

REFINERÍA DE CARTAGENA S.A.S



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

CONTRATO 966568

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO

**CAPÍTULO 3.2.1 GEOLOGÍA
VERSIÓN 0**

Bogotá D.C., noviembre de 2019

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
0		11-2019	Versión final
B	Documento en general	11-2019	Se anexa matriz de hallazgos y respuestas
A	Documento en general	10-2019	Se anexa matriz de hallazgos y respuestas

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de revisión		0
Responsable por elaboración	Nombre	Carlos Guerreo
	Firma	
Responsable por revisión	Nombre	Katherine Martínez
Coordinador Proyecto	Firma	
Responsable por aprobación	Nombre	Mónica Pescador
Gerente de Proyecto	Firma	
	Fecha	noviembre de 2019

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

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 3.2.1 GEOLOGÍA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO	6
3.2 MEDIO ABIÓTICO	6
3.2.1 Geología.....	6
3.2.1.1 Geología regional.....	7
3.2.1.2 Geología estructural.....	11
3.2.1.3 Geología local	12
3.2.1.4 Geología costera.....	16
3.2.1.5 Amenazas naturales	17

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

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 3.2.1 GEOLOGÍA

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Fuentes de cartografía temática publicadas por INGEOMINAS	6
Tabla 3.2 Estudios anteriores	6
Tabla 3.2 Unidades geológicas presentes en el área de influencia	12
Tabla 3.3 Intervalos de categorías de sismicidad	18
Tabla 3.4 Leyenda del mapa de amenaza por procesos de remoción en masa del área de influencia	20
Tabla 3.5 Niveles Ceráunicos	21
Tabla 3.6 Análisis multitemporal del área del proyecto	29
Tabla 3-8 Categorías para amenaza por inundación	5
Tabla 3.9 Eventos de inundaciones según el sistema nacional de gestión del riesgo de desastre	5

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

CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

CAPÍTULO 3.2.1 GEOLOGÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 Localización área de influencia dentro del mapa de cuencas sedimentarias de Colombia	7
Figura 3.2 Provincias geológicas de la cuenca Sinú - San Jacinto.	8
Figura 3.3 Columna estratigráfica generalizada del cinturón del Sinú	9
Figura 3.4 Geología estructural	12
Figura 3.5 Fotointerpretación de unidades geológicas	13
Figura 3.6 Distribución espacial de las unidades geológicas	15
Figura 3.7 Perfil geológico área de influencia	15
Figura 3.8 Geología costera	17
Figura 3.9 Mapa de amenaza sísmica en el área de influencia	18
Figura 3.10 Mapa de amenaza por procesos de remoción en masa	20
Figura 3.11 Mapa de amenaza Cerámica en el área de influencia	22
Figura 3.12 Erosión Costera	24
Figura 3.13 Relación espacial de las inundaciones (Fenómeno de la Niña 2010-2011) según SIAC respecto al área de influencia físico-biótica	26
Figura 3.14 Relación espacial de la susceptibilidad a inundaciones según el SIAC respecto al área de influencia físico-biótica	27
Figura 3.15 Distribución de susceptibilidad de inundación del área de influencia físico-biótica	3
Figura 3.16 Amenaza por inundación	5

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO

3.2 MEDIO ABIÓTICO

3.2.1 Geología

La geología es la ciencia que trata, de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen y que las llevan a su actual estado, como caracterización de estos cambios la cartografía geológica permite ver espacialmente, la evolución y cambios de la corteza terrestre con la interpretación superficial de los eventos evidenciados en el registro cronológico a partir de los diversos procesos de formación de la corteza terrestre. Esta evolución es interpretada gracias al registro estratigráfico y la posición cronológica de cada una de las unidades durante el paso de millones de años (Compton, 1970).

La elaboración del componente Geológico del Estudio de Impacto Ambiental para la modificación a la licencia ambiental de Refinería de Cartagena S.A.S, se realizó a partir de la compilación y análisis de información secundaria oficial, para lo cual se tuvieron en cuenta las planchas geológicas escala 1:100.000, más actualizadas y las correspondientes memorias explicativas, publicadas por el INGEOMINAS y estudios geológicos como el 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 (Refinería de Cartagena S.A, 2009), también se realizó fotointerpretación mediante sensores remotos, sin embargo es importante indicar que no se cuenta con información a escala detalla del área. A continuación, en la Tabla 3.1 se presenta la lista de las planchas consultadas.

Tabla 3.1 Fuentes de cartografía temática publicadas por INGEOMINAS

TITULO	AÑO	ESCALA
Geología de la Plancha 29-30 Arjona	1998	1: 100.000

Fuente: Concol by WSP, 2019.

En la Tabla 3.2 se presentan los estudios de impacto ambiental consultados y presentados anteriormente por la refinería.

Tabla 3.2 Estudios anteriores

TITULO	AÑO	AUTOR
Estudio de Impacto ambiental Proyecto plan maestro Refinería de Cartagena	1997	Refinería de Cartagena
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	Refinería de Cartagena
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	Refinería de Cartagena

Fuente: Concol by WSP, 2019.

La fotointerpretación de las unidades geológicas y estructurales se realizó por medio de

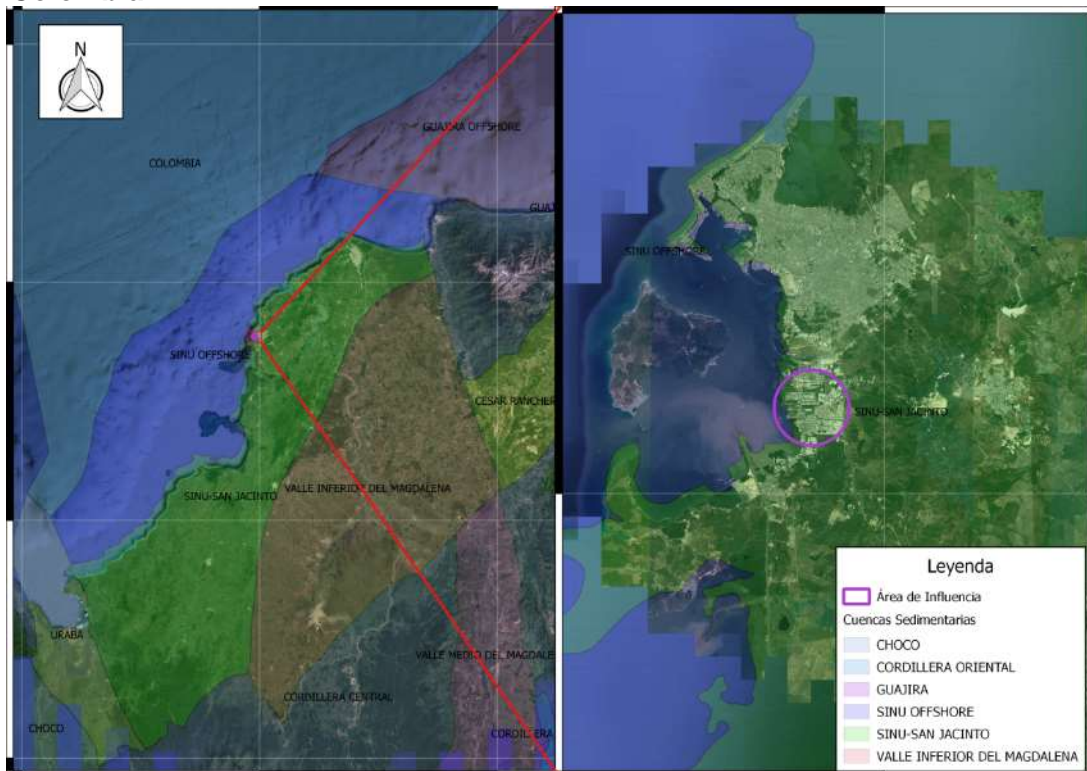
una imagen de alta resolución (50 cm) del año 2015 y el modelo de elevación de terreno (DEM) escala de 5 metros.

3.2.1.1 Geología regional

El área de influencia se localiza en la cuenca sedimentaria Sinu – San Jacinto (SIB -SJAB) (ver Figura 3.1), definida por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), esta cuenca sedimentaria está localizada en la esquina noroccidental de Colombia. Limita al este con el sistema de fallas de romeral; limita el norte con la falla Oca, en el noroccidente con el cinturón de deformación del sur del Caribe, al suroccidente con el sistema de fallas Urumita y al sur con rocas sedimentarias del Cretácico y rocas volcánicas de la cordillera occidental.

El desarrollo estructural de la cuenca está vinculado a la deformación transpresional-transtensional generada por el desplazamiento de la placa del Caribe, esta cuenca se caracteriza por presentar una secuencia de rocas sedimentarias terciarias de origen continental y marino que suprayacen, rocas sedimentarias cretácicas de origen marino (BARRERO, PARDO, VARGAS, & MARTINEZ, 2007).

Figura 3.1 Localización área de influencia dentro del mapa de cuencas sedimentarias de Colombia



Fuente: Concol by WSP, 2019.

3.2.1.1.1 Provincias geológicas

El área de influencia hace parte del cinturón del Sinú, está limitado al este por el cinturón

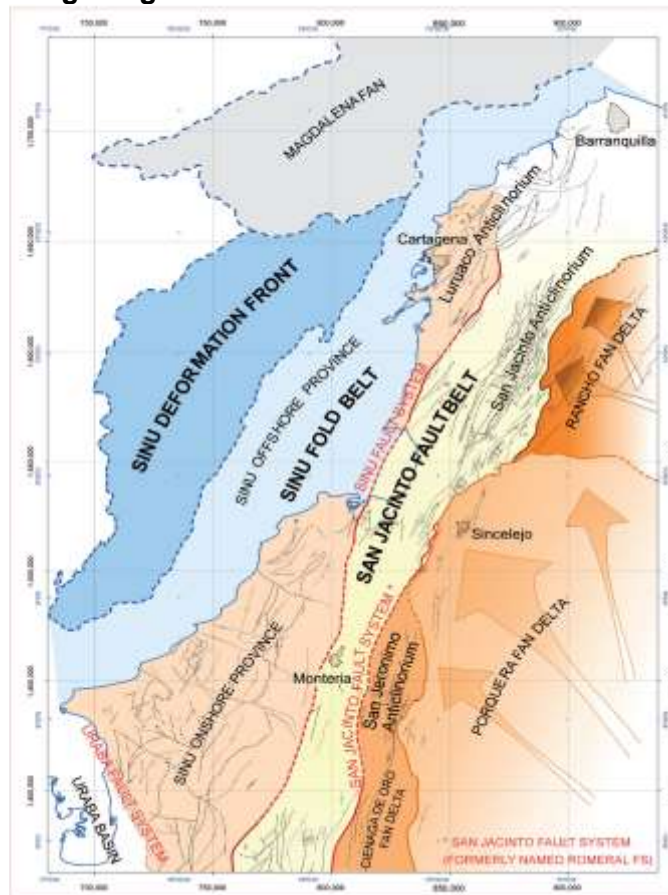
de San Jacinto por el lineamiento Sinú y al oeste por el frente de deformación del Cinturón Deformado del Caribe Sur, el Cinturón del Sinú implica una secuencia sedimentaria muy gruesa del Oligoceno hasta depósitos cuaternarios recientes, está afectado fuertemente por diapirismo de lodo, el cinturón muestra un estilo estructural de empuje y plegado, con una tendencia NNE – SSW, de acuerdo a Geology and hydrocarbon potential Sinú and San Jacinto basins (ANH, 2011).

El Cinturón del Sinú está constituido por formaciones de turbiditas, y depósitos marinos terrígenos, con edades que van desde el Oligoceno hasta el cuaternario, principalmente en el borde costero de rocas sedimentarias, conformadas principalmente por intercalaciones de arcillolitas, limonitas, lodolitas y, en menor proporción, conglomerados, que incluyen la presencia puntual de calizas arrecifales.

