	AIR-Md	AIR-Md
Mayor	4	AIR-My	AIR-My	AIR-Md	AIR-Md	AIR-Mn
Localizado	3	AIR-My	AIR-Md	AIR-Md	AIR-Mn	AIR-Mn
Menor	2	AIR-Md	AIR-Md	AIR-Mn	AIR-Mn	AI
Leve	1	AIR-Md	AIR-Mn	AIR-Mn	AI	AI
Categorías de Manejo Ambiental según zonificación Ambiental						
1	Area de Intervención					
2	Area de Intervención con restricciones menores					
3	Area de Intervención con restricciones moderadas					
4	Area de intervención con restricciones mayores					
5	Area Exclusión					

Fuente: Concol by WSP, 2019.

1.5.8.1.3 Análisis de condición especial: Análisis situacional “If”

Dado que en el área de influencia de la Refinería se encuentran elementos que por su condición de restricción nacional y de importancia ambiental prohíben las intervenciones, se incluyó como parte de las variables para la definición de las categorías de manejo ambiental una condición especial de carácter normativo con la que se garantizó que dichos

elementos no fueran traslapados en el cruce final de la zonificación de manejo sino que pasen como condición especial a la categoría de exclusión e intervención con restricciones mayores.

Tabla 1.64 Análisis “If” y su categoría de manejo ambiental

Restricción normativa	Categoría de manejo ambiental
Ecosistema de Manglar	Zona de Exclusión
Bosque de Galería y/o ripario	
Ronda de protección hídrica (30 m)	
Plantación de latifoliadas	Área de intervención con restricciones mayores
Cruces lineales existentes sobre bosque ripario	

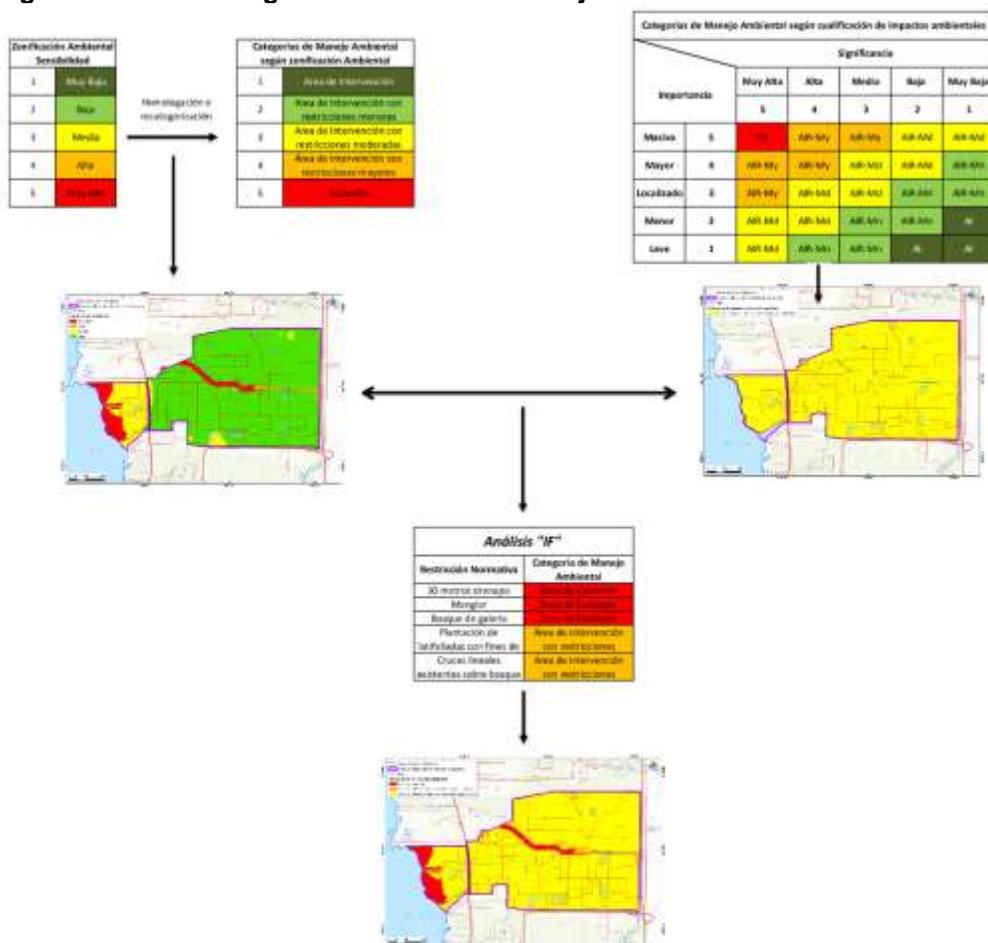
Fuente: Concol by WSP, 2019.