En este cinturón es común que se presente el fenómeno de diapirismo o afloramiento de lodo, está caracterizado por la formación de estructuras cónicas, conocidas como volcanes de lodo, y otras deformaciones. Dentro de estas estructuras, la más conocida es la del volcán del Totumo, ubicado al norte de Cartagena.

En la Figura 3.2 se puede observar la distribución de las provincias geológicas.

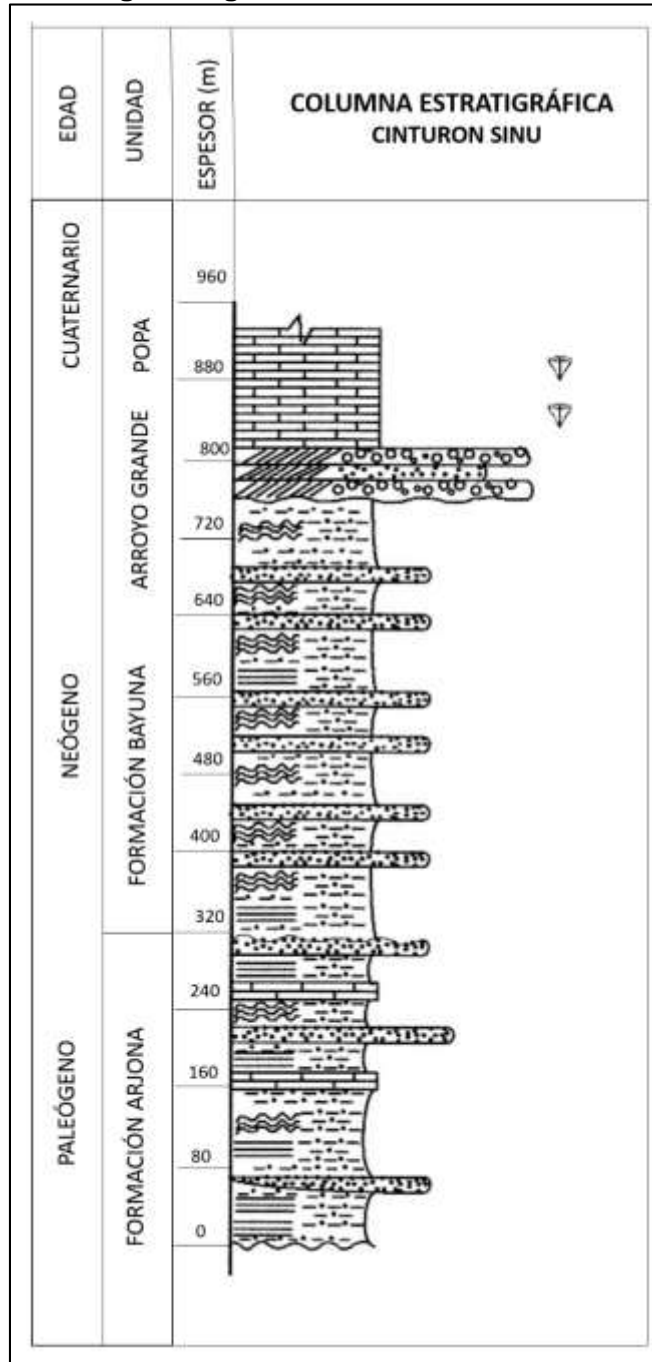
Figura 3.2 Provincias geológicas de la cuenca Sinú - San Jacinto.



Fuente: Geology and hydrocarbon potential Sinú and San Jacinto basins, ANH, 2011. Pág. 32.

En la Figura 3.3 podemos ver la columna estratigráfica generalizada del cinturón del Sinú, desde las intercalaciones de la Formación Arjona y de la Formación Bayunca, suprayacido por las Gravas de Rotinet y las calizas de la Formación La Popa, cubierto por los Depósitos Cuaternarios.

Figura 3.3 Columna estratigráfica generalizada del cinturón del Sinú



Fuente: Modificada por Concol By WSP, 2019 de Ingeominas, 2001.

A continuación, se presentan las características más importantes de las unidades a nivel regional.

- **Formación Arjona (PgNga)**

La Formación Arjona es de Anderson en 1926 (en De Porta et al., 1974), que designa para una secuencia de sedimentos marinos, del Eoceno. El espesor de la unidad varía entre 2.500 m a 1.600 m; la variación se puede dar debido a un fallamiento que puede estar aumentando el espesor. Hacia el techo de la secuencia se observa amplia continuidad lateral de las capas, canales rellenos con material clástico, alta bioturbación y una destrucción casi total de las estructuras sedimentarias primarias; hacia la base, sedimentos pelágicos y hemipelágicos con abundante concentración de material orgánico, restos de plantas y estructuras de derrumbe, orientan a pensar en un depósito de plataforma continental afectada por movimientos tectónicos que eventualmente darían origen a flujos por gravedad, probablemente en una zona de quiebre de pendiente. (INGEOMINAS, 2001)

- **Formación Bayunca (Ngb)**

El nombre Bayunca proviene de la localidad homónima al noreste de Cartagena, pero se desconoce el proponente; aparece en la literatura en 1968 en una publicación de Germeraad, Hopping & Moller (en De Porta et al., 1974).

En general, esta unidad se encuentra constituida por una secuencia de lodolitas gris oscuras, claras y negras, con niveles de oxidación de color amarillo, en capas delgadas y medias, laminación interna ondulosa discontinua. El espesor de la unidad tampoco se conoce, pero se puede estimar en por lo menos 500 m, aunque por estar plegada y fallada, el espesor puede variar. Duque-Caro (1967) determina fauna del Mioceno inferior y medio (INGEOMINAS, 2001).

- **Gravas de Rotinet (Qpr)**

Link (1927, en De Porta et al., 1974) introduce el término Rotinet Gravels para designar un abanico formado por contactos y bloques de rocas ígneas, calizas y chert negro. El espesor de la unidad es de alrededor de 70 m. Caro et al. (1985) mencionan la cantera Barrera como localidad fosilífera donde se han reportado vertebrados fósiles a los cuales el paleontólogo Carlos Villarroel asignó al Pleistoceno un *Haplomastodon waringi*, especie de mastodonte suramericano. Estas dataciones permitieron asignar la unidad al Pleistoceno medio. (INGEOMINAS, 2001)

- **Formación La Popa (Qpp)**

Inicialmente, Anderson (1926, en De Porta et al., 1974) denomina “La Popa Group” a un conjunto de shales arenosos, areniscas con corales y arrecifes coralinos expuestos en los alrededores de Cartagena. Bürgl (1957) redefine la unidad como Formación La Popa, en el cerro del mismo nombre, constituida por arcillas micáceas, arenosas, areniscas y calizas coralinas con un espesor de 150 m. La Formación La Popa es del Pleistoceno inferior. (INGEOMINAS, 2001)

3.2.1.2 Geología estructural

El área de influencia presenta un tren estructural con rumbo N40°E, que se extiende por todo el borde costero, aledaños al área, se encuentran las fallas Pasacaballos y Mamonal, es evidente la actividad tectónica actual, se evidencia que las rocas más antiguas presentan un mayor grado de deformación en Pasacaballos se encuentra fallamiento y plegamiento pronunciado en la Formación Bayunca (Mioceno –Plioceno).

3.2.1.2.1 Falla Pasacaballos

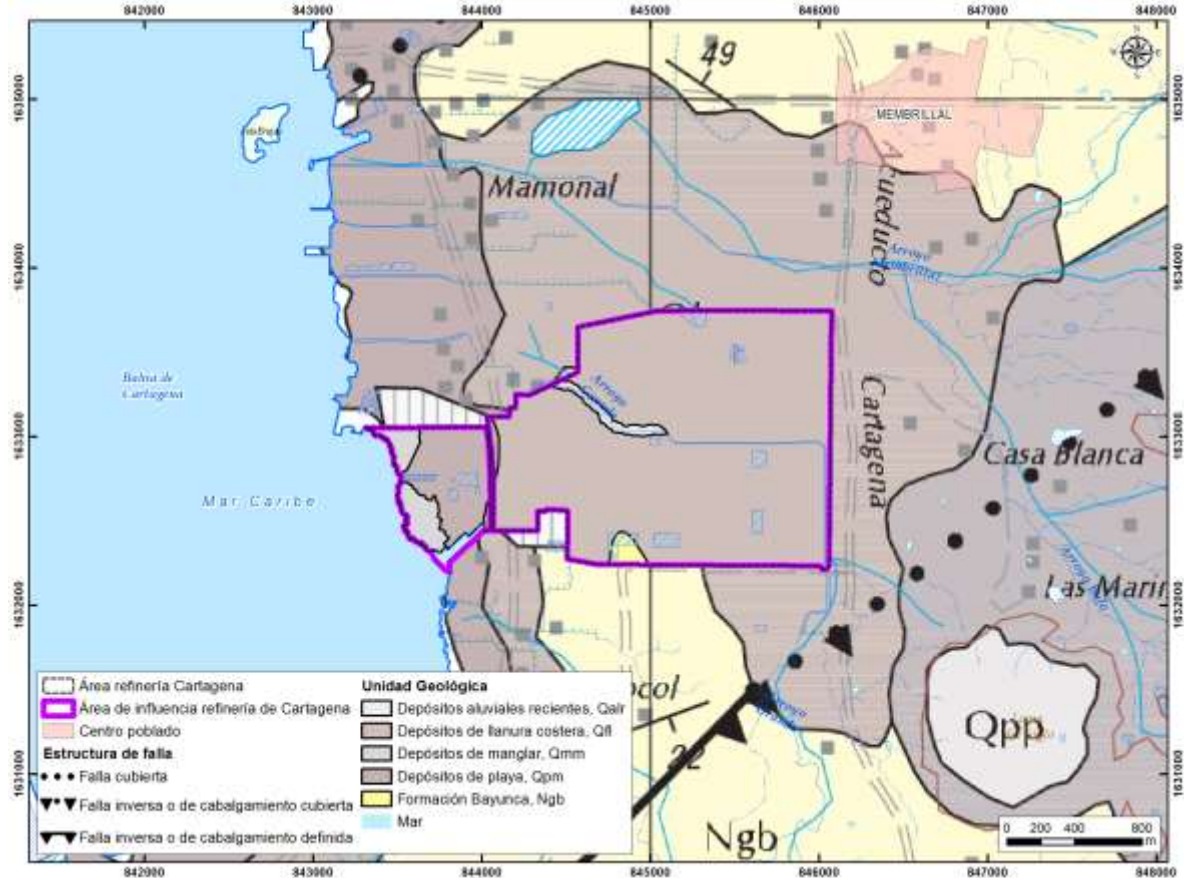
De acuerdo con la Memoria explicativa, Geología de las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona, esta falla se extiende por 30Km. Tiene un rumbo de N40°E, buza al Este 50° siendo considerada como falla inversa, la cual afecta directamente la Formación Bayunca repitiendo parte de la secuencia. En el área de Pasacaballos es evidente la inversión de estratos y plegamientos pequeños. Esta falla pasa aproximadamente a 2 Km al este de la refinería de Cartagena (INGEOMINAS, 2001).

3.2.1.2.2 Falla Mamonal

De acuerdo con la Memoria explicativa, Geología de las planchas 23 Cartagena y 29-30 Arjona, la Falla Mamonal se prolonga por 60 Km., presenta un rumbo de N50°E buzando al Este entre 50 y 60°. El trazo de esta falla establece un cambio topográfico y controla la extensión de la Formación La Popa de Albornoz hacia el este y genera fracturamiento y plegamiento en lodolitas y areniscas de la Fm Bayunca (INGEOMINAS, 2001).

En la Figura 3.4 podemos observar las fallas en cercanías al área de influencia.

Figura 3.4 Geología estructural



Fuente: Concol by WSP, 2019.