1.5.8.2 Resultado de la zonificación de Manejo Ambiental

El proceso final para la obtención del mapa y leyenda de la zonificación de manejo ambiental fue producto de la superposición en el Sistema de Información Geográfica –SIG del estudio del ejercicio de definición de categorías de manejo ambiental por los resultados de la zonificación ambiental y por la cualificación de impactos y posteriormente por el análisis “If” de restricciones normativas.

El geo-proceso adelantado permitió el cruce de las tres variables de entrada siempre asegurando que aquellos elementos de mayor criticidad por su sensibilidad/ importancia, por su importancia/significancia o por su condición legal o normativa se conservara durante el ejercicio de superposición.

Figura 1-19 Metodología Zonificación de Manejo Ambiental



Fuente: Concol by WSP, 2019.

A continuación, se definen cada una de las áreas de manejo analizadas dentro del proceso de modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena S.A.S. posteriormente.

1.5.8.2.1.1 Área de exclusión.

Hace referencia a las zonas dentro del área de influencia del proyecto que presentan una restricción normativa que impide que la refinería adelante cualquier tipo de actividades en su interior y por ende se constituyen en áreas de no intervención

1.5.8.2.1.2 Áreas de intervención con restricciones mayores

Se refiere a las zonas dentro del área de influencia del proyecto que pueden ser intervenidas, con ciertas limitantes, debido a que presentan una relación Sensibilidad/Importancia ambiental alta, lo que implica una aplicación estricta de las

medidas de manejo, con el fin de evitar la afectación de ecosistemas, elementos o comunidades objeto de intervención.

1.5.8.2.1.3 Áreas de intervención con restricciones moderadas

Define aquellas zonas que son susceptibles a intervenciones ya que presentan una relación Sensibilidad/Importancia ambiental media, razón por la cual se deben atender las medidas de manejo propuestas con el fin de evitar afectaciones significativas a los ecosistemas, elementos o comunidades que puedan resultar afectados por la intervención.

1.5.8.2.1.4 Áreas de intervención con restricciones menores

Hace referencia a las zonas que pueden ser intervenidas debido a que presentan una relación Sensibilidad/Importancia ambiental baja, razón por la cual se deben atender las medidas de manejo que sean pertinentes, con el fin de evitar afectaciones significativas a los elementos o comunidades que puedan verse afectados por la intervención.

1.5.8.2.1.5 Área de intervención

Define las áreas dentro del área de influencia del proyecto que cuentan con una alta capacidad de asimilación y donde se pueden llevar a cabo todas las actividades propuestas para la modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena S.A.S. De igual forma, estas actividades deberán tener en cuenta las propuestas de manejo pertinentes, con el fin de evitar impactos indeseados.

1.5.9 Plan de Contingencias

La metodología desarrollada por Concol by WSP para el análisis de riesgos del presente plan, tuvo en consideración los elementos expuestos, la norma NTC-ISO 31000:2009 Gestión del riesgo. Principios y directrices. Adicional, se tiene como lineamiento el marco conceptual y lineamientos del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, ABC: Adaptación bases conceptuales (Departamento Nacional de Planeación, 2010) y la Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa Escala 1:25.000 (Servicio Geológico Colombiano, 2017), Índice municipal de riesgo de desastres ajustado por capacidades (Departamento Nacional de Planeación, 2018), la Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014), Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación (IDEAM, 2017) y el Estado del arte de estudios de Evaluación Probabilista de Riesgo en Colombia (UNGRD, 2016), entre otros. En término generales para determinar el nivel de riesgo, conceptualmente se parte de la definición del mismo:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

Si se entiende la vulnerabilidad como la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente; se debe tener en

consideración la exposición de los elementos vulnerables al evento amenazante, definiendo el riesgo de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad} * \text{Exposición}$$

Para el análisis del riesgo, se propone hacer una evaluación del riesgo desde el entorno hacia el proyecto y posteriormente desde el proyecto hacia el entorno. De esta manera se puede hacer un análisis del riesgo que permita establecer los escenarios más críticos y determinar las medidas de atención al riesgo de manera más eficiente y estructurada.

1.5.9.1.1 Identificación y determinación de la probabilidad de ocurrencia y/o presencia de una amenaza

Una amenaza se describe como un peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. Así pues, un evento amenazante se considera cómo la manifestación final de la amenaza, que genera los efectos adversos.

La identificación de las amenazas del plan de contingencia para el área de influencia de la Refinería de Cartagena se desarrolló mediante la caracterización socio ambiental del área y el análisis de las etapas y actividades del proyecto; a través de estas, se identificaron las potenciales amenazas externas (del medio hacia el proyecto) que se podrían presentar durante el desarrollo de las actividades. Así mismo, a partir del análisis de las amenazas y la relación con las etapas y actividades, se priorizaron los escenarios críticos que se puedan presentar con la finalidad de realizar el análisis del riesgo.

La estimación de la probabilidad de ocurrencia se relaciona con la cantidad de veces por unidad de tiempo que el evento amenazante se puede manifestar alterando las condiciones operativas de la Refinería de Cartagena y/o el entorno. Para el análisis de las amenazas externas (naturales y antrópicas) que no se puedan espacializar, se realizó la estimación de su probabilidad de ocurrencia en función de la escala que se muestra en la Tabla 1.65.

Tabla 1.65 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas

Puntos	Grado	Probabilidad	Descripción	Ocurrencia casos
5	Muy Alta	Frecuente	Posibilidad de ocurrencia alta reiterativamente	Más de 1 evento al mes
4	Alta	Probable	Posibilidad de ocurrencia media, se presenta algunas veces	Hasta 1 evento cada 6 meses
3	Media	Ocasional	Posibilidad de ocurrencia media, se presenta algunas veces	Hasta 1 evento al año
2	Baja	Remoto	Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta esporádicamente	Hasta 1 caso cada 5 años
1	Muy Baja	Improbable	Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta en forma excepcional	Hasta 1 caso cada 10 años o más

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Adaptado de (ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008)

A su vez, para el análisis de las amenazas exógenas se consideró el cálculo de la amenaza partiendo de diferentes metodologías presentadas y avaladas por entidades Nacionales que permiten cuantificar y cartografiar las mismas para el área de estudio.

1.5.9.1.2 Identificación y análisis de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad corresponde a la predisposición de sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, ambientales, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos peligrosos (artículo 4º Ley 1523 de 2012).

La vulnerabilidad se asocia directamente con la susceptibilidad o las consecuencias que tiene la manifestación del evento amenazante sobre los elementos vulnerables presentes en el área de estudio.

Los niveles de consecuencia o vulnerabilidad se evaluaron de forma independiente en diferentes ámbitos: los efectos potenciales a la integridad del proyecto (componente individual), los efectos ambientales (componente ambiental), sociales (componente social) y socioeconómicos (componente socioeconómico). En la Tabla 1.66 se presenta las categorías para calificar la susceptibilidad para las amenazas antrópicas y naturales que no se pueden cartografiar y que se pretende evaluar en el actual capítulo.

Tabla 1.66 Criterios para la calificación de consecuencias

Nivel	Descripción	Puntos
Muy alto	Genera consecuencias de muy alta intensidad, muy extensas, permanentes, de efecto directo, irreparable e irreversible. Generan muerte o incapacidad total o permanente a las personas. Catastrófica > US\$10 M	5
Alto	Genera consecuencias de alta intensidad, extensas, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el largo plazo. Generan lesiones graves o incapacidad parcial permanente a las personas. Grave US\$1M a US\$10M	4
Medio	Genera consecuencias de moderada intensidad, puntual a extensa, temporales, de efecto directo, mitigables o reversibles en el mediano plazo. Generan lesiones moderadas o incapacidad temporal a las personas. Severo US\$100K a 1M	3
Bajo	Genera consecuencias de mediana intensidad, puntuales, temporales, de efecto directo y recuperable o reversible en el mediano plazo. Ocasionan lesiones leves o incapacidad temporal a las personas. Importante US\$10K a 100K	2
Muy Bajo	Genera consecuencias de baja intensidad, puntuales, fugaces, de efecto secundario y recuperable de manera inmediata o reversible en el corto plazo. No se producen lesiones personales incapacitantes. Marginal < US\$10K	1

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Adaptado de (ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008)

Para el caso de las amenazas naturales se establece un análisis de la vulnerabilidad por componente, partiendo de la susceptibilidad o sensibilidad (tomada de la zonificación ambiental).