3.2.1.3 Geología local

En el área de influencia se encuentran cinco (5) unidades geológicas pertenecientes al Cuaternario y Neógeno, están representadas por los Depósitos aluviales recientes (Qalr), Depósitos de Manglar (Qmm), Depósitos de Playa (Qpm), Depósitos de Llanura Costera (Qfl), y la Formación Bayunca (Ngb) en Tabla 3.3 se observan las unidades litoestratigráficas del área, en la Figura 3.6 su distribución espacial y en la Figura 3.7 se presenta un perfil geológico del área de influencia.

Tabla 3.3 Unidades geológicas presentes en el área de influencia

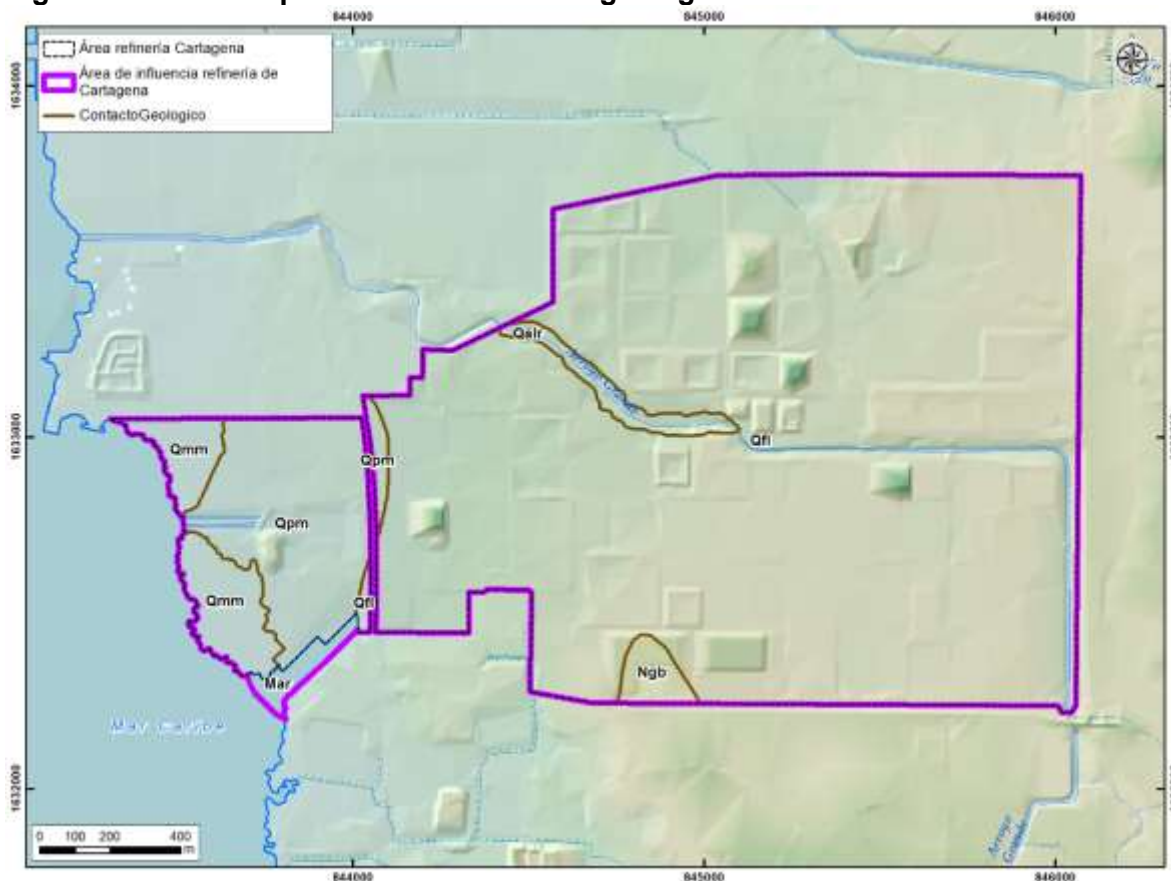
EON	ERA	PERIODO	SERIE	UNIDAD GEOLÓGICA	SÍMBOLO	Área (Ha)	%
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Depósitos aluviales recientes	Qalr	3,96	1,31
				Depósitos de Manglar	Qmm	11,43	3,78
				Depósitos de Playa	Qpm	26,25	8,67

				Depósitos de Llanura Costera	Qfl	255,67	84,48
		Neógeno	Mioceno	Formación Bayunca	Ngb	2,97	0,95
Mar Caribe						2,35	0,78
Total						302,64	100

Fuente: Concol by WSP, 2019

En la Figura 3.5 se presenta la fotointerpretación de las unidades geológicas

Figura 3.5 Fotointerpretación de unidades geológicas



Fuente: Concol by WSP, 2019

3.2.1.3.1 Formación Bayunca (Ngb)

Esta formación está compuesta por una secuencia de capas delgadas y medianas de lodolitas gris claras a negras, presentan laminación discontinua ondulada, con lodolitas moteadas, bioturbadas. Presenta intercalaciones de capas delgadas de limolitas grises a pardas. Hacia el techo, se observan intercalaciones de capas delgadas y gruesas de areniscas cuarzosas, gris claras y amarillas claras de grano fino a conglomeráticas, masivas y con estratificación flasser, plano paralela. Son frecuentes capas de areniscas con cemento calcáreo y gran contenido de moluscos y restos de materia orgánica vegetal.

El límite inferior es desconocido en el área, el límite superior es discordante con la Formación La Popa (Qpp) y con la Formación Arroyo Grande (Qpag). El espesor es desconocido, pero se ha estimado en 500m, pero debido al plegamiento y fallamiento este puede variar, a la unidad se le puede asignar un rango comprendido entre el Mioceno y el Plioceno. (INGEOMINAS, 2001). La formación está siendo afectada por la falla Pasacaballos haciendo que su secuencia se repita en la parte sur del área de influencia.

La Formación Bayunca (Ngb) se encuentra en la parte central-sur de la refinería.

3.2.1.3.2 Depósitos de llanura costera (Qfl)

Los depósitos de llanura costera constan de sedimentos compuestos por materiales de tamaño limo y arena, se presenta en un régimen de depósito progradante y origina la formación de depósitos clásticos, compuestos por arenas depositadas y retrabajadas en las zonas intermareales. (INGEOMINAS, 2001).

Estos depósitos se encuentran suprayaciendo la Formación Bayunca (Ngb) y las Gravas de Rotinet (Qpr), se extienden en gran parte del área de influencia, están limitadas en el sector occidental por los Depósitos de playa y en la parte central-sur de la refinería por la Formación Bayunca (Ngb).

3.2.1.3.3 Depósitos de playas (Qpm)

Los depósitos de playa se localizan a lo largo de la línea de costa y constan de arenas de grano fino a grueso, ocasionalmente gravas, preferencialmente de color amarillo ocre a grises. (INGEOMINAS, 2001). Estos depósitos se encuentran en cercanías del borde costero limitado en la parte occidental por el mar caribe en algunos sectores y por los Depósitos de Manglar en otros y hacia el oriente está siendo limitada por Depósitos de llanura costera (Qfl).

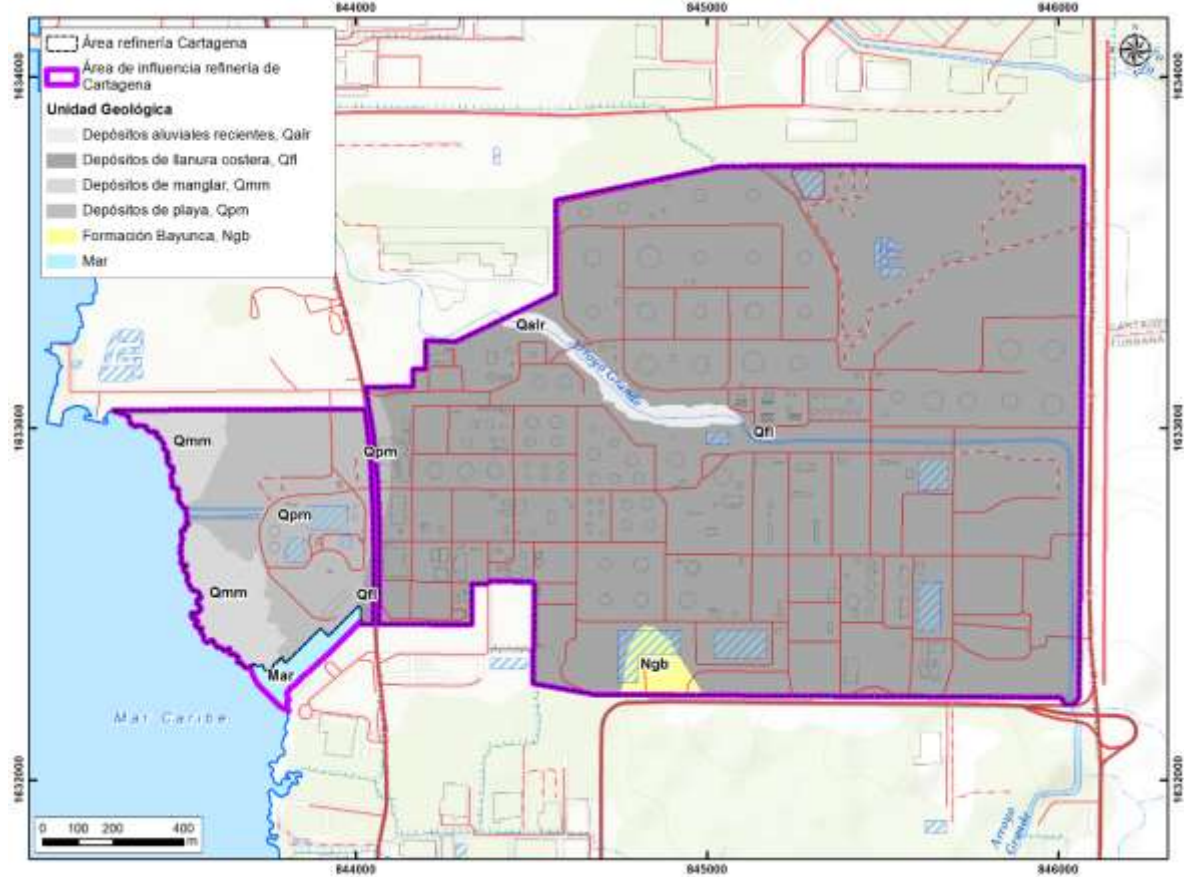
3.2.1.3.4 Depósitos de Manglar (Qmm)

Están relacionados con las zonas de manglar al occidente del área de influencia, son depósitos que están constituidos por arenas finas, limos y lodos. (INGEOMINAS, 2001). Se encuentran dentro del área de influencia de la refinería limitados en el occidente por el mar Caribe y en el oriente por los depósitos de playa (Qpm).

3.2.1.3.5 Depósitos aluviales recientes (Qalr)

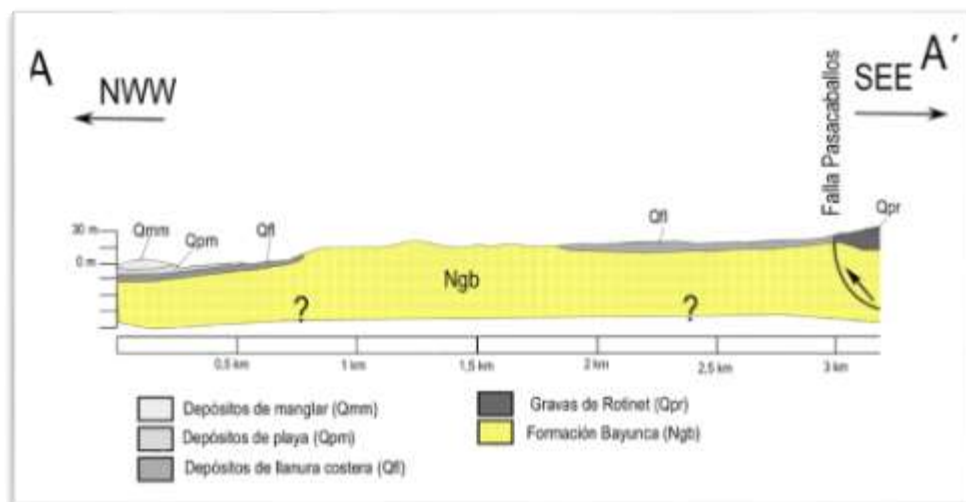
Están conformados por sedimentos recientes de los ríos y quebradas actuales, en un margen paralelo a los mismos, formando niveles de poco espesor de rocas poco consolidadas de granulometría variada, a partir de cantos y sedimentos arrastrados desde la parte alta del río, erosionados de las unidades más antiguas y que se depositan en los cauces actuales de los ríos. Dentro del área de influencia se encuentran atravesando la refinería en sentido oriente – occidente donde se depositan los sedimentos asociados al Arroyo Grande, también se encuentran asociados Arroyo Membrillar y Arroyo Bajo en la parte oriental del área de influencia.

Figura 3.6 Distribución espacial de las unidades geológicas



Fuente: Concol by WSP, 2019.

Figura 3.7 Perfil geológico área de influencia



Fuente: Concol by WSP, 2019.

3.2.1.4 Geología costera

Geológicamente el área de influencia en su parte marítima se encuentra ubicada 100% en la plataforma continental del mar Caribe, la plataforma continental se define como la superficie situada bajo el mar y que se ubica cerca a la costa, esta se extiende desde el litoral hasta aquellas profundidades que no superan los 200 metros limitados geológicamente por el talud continental, alejándose más de la línea de costa se encuentra las llanuras abisales que están vinculadas con el fondo marino profundo.

Las líneas litorales son ambientes dinámicos, que dependen de la topografía, la composición geológica y el clima. Donde los procesos continentales y oceánicos convergen a lo largo de las costas y crean paisajes que con frecuencia experimentan cambios rápidos. (Tarbuck & Lutgens, 2005).

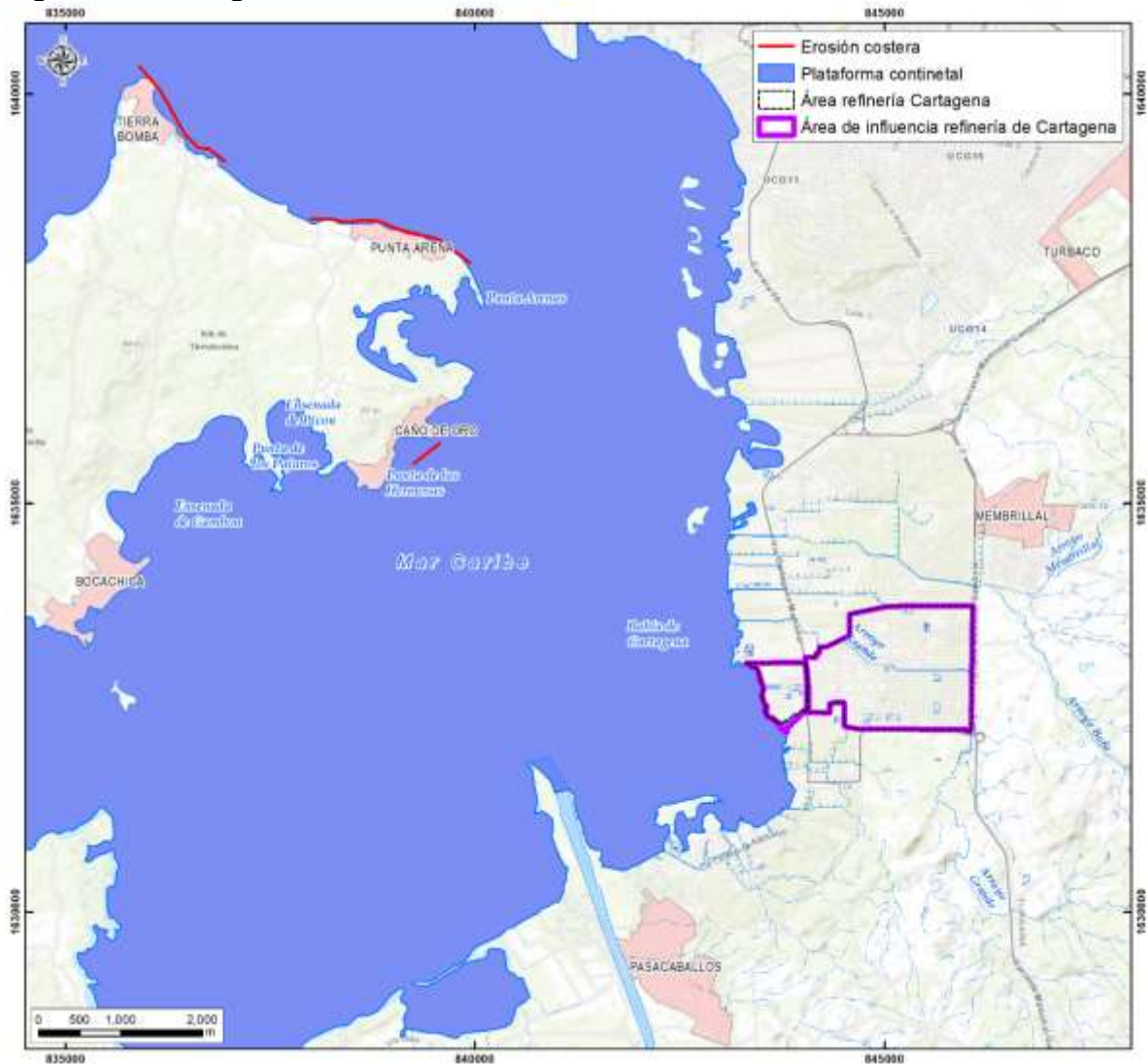
La isóbata es una curva que se utiliza para la representación cartográfica de los puntos de igual profundidad en el océano y en el mar, para el área de influencia de la refinería el mapa de isobatas del (INVEMAR, 2009), nos muestra que la profundidad máxima alcanzada se encuentra en el rango de 0 a 10 metros.

Los cambios morfológicos en las costas se deben a diversos factores de acción marina que están relacionados con procesos de erosión, transporte y acumulación de sedimentos, estos factores modelan la morfología costera, principalmente por las dinámicas que generan energía del mar a través de las mareas, olas y corrientes litorales.

En la mayor parte del año la dinámica marina es mínima en la porción litoral del área de influencia, debido a que la acción de las olas es minúscula; sin embargo, existen otras variables que afectan la morfología de las costas entre ellos tenemos el aporte que se tiene durante las inundaciones marinas (generan un aporte importante de sedimentos de tamaño arena y grava).

La erosión de una costa ocurre si hay un cambio significativo en la rata de sedimentación de arena, si el porcentaje de arena que deja la costa es mayor del que llega; por otro lado si el aporte es mayor tendremos una zona de acreción en la costa, es importante hacer un cálculo del balance de sedimentos litorales, evaluando las contribuciones y pérdidas para calcular la pérdida o ganancia neta en un compartimiento de una costa; según (INVEMAR, 2009) en el área de influencia del proyecto no se identificaron zonas de erosión o acreción costera. Como se muestra en la Figura 3.8.

Figura 3.8 Geología costera



Fuente: Concol by WSP, 2019.

3.2.1.5 Amenazas naturales

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

3.2.1.5.1 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 inglés), que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría

esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia.

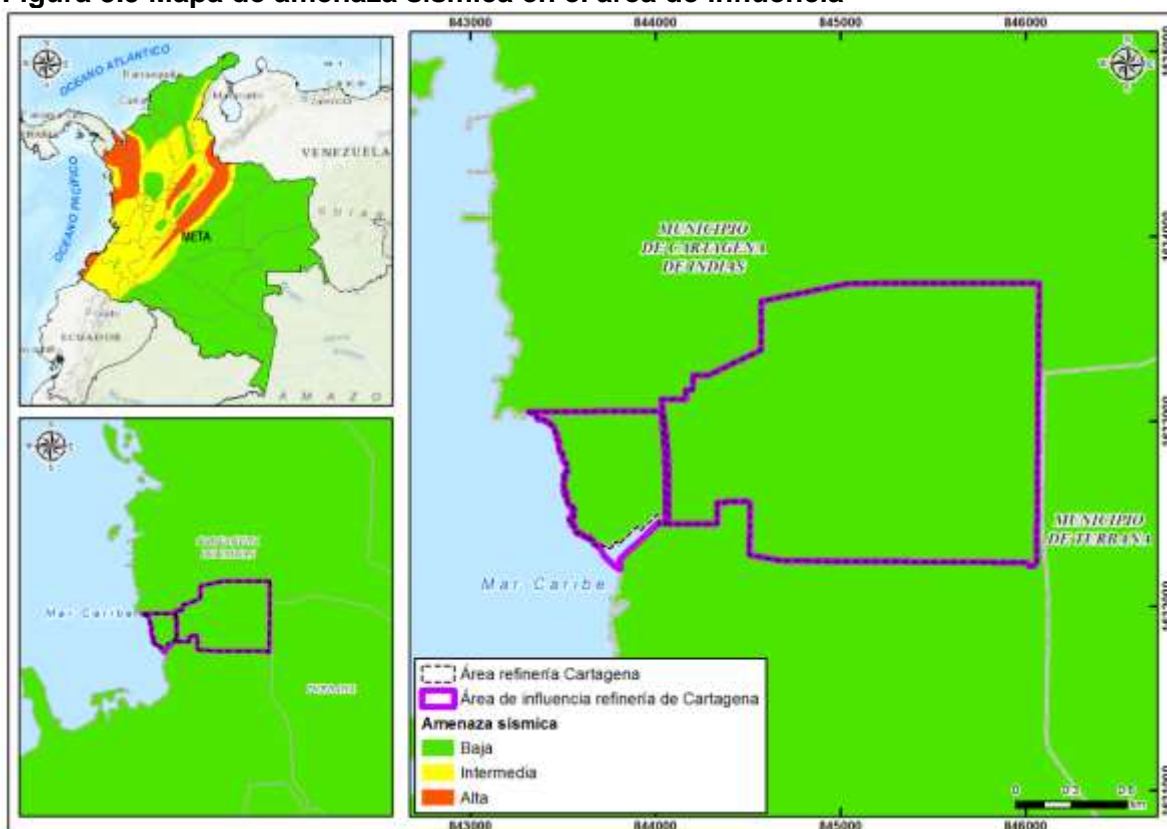
El Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010) considera valores de PGA (cm/s²) en un rango desde 0 – 750 PGA. El área caracterizada se encuentra en una sola zona de amenaza, en la cual existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración horizontal máxima en roca entre 50 a 100 cm/s², como se puede observar en la Figura 3.9.

Tabla 3.4 Intervalos de categorías de sismicidad

Unidad Cartográfica de Parámetro	Amenaza	Área (ha)
50 – 100 cm/s ²	Baja	302,64

Fuente: Concol by WSP, 2019

Figura 3.9 Mapa de amenaza sísmica en el área de influencia



Fuente: Concol by WSP, 2019

De acuerdo con los registros del catálogo de sismos históricos del Servicio Geológico Colombiano -SGC-, en el Municipio de Cartagena de Indias se han registrado 25 sismos desde el 01 de junio de 1993 al 08 de octubre del 2019. (Ver Anexo 03. Caracterización Ambiental, 3.1 Aspectos Abióticos, Cap. 3.2.1 Geología) Esto en respuesta a que el Municipio se encuentra en una amenaza sísmica baja, teniendo en cuenta que la litología predominante correspondes a unidades sedimentarias de edad Neógena, geoestructuralmente no se presentan fallas importantes regionalmente, ni fallas activas en el Cuaternario y los buenos factores de consolidación de la roca.