1.5.9.1.3 Identificación y análisis de la exposición

En cuanto al análisis de exposición expresada en función de la probabilidad de ocurrencia de los eventos amenazantes, partiendo de la espacialización de las amenazas naturales, y el análisis de las amenazas antrópicas; y los elementos vulnerables así como asentamientos humanos, infraestructura pública, infraestructura productiva, sitios de importancia cultural y áreas ambientalmente sensibles, entre otros (con base en información de campo y análisis de la información secundaria), se determinó qué tan expuestos podrían estar dichos elementos en caso de manifestarse cada una de las amenazas identificadas. Para esto se utilizaron cinco (5) categorías, desde Exposición Muy Baja hasta Exposición Muy Alta (Tabla 1.67).

Tabla 1.67 Categorías para el nivel de exposición

Nivel de exposición		
Clasificación		Descripción
5	Muy Alta	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy alta probabilidad de ocurrencia
4	Alta	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una alta probabilidad de ocurrencia
3	Media	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una probabilidad de ocurrencia media.
2	Baja	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una baja probabilidad de ocurrencia
1	Muy Baja	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy baja probabilidad de ocurrencia

Fuente: ConCol by WSP, 2018. Adaptado de (ECOPETROL, 2012)

1.5.9.1.4 Análisis y zonificación del riesgo

Con base en lo anterior, al ser cruzado la vulnerabilidad con la probabilidad de manifestación de las amenazas (*¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*) y la potencial exposición de los elementos sensibles a las amenazas se obtiene el nivel de riesgo definido en tres categorías: Alto, Medio y Bajo (Tabla 1.68).

Tabla 1.68 Criterios para definir el nivel del riesgo del entorno hacia el proyecto

Probabilidad		Vulnerabilidad					Exposición	
		Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja		
		5	4	3	2	1		
Muy Alta	5	125	100	75	50	25	5	Muy Alta
Alta	4	80	64	48	32	16	4	Alta
Media	3	45	36	27	18	9	3	Media
Baja	2	20	16	12	8	4	2	Baja
Muy Baja	1	5	4	3	2	1	1	Muy Baja
Riesgo		A		M		B		
Rango		64 - 75		27 - 50		1 - 25		

Fuente: ConCol by WSP, 2019. Modificado de (ECOPETROL, Dirección de Responsabilidad Integral, 2008)

En conclusión, al clasificar las amenazas, se define la metodología como se evaluó el riesgo, ya sea de manera matricial o de manera cartográfica. Así pues, se estableció una evaluación del nivel de riesgo matricial y cartográfico que fue determinado por la información que se pudo obtener como insumo para su evaluación.

Los resultados se analizaron según los niveles de riesgo que se listan en la Tabla 1.69.

Tabla 1.69 Definición del nivel de riesgo

Nivel	Interpretación
Alto	Se deberá implementar previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo). Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes.
Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.
Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos (permisos, ATS, procedimientos, lista de chequeo, responsabilidades y competencias, EPP, etc.).

Fuente: Concol by WSP, 2019. Modificado de (ECOPETROL, 2012)

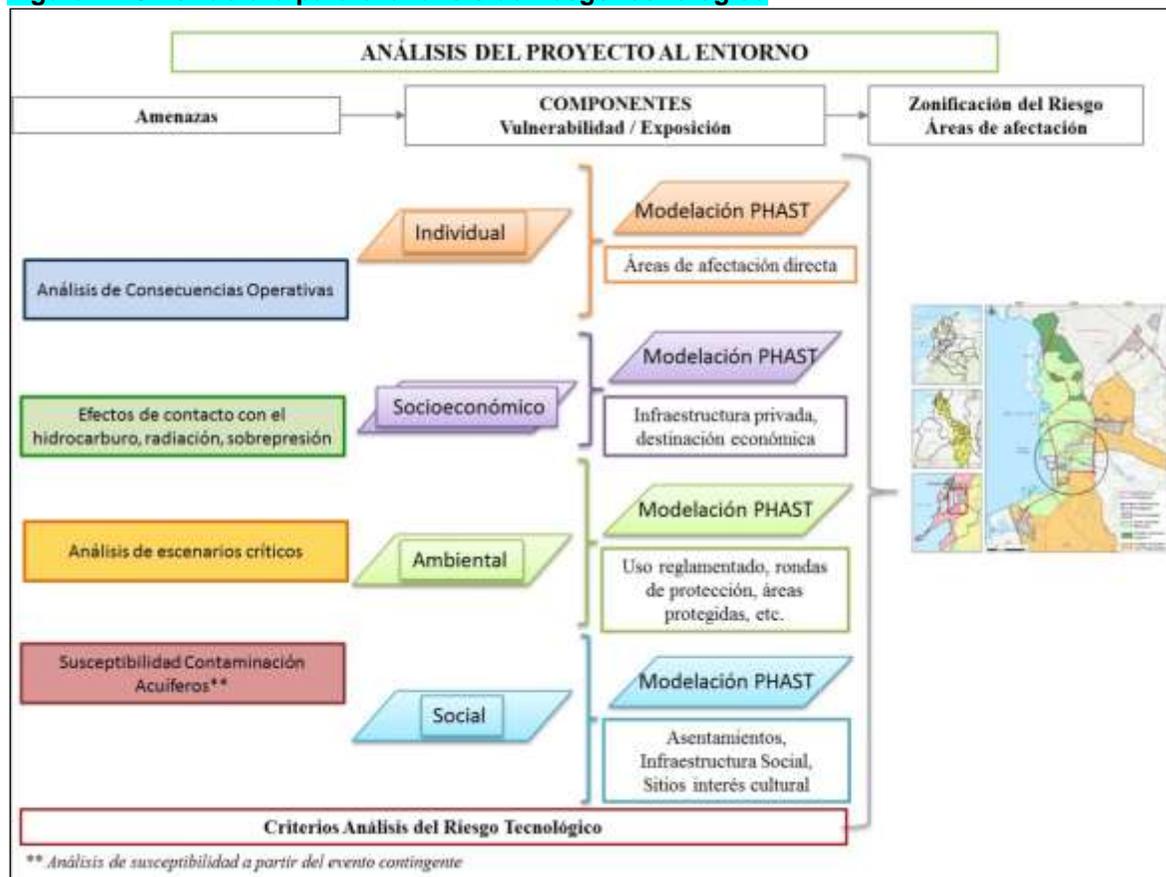
1.5.9.1.5 Metodología para el análisis de riesgo tecnológico

Como lineamiento principal para el análisis de riesgo tecnológico y su influencia sobre el componente individual, social, socioeconómico y cultural y el ambiental, desarrollado para la Refinería de Cartagena, se tuvo en consideración la norma NTC-ISO 31000:2009 Gestión del riesgo. Principios y directrices y Guía para la gestión de emergencias en Ecopetrol (GHS-G-039).

En consecuencia, se puede establecer el riesgo tecnológico para los diferentes

componentes partiendo del análisis desarrollado por parte de la Refinería de Cartagena para las diferentes unidades operativas (Figura 1-20).

Figura 1-20 Estructura para el análisis de riesgo tecnológico



Fuente: ConCol by WSP, 2019.

A partir de un análisis de consecuencias operativas y de los efectos de contacto con el hidrocarburo, tales como: radiación, sobrepresión, toxicidad, entre otros; se establece un análisis de los escenarios propuestos, identificando los de mayor criticidad e implementando sobre estos la modelación PHAST para determinar áreas de afectación y de esta manera hacer la evaluación con respecto a los componentes de vulnerabilidad y exposición.

La evaluación del riesgo tecnológico parte de un Análisis de Peligro por Fuego (Fire Hazard Analysis – FHA) para las diferentes unidades por medio del cual se identifican los equipos con mayor potencial de afectación y los posibles eventos que puede generar una liberación del material contenido en los mismos. Para el caso de materiales tóxicos, el modelamiento permite identificar las áreas que verían afectadas por la nube y de esta forma establecer el perímetro de evacuación.