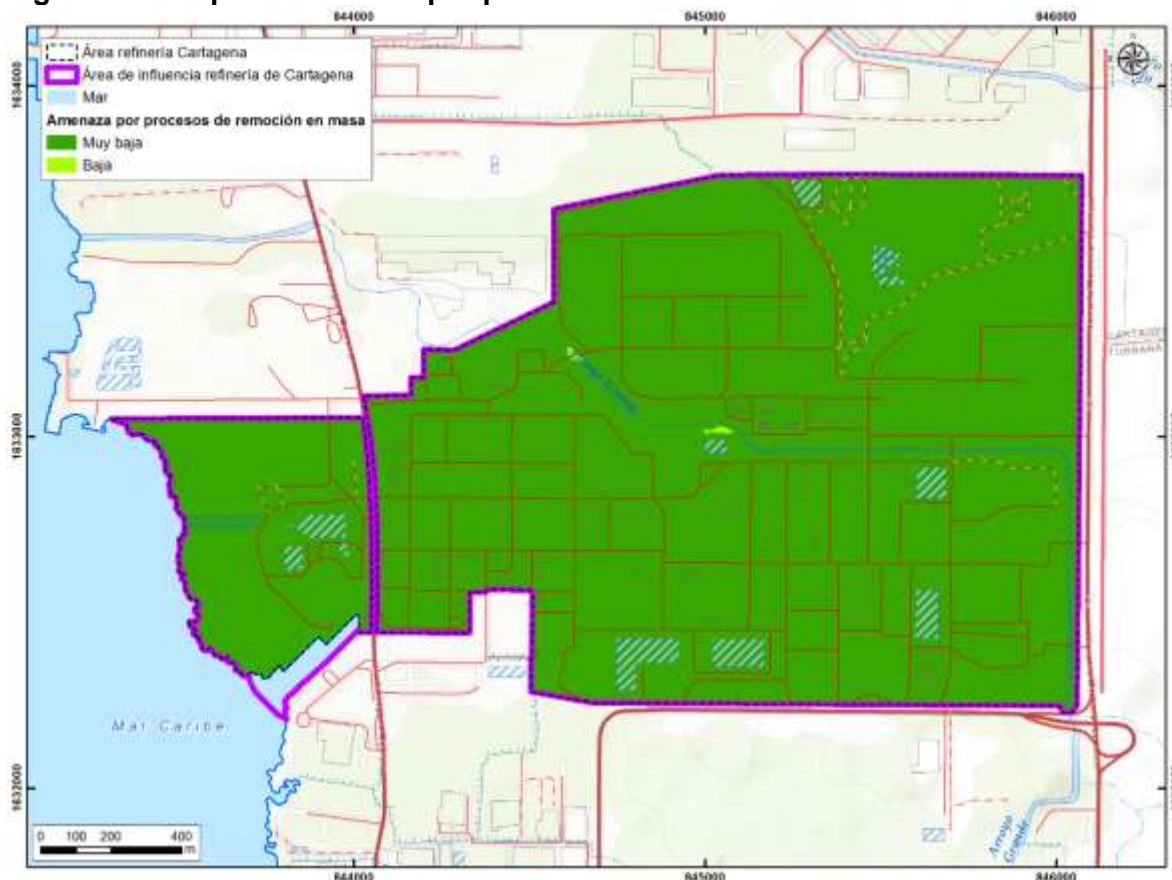
3.2.1.5.2 Amenaza por procesos de remoción en masa

Esta amenaza natural se encuentra asociada a los fenómenos erosivos y de remoción en masa, consisten en la separación, traslado y sedimentación de materiales que conforman el suelo y roca, ocasionados por diferentes agentes como son el agua, viento, clima y fuerza de gravedad. De los agentes geomorfológicos erosivos, el agua es el más importante en la zona de estudio y es el responsable de la erosión pluvial y fluvial. El proceso de erosión pluvial se inicia por la acción de las gotas de lluvia sobre un suelo desprovisto de vegetación que provoca la disgregación de las partículas que lo conforman y luego por escorrentía se remueve este material. (SGC, 2012)

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 caracterizada y es evaluada en el numeral 3.2.8 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.

El 99,16% del área de influencia se encuentra en amenaza muy baja y pequeñas áreas asociadas al Arroyo Grande presentan amenazas bajas muy puntuales, las áreas no se dan por una variable específica sino por el cruce de todas, que en conjunto la localizan en este rango. Sin embargo, el polígono más al norte se ve influenciado por las pendientes de 25-50% dadas por los bosques de galería y el de abajo se da por los procesos de socavación lateral asociado al arroyo.

Figura 3.10 Mapa de amenaza por procesos de remoción en masa



Fuente: Concol by WSP, 2019

En la Tabla 3.5 se muestra un resumen de las características de las áreas resultantes en la clasificación de amenazas por procesos de remoción en masa en el área de influencia.

Tabla 3.5 Leyenda del mapa de amenaza por procesos de remoción en masa del área de influencia

RANGOS	CATEGORÍA AMENAZA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
<12	Baja	Son zonas en donde las condiciones del terreno no presentan mayores riesgos de generación de PRM y procesos erosivos. Se caracterizan por un predominio de depósitos aluviales, Las pendientes presentes en las zonas son los rangos de 25 -50% y de 3 – 7%. La sismicidad en esta zona se caracteriza por estar entre los rangos de 50 - 100 PGA, el factor de precipitación es moderado en toda el área.	0,19	0,06
12 - 15	Muy Baja	Son zonas donde no se presentan PRM ni procesos erosivos, presenta pendientes entre 1 y 3%, La sismicidad en esta zona se caracteriza por estar entre los rangos de 50 - 100 PGA, el	300,10	99,16

RANGOS	CATEGORÍA AMENAZA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
		factor de precipitación es moderado en toda el área.		
		Mar Caribe	2,35	0,78
		Total	302,64	100

Fuente: Concol by WSP, 2019

De acuerdo con el SIMMA (Sistema de Información de movimientos en masa) del Servicio Geológico Colombiano (SGC) en el municipio de Cartagena de Indias (Bolívar) se encuentran 50 registros proceso de remoción en masa, especialmente relacionados con deslizamientos hacia el área del Cerro de la Popa. (Ver Anexo 03. Caracterización Ambiental, 3.1 Aspectos Abióticos, Cap. 3.2.1 Geología)

En el área de estudio se identificaron cinco (5) fenómenos de remisión y erosión, tres (3) relacionados con erosión laminar y dos (2) de socavación lateral asociados al arroyo Grande.

3.2.1.5.3 Amenaza cerámica

La actividad eléctrica atmosférica de una región se caracteriza por un parámetro universal que se denomina nivel cerámico, este parámetro se define como el número de días al año en el que por lo menos se reporta un rayo, relacionado con el número de descargas eléctricas cada 100km, la forma para evaluar la amenaza por tormentas eléctricas es a través de mapas isoceránicos que se construyen con los niveles ceránicos del territorio a evaluar (Sanchez H. , 2010). Para el presente documento se utiliza el mapa de amenaza de iso-niveles ceránicos 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.

La Amenaza Cerámica está relacionada con los eventos atmosféricos como rayos y truenos, los cuales son considerados eventos ceránicos. La amenaza cerámica se determina por el nivel cerámico; el cual corresponde a el número de veces en el año que se manifiestan eventos ceránicos (rayos y truenos). En la Tabla 3.6 se presentan los rangos de niveles ceránicos.

Tabla 3.6 Niveles Ceránicos

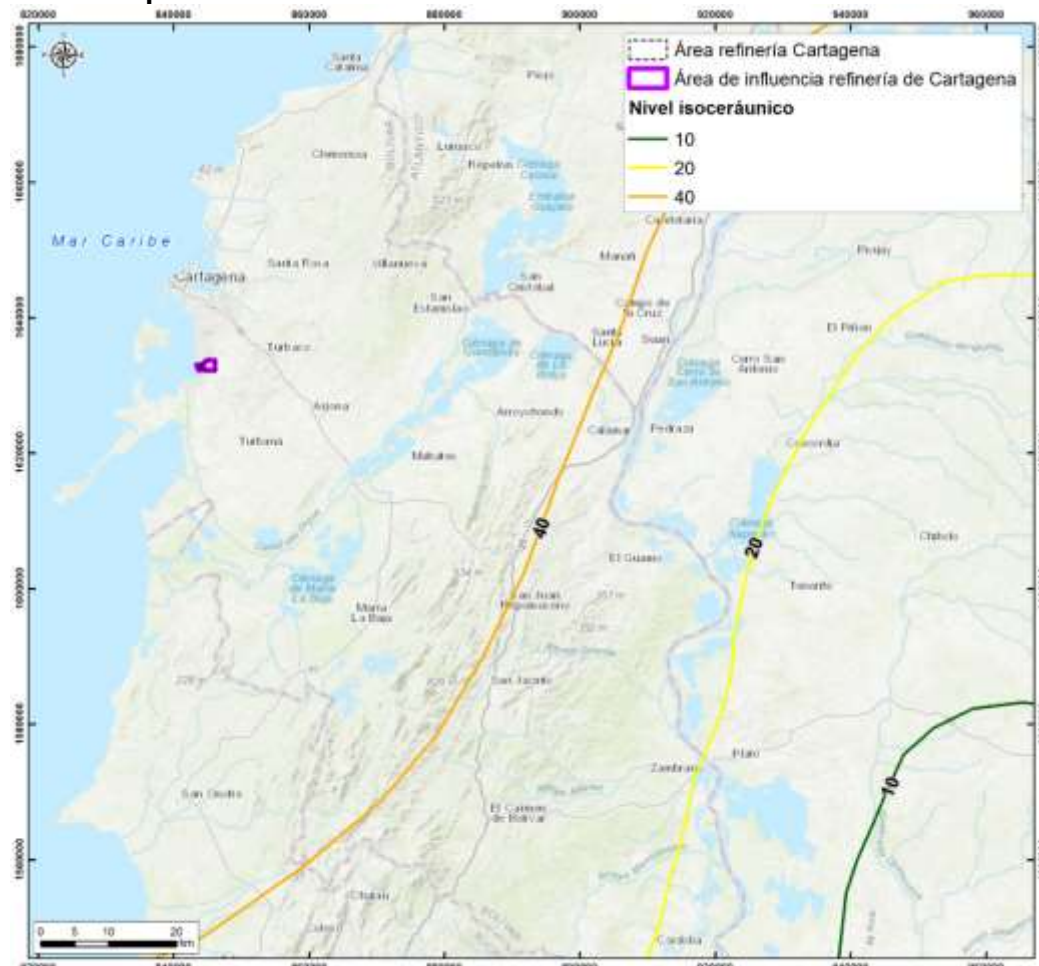
NIVEL CERÁUNICO	CATEGORÍA
40-60	Muy Bajo
60 -80	Bajo
80 - 100	Medio
100 a 120	Alto
>120	Muy Alto

Fuente: Modificado de UNAL, 2006

Los niveles ceránicos se suelen llevar a mapas isoceránicos. El área de influencia se encuentra dentro de una Zona de Amenaza Muy baja donde el 100% del área de influencia se encuentra dentro de la categoría entre 40 y 60 descargas/km². (Ver Figura 3.11)

Para la elaboración del mapa isoceraunico se toma como base el mapa realizado por la Universidad Nacional de Colombia del año 2006, escala 1:1'500.000.

Figura 3.11 Mapa de amenaza Cerámica en el área de influencia



Fuente: Concol by WSP, 2019

De acuerdo con el Sistema de inventario de efectos de desastres (Desinventar.org) en el municipio de Cartagena de Indias (Bolívar) se registran ocho (8) eventos de tormentas eléctricas desde 1914 hasta 2018. (Ver Anexo 03. Caracterización Ambiental, 3.1 Aspectos Abióticos, Cap. 3.2.1 Geología). Lo anterior es relacionado justo con la amenaza muy baja para estos eventos que se presenta en el área.

3.2.1.5.4 Amenaza Tsunami

Los tsunamis hacen referencia a una gran ola que irrumpe en un puerto, se puede definir un tsunami como una serie de olas sucesivas de gran longitud (cientos de kilómetros) y poca altura, con periodos (lapso entre el paso de dos olas sucesivas) en el rango de 5 a 60 minutos o más largos, que son producidas por una perturbación en el océano y propagadas a grandes velocidades en todas las direcciones. Los tsunamis viajan más lentos en aguas

costeras someras, pero su altura de onda puede aumentar drásticamente. (IDEAM, 2010).

En el Caribe colombiano no hay evidencia de impacto de tsunami en las costas, esta aseveración se explica a continuación:

“Ninguno de los tsunamis ocurridos en el Caribe en épocas históricas llegó a tener efecto notable en poblaciones colombianas, bien sea por la ubicación de la fuente (costado N y E del arco antillano), por las características de propagación regional (batimetría, directividad) o por las condiciones locales (batimetría, forma de costa) de estas poblaciones. Las pequeñas olas de tsunami que hubieren llegado hasta poblaciones costeras colombianas fueron percibidas como una manifestación más de un fenómeno mucho más frecuente en esta región, el “mar de leva” (cuyas causas son meteorológicas e interanuales)”. (Caicedo, H; et al, 2000).

De acuerdo con lo anterior, el área de influencia presenta amenaza de Tsunamis insignificante a baja, completamente relacionable con la amenaza sísmica del área, que corresponde a baja y también a los pocos eventos sísmicos históricos registrados en el área.

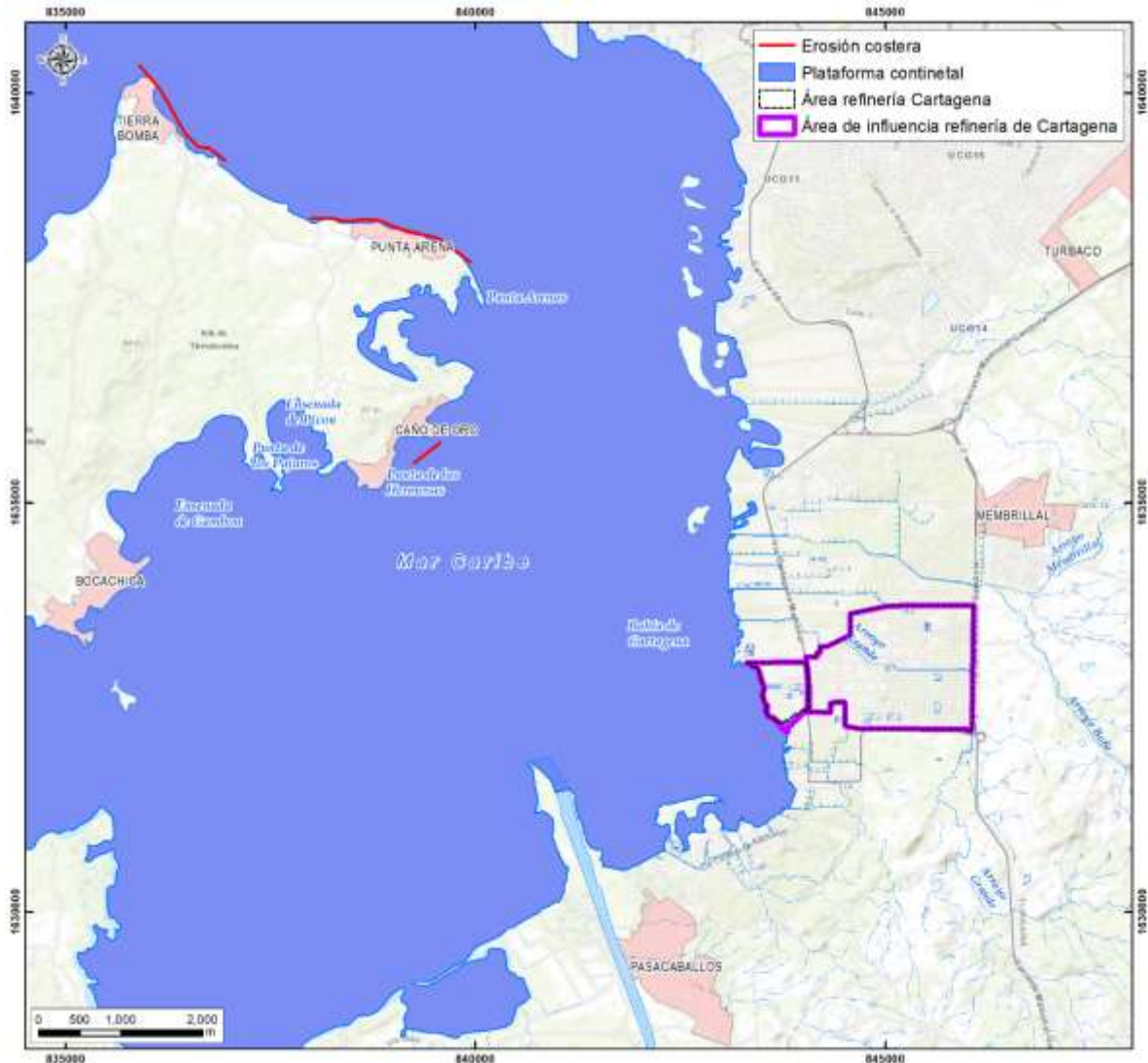
3.2.1.5.5 Amenaza por erosión costera

La erosión costera se define como la invasión de la tierra por el mar, después de promediar un periodo suficientemente largo para eliminar los impactos del clima, las tormentas y la dinámica local de sedimentos. (INVEMAR, 2009)

La erosión de una costa ocurre si hay un cambio significativo en la tasa de sedimentación de arena, si el porcentaje de arena que deja la costa es mayor del que llega; por otro lado si el aporte es mayor tendremos una zona de acreción en la costa, es importante hacer un cálculo del balance de sedimentos litorales, evaluando las contribuciones y pérdidas para calcular la pérdida o ganancia neta en un compartimiento de una costa; según (INVEMAR, 2009)

En el área de influencia del proyecto no se identificaron zonas de erosión o acreción costera, las zonas de erosión se encuentran relacionadas a la Zona de Bocagrande en el municipio de Cartagena. (Ver Figura 3.12)

Figura 3.12 Erosión Costera



Fuente: INVEMAR, 2009

3.2.1.5.6 Amenaza por inundación

Las inundaciones, definidas como “1) el desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua”, o 2) “la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas” WMO, 2012 – citado en (IDEAM, 2015) y sus características como ocurrencia, espacialidad, permanencia e intensidad de las inundaciones corresponden esencialmente a la relación entre las características hidrometeorológicas y las geomorfológicas.

Las inundaciones se producen principalmente por el aumento de caudales con desborde del cauce normal de los cuerpos de agua, estas tienden a ocurrir en época de invierno y afecta especialmente las zonas de bajas topográficas y planicies, de acuerdo con los análisis realizados de los caudales máximos y medios, el periodo comprendido entre los

meses de octubre a diciembre, se caracterizan por el aumento del nivel del agua.

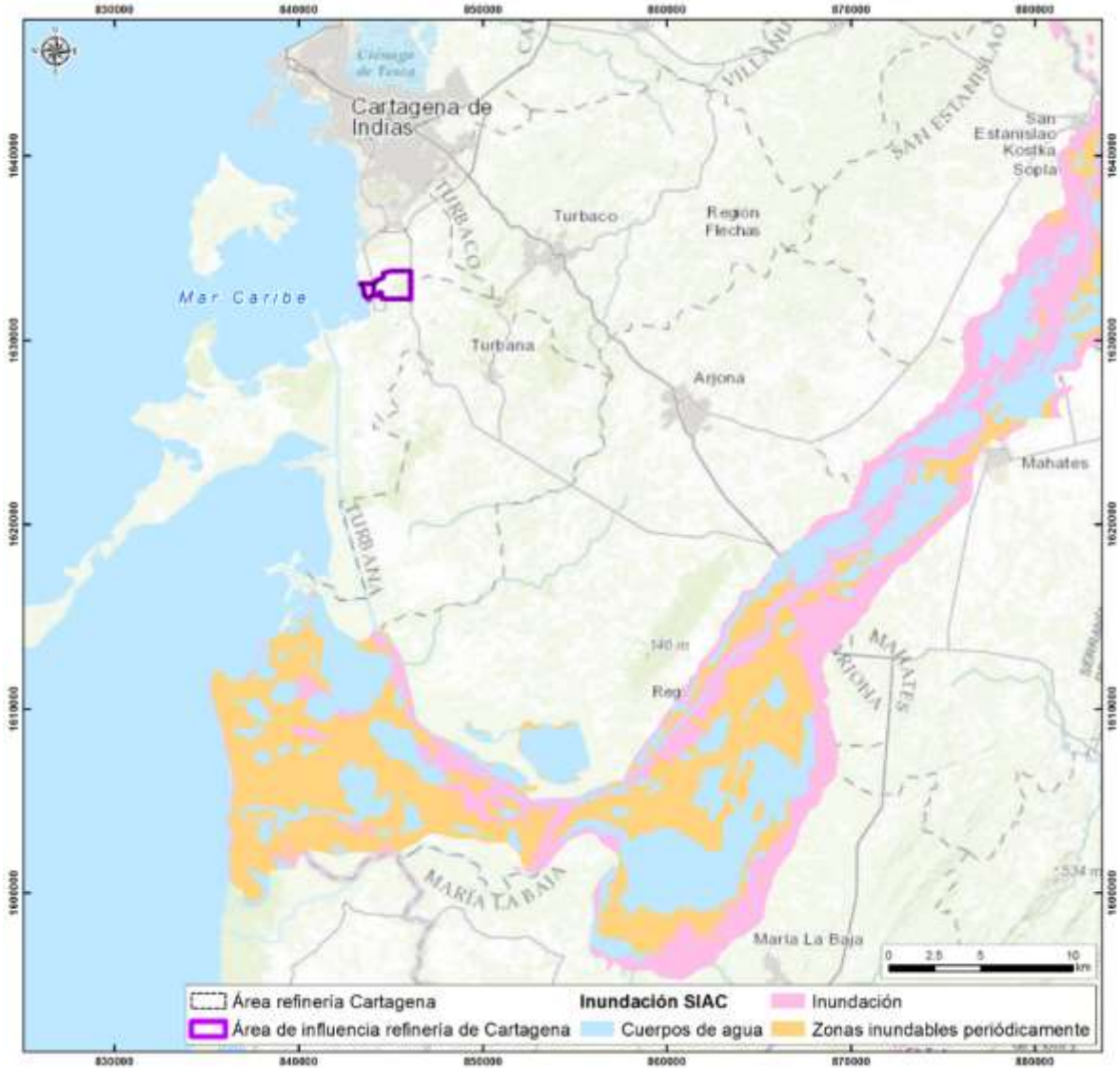
El estudio referente a nivel nacional y de mayor relevancia fue realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para evaluar la susceptibilidad a inundación en todo el territorio nacional a escala 1:100.000. Para esto, el instituto tomó como línea base los meses de octubre y diciembre de 2001 (condiciones meteorológicas normales) para realizar los análisis espaciales, acompañados de fotointerpretación para zonificar el territorio nacional en zonas inundables periódicamente (por recurrencia de eventos), zonas inundadas (cota alcanzada durante el fenómeno de la Niña 2010 – 2011) y zonas susceptibles a inundación (extraídas con base en el análisis de sistemas morfogenéticos del territorio nacional en el año 2010 (IDEAM 2012).

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

De acuerdo con la información oficial, en la Figura 3.13 y Figura 3.14, se presenta la relación de las categorías establecidas por el SIAC con respecto al área de influencia.