Para la realización del Análisis de Peligros por Fuego, se procede con la identificación de los equipos críticos con mayor potencial para generar eventos por fuego, explosión y nubes tóxicas. Se emplea para ello la metodología propuesta por la American Petroleum Institute - API en el documento “API 2213 - Fireproofing practices in Petroleum and Petrochemical process plans, Ed. 2012”. Posteriormente, se siguen los lineamientos definidos en la guía “Fire Protection in Chemical, Petrochemical, and Hydrocarbon Processing Facilities Ed. 2012”, del Center for Chemical Process Safety – CCPS. Los criterios para ser desarrollados son los siguientes:

- i. Identificar cuál es el objetivo del análisis. Plantear las estrategias para la mitigación de los peligros, elaboración de los Procedimientos Operativos Normalizados PON de las unidades.
- ii. Identificar los inventarios de los equipos críticos. Almacenamiento de líquidos y gases en la unidad.
- iii. Definir los posibles escenarios por fuego y explosión. Calcular la cantidad de combustible almacenado, composiciones de los materiales almacenados, fuentes probables de ignición, identificar los posibles eventos que puede generar el compuesto al quemarse (chorro de fuego, piscina de fuego, dispersión, explosión, deflagración, BLEVE).
- iv. Determinar el área de impacto. A partir del empleo del software PHAST calcular el área de impacto producto de la liberación y/o quema de los materiales liberados. Para el cálculo del área de impacto debe suministrarse variables de proceso tales como: cantidad del material, composición, flujo, temperatura, presión, altura del punto de liberación, altura de la medición, distancia del punto de ignición, tipo de terreno, grado de congestión de la unidad. De igual forma, debe suministrarse información de las condiciones climáticas del área tales como: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección predominante del viento, entre otras.

1.6 PROFESIONALES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

A continuación, en la Tabla 1.70, se relacionan los profesionales que estuvieron a cargo de la realización del Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la licencia ambiental de la Refinería de Cartagena S.A.S.

Tabla 1.70 Profesionales que intervinieron en la elaboración del EIA

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Mónica pescador	Ingeniera Forestal	Gerente de Proyecto Consolidación y revisión de información secundaria del estudio. Consistencia y coherencia del estudio. Relacionamiento Concol by WSP – Refinería de Cartagena. Reuniones precampo-conceptualización, poscampo. Preparación documentos de soporte para consulta ante entidades.

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Katherine Martínez	Ingeniero químico	<p>Coordinador de proyecto. Capítulo de generalidades del estudio. Descripción ambiental del área. Zonificación de manejo. Organización de anexos. Estructuración de resumen ejecutivo. Introducción de capítulos. Descripción de la infraestructura y procesos existentes y proyectados. Procesamiento de información secundaria disponible. Ajuste de metodología para recolección de información primaria. Reuniones pre-campo-conceptualización, post-campo. Descripción del proyecto (infraestructura, procesos), especificaciones técnicas. Formulación de fichas del plan de manejo ambiental relacionadas con la temática. Apoyo en la formulación de medidas para el plan de control y seguimiento. Resumen ejecutivo.</p>
Oscar Muñoz	Ingeniero químico	<p>Descripción de la infraestructura y procesos existentes y proyectados. Procesamiento de información secundaria disponible. Ajuste de metodología para recolección de información primaria. Descripción del proyecto (infraestructura, procesos), especificaciones técnicas. Diligenciamiento FUN Diligenciamiento de GDB. Resumen ejecutivo.</p>
Carlos Guerrero	Geólogo	<p>Procesamiento de información secundaria disponible. Ajuste de metodología para recolección de información primaria. Caracterización del área de influencia: Componente geoesférico, definición de las unidades geomorfológicas. Zonificación geotécnica. Descripción de impactos relacionados con el componente en la evaluación ambiental. Apoyo en zonificación ambiental y riesgos. Descripción de impactos relacionados con el componente en la evaluación ambiental. Formulación de fichas del plan de manejo ambiental relacionadas con la temática. Formulación de medidas para el plan de control y seguimiento. Resumen ejecutivo. Organización de anexos. Diligenciamiento de GDB.</p>