Figura 3.13 Relación espacial de las inundaciones (Fenómeno de la Niña 2010-2011) según SIAC respecto al área de influencia físico-biótica



Fuente: SIAC modificado por Concol by WSP, 2019

Figura 3.14 Relación espacial de la susceptibilidad a inundaciones según el SIAC respecto al área de influencia físico-biótica



Fuente: SIAC modificado por Concol by WSP, 2019

- **Régimen hidrológico**

El Régimen Hidrológico de las fuentes está asociado a una descripción probabilística de la variabilidad de los caudales medios, máximos y mínimos de las corrientes superficiales, en concordancia con las lluvias durante el año hidrológico y sus factores reguladores como la cobertura vegetal, los aportes de las aguas subterráneas y el tipo de suelos (Caicedo, 2008).

En general el régimen de lluvia, durante el año, presenta una temporada seca y una temporada de lluvias. La temporada seca se extiende de diciembre a abril. En estos meses llueve menos de 5 días al mes. En los meses de mayo a noviembre las lluvias son más

frecuentes y en promedio llueve entre 10 y 15 días por mes. El mes más lluvioso es octubre, cuando llueve alrededor de 16 días y el volumen caído es mucho mayor a los demás meses

En cuanto a los caudales encontrados para el área, el análisis da como resultado una tendencia al déficit de agua en el suelo, ya que en la mayoría del año se denota un déficit constante, por lo cual los meses en donde existiría mayor probabilidad de inundaciones por desbordamientos serían en los meses de octubre y noviembre, los cuales reportan un periodo de equilibrio es decir meses donde no hay déficit ni exceso.

De acuerdo con la información presentada por el sistema de cartografía del sistema de información ambiental de Colombia-SIAC a nivel nacional, no se presenta susceptibilidad a inundaciones para el área de influencia, esto teniendo en cuenta las características morfogénicas del territorio nacional, registros meteorológicos y eventos como el fenómeno de la Niña 2010 – 2011 a escala 1:100.000.

A continuación, se presenta un análisis más detallado del área de interés basado en imágenes tomadas de Google Earth y la interpretación de las geoformas de la zona.

▪ **Análisis de temporalidad**

De acuerdo con la Tabla 3.7 en donde se presentan diferentes imágenes para diferentes años tomadas de Google Earth, se evidencia que en el tiempo se han ejecutado obras de irrigación, avenamiento y defensa contra las inundaciones.

Con respecto a la dinámica fluvial del Arroyo Grande respecto al tramo que atraviesa los predios de la Refinería, se evidencia que entre los años 2009 y 2011 se da inicio a las obras de canalización del arroyo con el fin de mitigar las inundaciones por el desborde del drenaje en predios de la refinería. La rectificación de este tramo comprende aproximadamente 1,45 km de longitud, que presenta anchos de entre 3 y 4 metros, definido así dada la geomorfología y cobertura presente en estos años. Teniendo en cuenta el evento presentado en el año 2011 asociado al Fenómeno de La Niña, se puede observar que pese a este fenómeno el cauce muestra un tramo uniforme y estable presentando una mínima o una divagación lateral del cauce.

En cuanto a las imágenes de los años 2005 y 2012 se muestra que en la parte sureste del área de la refinería existen zonas de encharcamiento esto debido a las depresiones que existen en el área las cuales posibilitan la formación de una condición pantanosa en época de altas precipitaciones. Por el contrario, para el año 2015, el cual fue un año en donde se manifestó el fenómeno del niño, se evidencia la desaparición de estas zonas de encharcamiento.

Finalmente, en el año 2015 y 2019 se observa, el funcionamiento de las obras de rectificación y adecuación del arroyo. En este caso la susceptibilidad por inundación depende de la profundidad, ancho y pendiente del canal, además del correcto funcionamiento de las obras de arte presentes en la zona.

Tabla 3.7 Análisis multitemporal del área del proyecto



Imagen del 2005



Imagen del 2009



Imagen del 2011



Imagen del 2012



Imagen del 2015



Imagen del 2019

- **Susceptibilidad a la inundación**

Teniendo en cuenta la cartografía SIAC, el cual es un insumo oficial importante, que lleva a una primera visualización de los escenarios de inundabilidad en el área. Esta cartografía presenta escalas muy gruesas (1:100.000 – 1:500.000) que no permiten detallar la particularidad del área de estudio y arroja valores bajos de las zonas susceptibles de inundación y las zonas inundables, respectivamente. Por lo cual para el análisis del área del proyecto se tomó la capa de unidades geomorfológicas escala 1:10.000.

Además, se tomó como referencia la guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación del IDEAM, marzo 2018, donde se parte de la información a escala nacional de los sistemas morfogénicos del territorio colombiano, y donde se establece que para las zonas en que se cuente con información geomorfológica a escala más detallada, como es el caso, se pueden utilizar criterios similares de selección de unidades que presentan procesos de inundación y desborde en llanuras sometidas a régimen fluvial (IDEAM, 2018).

Así mismos se tuvieron en cuenta los recorridos de campo, antecedentes de la zona y temporalidad de esta.

Los antecedentes y características generales como la inclinación del terreno y el tipo de clima son de importancia para el análisis de susceptibilidad. El clima para el área de influencia es cálido – seco, según Caldas Lang y el nivel de precipitación media mensual varía desde 14,5 a 247,1mm, con una temperatura promedio de 27,8°C. Adicionalmente, en su mayoría el área de influencia presenta pendientes menores al doce por ciento (<12%), esta condición puede incrementar el grado de susceptibilidad a inundación. Sin embargo, para determinar el grado de susceptibilidad también se tuvieron en cuenta las obras de arte presentes en la zona.

Resultado del análisis de las condiciones de la zona y desde el punto de vista geomorfológico, el área con mayor susceptibilidad a inundarse es aquella asociada a la unidad geomorfológica Planos y llanuras con vegetación halófila (Mpv), llanuras costeras (Mllc) y Cauces aluviales Fca, debido a la morfogénesis de esta unidad:

- a. Llanuras costeras-Mllc: Son planicies extensas, ligeramente onduladas, limitadas hacia la parte continental por colinas y lomas y hacia el mar por playas o llanuras intermareales. Su génesis involucra procesos fluviomarinos de sedimentación y erosión.
- b. Planos y llanuras con vegetación halófila-Mpv: Se originan por acción de los depósitos de manglar al occidente del área de influencia, son depósitos que están constituidos por arenas finas, limos y lodos, limitados por playas hacia el continente y el mar en la parte occidental, en esta geoforma se pueden desarrollar movimientos en masa, como erosión en los límites costeros debido a los oleajes.
- c. Cauces Aluviales-Fca: Tipo de relieve plano, que ha sido formado a partir de la sobre excavación de corrientes perennes sobre los depósitos cuaternarios y formaciones geológicas del Neógeno. Se consideran áreas que presentan una alta susceptibilidad a eventos de inundación.

En tiempos de lluvias, los desbordamientos de las corrientes pueden deberse no solo a los

cambios de precipitación, sino también a los grandes volúmenes de material sólido arrastrado o en suspensión en sus aguas, lo cual disminuye la capacidad de su cauce. Este evento puede manifestarse en la unidad de Cauces aluviales Fca, donde la carga de material sólido y la falta de obras hidráulicas hacen que el arroyo Grande inunde con frecuencia importantes áreas.

De otro lado se evidencia que el área con mediana susceptibilidad a inundarse es aquella asociada a la unidad geomorfológica Llanuras costeras-Mllc, la cual está dada por las características litológicas, tectónicas y de relieve, en esta geoforma se pueden desarrollar movimientos en masa, como erosión laminar. Esta condición perturba las condiciones de infiltración aumentando los riesgos por inundación, encharcamiento y procesos erosivos por escorrentía. El encharcamiento se produce en suelos compactados y en terrenos con buena porosidad pero que presentan capas impermeables en profundidad, generalmente horizontes ricos en arcillas; igualmente ocurre en suelos con buena permeabilidad pero que permanecen muy húmedos por el aporte frecuente de agua superficial. En resumen, el encharcamiento se produce en terrenos mal drenados debido a la compactación o a la presencia de horizontes poco permeables, y los que reciben altas precipitaciones. Como es lógico el encharcamiento se agrava en zonas deprimidas de relieve como hondonadas o vaguadas por acumulación de aguas circundantes.

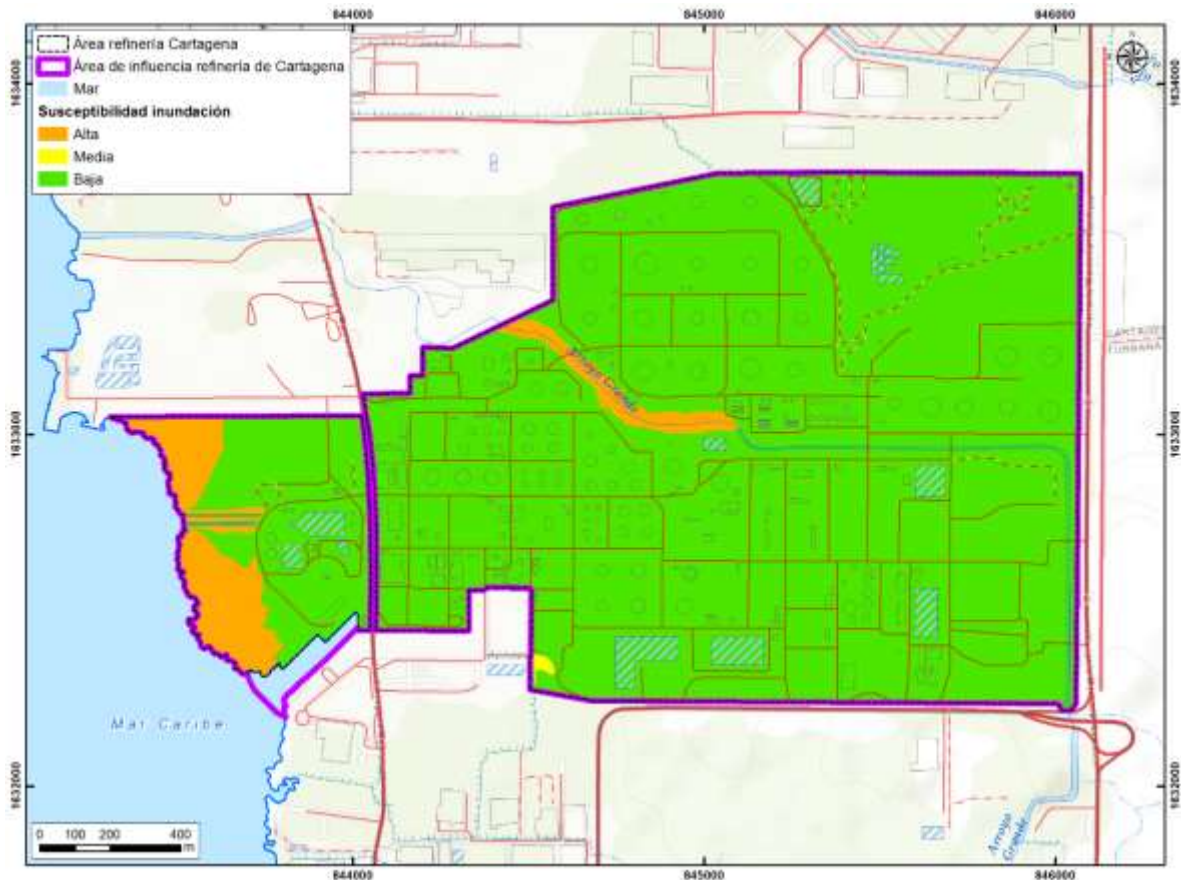
Seguidamente las áreas con baja susceptibilidad a inundarse las unidades geomorfológicas correspondientes a Canal Artificial Aca y Construcciones Industriales- Ar. En estas áreas existe la presencia de obras y sistemas de alcantarillado los cuales están para la retención de la capacidad hidráulica de los drenajes presentes en la zona y el manejo y transporte de aguas lluvias ante eventos de altas precipitaciones.

- a. Canal Artificial Aca: Canales construidos por dragado y para la rectificación de cauces actuales para facilitar la navegación y alejarlos de las áreas industriales.
- b. Construcciones Industriales- Ar: Tipo de relieve plano, hechos técnica o artesanalmente con relleno de escombros en terrenos anegadizos para la construcción de zonas industriales

Finalmente, las áreas con muy baja susceptibilidad a inundarse la unidad geomorfológica correspondiente a Lomas estructurales denudacionales – Dles las cuales comprenden una superficie en declive caracterizada por la repetición de lomas, con índice de relieve bajo. El origen de esta geoforma está relacionado con procesos de tipo denudacional, que deterioran las rocas, y modelan esta unidad geomorfológica. Dado que esta unidad presenta pendientes entre el doce y veinticinco por ciento (12% y 25%), esta condición disminuye el grado de susceptibilidad a inundación en sitios puntuales de dicha unidad.

En el área de influencia físico-biótica, el 16,33 ha corresponde a susceptibilidad alta de inundación, 283,59 ha a una susceptibilidad baja, el 0,37 ha susceptibilidad media y el 2,35 ha corresponde a áreas marítimas.

Figura 3.15 Distribución de susceptibilidad de inundación del área de influencia físico-biótica



Fuente: Concol by WSP, 2019

Como se evidencia en la Tabla 3.9, la susceptibilidad a inundaciones es alta para la zona costera y los drenajes que no se encuentran intervenidos dentro del área de influencia físico-biótica.

El área de la refinería presenta una calificación baja, esto debido a la fuerte intervención que presenta la zona, la cual posee sistemas de alcantarillado y obras que permiten dar manejo a periodos de alta pluviosidad reteniendo la capacidad hidráulica de los drenajes. Además, según los análisis realizados con respecto a los caudales medios y máximos, el periodo en el que las cuencas que rodean el área de estudio presentan un caudal considerable comprenden únicamente los meses de octubre y noviembre, representando un periodo pluviométrico corto.

- **Factor detonante: Precipitación**

En las zonas con susceptibilidad a inundación por desbordamientos de corrientes dadas por las características geomorfológicas e hidrológicas del terreno, las cuales determinan las diferencias en cuanto al grado de la susceptibilidad a las inundaciones, ya sea por desborde de caños y ríos o por eventos de precipitación; teniendo en cuenta que el promedio anual

de pluviosidad del Área de Influencia mayor a 1000 mm (bajo), generando estancamientos ocasionales y estacionales de agua.

Es así, como las inundaciones en el AI del proyecto, obedecen principalmente a periodos de alta pluviosidad entre los meses de septiembre a noviembre, dónde la saturación del suelo y la capacidad hidráulica de los cauces son excedidas.

Para definir la precipitación como factor detonante es necesario conocer la variación de la misma durante un mes y no solamente los totales mensuales, por lo cual de acuerdo al observatorio ambiental de Cartagena de indias a continuación se muestra un análisis de la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año.

Las temperaturas promedias mensuales presentan una época donde hay presencia de lluvias (entre abril y diciembre) con una leve disminución en los meses de junio y julio debido al Veranillo de San Juan. El clima de Cartagena presenta dos épocas principales y una de transición; la época húmeda o época de lluvias (desde mayo hasta noviembre); la época seca, donde típicamente no hay registros de precipitación (inicia en diciembre y finaliza en abril); y por último, una época de transición donde se presentan lluvias esporádicas y altas temperaturas (junio y julio) conocida como el Veranillo de San Juan. Desde el mes de mayo hasta septiembre, y noviembre, se observaron registros similares de los valores medios de precipitación total mensual, cercanos a 100 mm. El valor máximo de precipitación total mensual se observó en octubre del 2007 (613 mm). Adicionalmente, en este mismo mes se observó el mayor valor promedio cercano a 220 mm. Seguido de octubre, el mes que registró el valor máximo (580,9 mm en el año 2010) y el mayor valor promedio (138,9 mm) de precipitación total fue noviembre. En los meses de transición, el promedio de las precipitaciones mensuales esta alrededor de los 100 mm y un máximo de precipitación total en julio del 2010 con 382,5. mm.

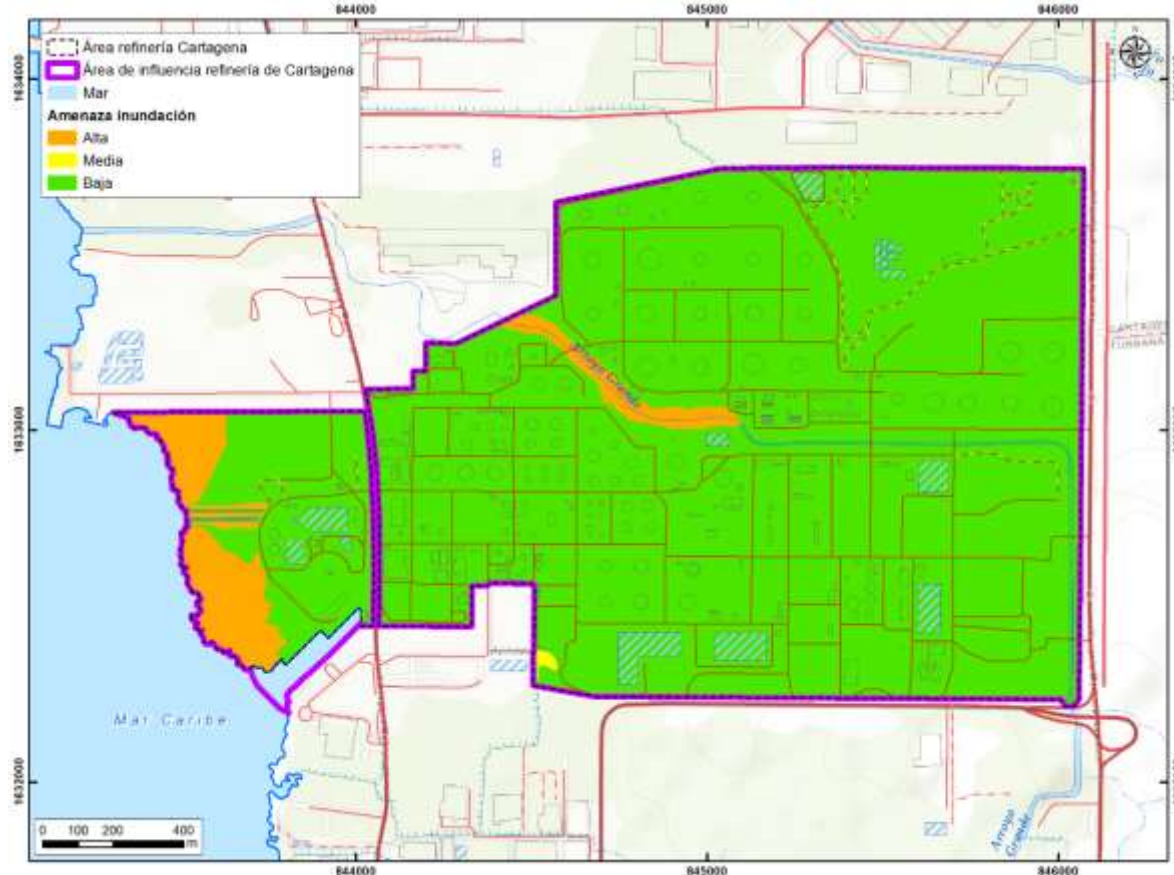
- **Definición de la amenaza**

De acuerdo con lo anterior se puede observar que los meses donde la precipitación tiene mayor probabilidad de actuar como detonante de las inundaciones son los meses de octubre y noviembre. Sin embargo, estas inundaciones se consideran de tipo lentas, debido a la baja pendiente, poca energía, y baja permanencia de agua.

De acuerdo con la geomorfología del área la espacialidad de las inundaciones puede extenderse sobre la unidad geomorfológica denominada como Cauces aluviales (Fca), las cuales se desarrollan a lo largo del arroyo Bofo y Grande, involucrando sectores de las unidades Playas (Mpl) y llanuras con vegetación halófila- (Mpv) las cuales corresponden a las áreas que se ubican sobre la bahía de Cartagena.

De esta manera se obtiene, a partir de la susceptibilidad y el factor detonante, la espacialización de la amenaza por inundación como se refleja en la Figura 3.16 y en la Tabla 3-8.

Figura 3.16 Amenaza por inundación



Fuente: Concol by WSP, 2019

Tabla 3-8 Categorías para amenaza por inundación

CATEGORÍA	ÁREA (HA)	PORCENTAJE
Mar	2,35	0,78%
Baja	283,59	93,70%
Media	0,37	0,12%
Alta	16,33	5,40%
Total	302,64	100,00%

Fuente: Concol by WSP, 2019

Adicional a ello en la revisión de información secundaria por parte del consultor, se establece el reporte de eventos relacionados con inundaciones ocurridas en el municipio donde se ubica el proyecto.

Tabla 3.9 Eventos de inundaciones según el sistema nacional de gestión del riesgo de desastre

FECHA DEL EVENTO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO
14 de junio	Bolívar	Cartagena	CMGRD Cartagena, informa sobre vendaval

FECHA DEL EVENTO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO
de 2018			que afecto varias viviendas en diferentes los barrios, por lo que se activa el cuerpo oficial de bomberos, queda activo grupo ERI de la oficina asesora para la gestión de riesgo de desastres del distrito.
3 de julio de 2017	Bolívar	Cartagena	CDGRD Bolívar informa en el municipio de Cartagena en horas de la mañana, se presentó vendaval que afecto viviendas en techos e inundación en el sector histórico de la ciudad, atiende bomberos y CMGRD.
26 de octubre de 2014	Bolívar	Cartagena	La lluvia sobre Cartagena en horas de la noche provocó emergencias en diferentes sectores, algunos barrios sin luz, daños en viviendas, árboles caídos y dos autos que se fueron a un canal arrastrado por la corriente, uno en el barrio el socorro y otro el barrio el campestre, son las afectaciones registradas al momento no lesionados u otro, en seguimiento.
14 de octubre de 2014	Bolívar	Cartagena	Tormenta en Cartagena causa inundaciones y afectaciones en la energía se reportan barrios de la zona suroriental de la ciudad y algunos sectores del centro histórico de Cartagena sin energía un fuerte aguacero comenzó a eso de las 3 de la madrugada y solo sobre las 5 han calmado las precipitaciones. En zonas como el mercado de Bazurto, la avenida pedro de Heredia y la calle de la media luna en la ciudad amurallada registran inundaciones por las lluvias.
01/11/2013	Bolívar	Cartagena	Se presentó por un fuerte aguacero que se registró en la tarde de este jueves y que dejó varios sectores de la ciudad inundados y con varias vías principales colapsadas. manga (cerca al peaje), avenida del lago, centro (sector India Catalina), transversal 54 (sector el amparo), son algunos de los puntos en los que se registraron trancones, al momento no se registran viviendas afectadas.
16/10/2013	Bolívar	Cartagena	Reporta fuertes lluvias por más de dos horas lo que ocasiono inundación dejando 1 persona fallecida y 1 persona lesionada, luego de que dos vehículos fueran arrastrados por un arroyo en el suroccidente de la ciudad, en el barrio el socorro, en el sector conocido como foco rojo, en donde las fuertes corrientes arrastraron a un taxi, de placas uaq-217 de Cartagena, en el que se transportaba el conductor con un pasajero. El comandante del cuerpo de bomberos de Cartagena, Aníbal guerrero, confirmó que el conductor quedó

FECHA DEL EVENTO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO
			atrapado dentro del vehículo, mientras que el pasajero logró ser rescatado por la comunidad. Reporta CMGRD
07/10/2013	Bolívar	Cartagena	Reporta seccional bolívar la recuperación de un niño en una cuneta, tras lluvias torrenciales, corregimiento: arroyo de piedra, 15 familias afectadas
18/06/2013	Bolívar	Cartagena	CDGRD Bolívar, informa, en la ciudad de Cartagena inundaciones por escorrentía de aguas lluvias en el barrio el Pozón en horas de la noche, situación en desarrollo.

Fuente: Tomado del sistema nacional de gestión del riesgo de desastre