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Carlos Guerrero	Hidrogeólogo	<p>Caracterización del área de influencia. Descripción de impactos relacionados con el componente en la evaluación ambiental. Generación de medidas para los planes y programas de manejo, seguimiento y monitoreo. Apoyo en la formulación de medidas para el plan de control y seguimiento. Diligenciamiento de GDB.</p>
Sandra Rosero	Profesional suelos/ paisaje	<p>Caracterización del área de influencia, unidades de suelos, usos del suelo conflictos de uso, paisaje. Descripción de impactos relacionados con el componente en la evaluación ambiental. Generación de medidas para los planes y programas de manejo, seguimiento y monitoreo. Estructuración de informe de caracterización de suelos. Diligenciamiento de GDB.</p>
Katherine Rodríguez	Ingeniero ambiental	<p>Procesamiento de información secundaria disponible. Ajuste de metodología para recolección de información primaria. Reuniones pre-campo-conceptualización, post-campo. Atmosfera, inventario atmosfera, residuos sólidos y peligrosos, calidad de agua. Inclusión de resultados de laboratorios. Descripción de impactos relacionados con el componente en la evaluación ambiental. Apoyo en zonificación ambiental. Encargado de la consolidación de las fichas del plan de manejo ambiental. Formulación de medidas para el plan de control y seguimiento. Formulación del plan de desmantelamiento y abandono. Resumen ejecutivo.</p>
Katherine Rodríguez	Hidrólogo	<p>Desarrollo del componente hidrológico, red de drenaje y procesos de susceptibilidad a inundación. Cálculo de la oferta hídrica. Caracterización de línea base ambiental (Hidrología).</p>

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Diana Malagón	Ingeniero forestal	Verificación de información secundaria. Caracterización de ecosistemas terrestres (Flora), caracterización de ecosistemas estratégicos, sensibles y áreas protegidas (trabajo de campo). Identificación, calificación y descripción de impactos del componente Flora. Definición y calificación de criterios de zonificación de la parte biótica (Flora). Desarrollo del componente de aprovechamiento forestal para el capítulo de demanda. Programas de manejo del medio biótico (Flora). Programas de seguimiento y monitoreo del medio biótico (Flora).
Diego Londoño	Ingeniero forestal II	Apoyo en el desarrollo de los trabajos de campo Apoyo en la elaboración del capítulo de demanda de recursos y plan de aprovechamiento forestal.
Fabián Camilo Prada	Biólogo	Caracterización del Medio Biótico – Fauna (Anfibios, Reptiles, Mamíferos y avifauna) Consulta de información secundaria. Zonificación ambiental del Medio Biótico. Generación de medidas para los planes y programas de manejo, seguimiento y monitoreo.
Fabián Camilo Prada	Biólogo hidrobiológicos	Caracterización del Medio Biótico – Fauna (ictiofauna), análisis multitemporal. Generación de medidas para los planes y programas de manejo, seguimiento y monitoreo. Diligenciamiento de GDB.
Wilmar Barbosa	Profesional epífitas	Caracterización de las especies de epífitas, bromelias, briofitas y demás formas vegetales con posible presencia en el área. Diligenciamiento de GDB.
Natalia Gómez Espinosa Alejandro Blandón Nancy Sandoval	Profesional social	Metodología social. Caracterización de línea base social. Trabajo de campo. Desarrollo del programa de PIPC con comunidades, entidades regionales y municipales. Evaluación de impacto ambiental. Generación de medidas para los planes y programas de manejo, seguimiento y monitoreo socioeconómico. Geodatabase Social. Zonificación ambiental del Medio socioeconómico. Generación de medidas para los planes y programas de manejo, seguimiento y monitoreo.
Juan Pablo Guaneme	Profesional evaluación ambiental	Desarrollo y consolidación de la identificación y evaluación de impacto ambiental. Elaboración del análisis de riesgos, actualización del plan de contingencia.

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Camilo Chindicue	Profesionales SIG	Geomática. Elaboración del componente cartográfico y SIG en relación a los temas bióticos, abióticos, socioeconómicos. Síntesis ambiental, de impactos y de manejo. Elaboración de anexo cartográfico. Diligenciamiento de la GDB.
Juan Pablo Guaneme	Economista	Caracterización Económica. Evaluación económica ambiental, a partir de un análisis costo beneficio ambiental.
William Valenzuela	Profesional Plan de Contingencias	Desarrollo del análisis de riesgo. Actualización del plan de contingencia con la entrada en operación de la planta antigua y el cambio en el patio de almacenamiento de azufre.

Fuente: Concol by WSP., 2019.