

ANÁLISIS ÁREA DE ESTUDIO PRELIMINAR Y ALERTAS TEMPRANAS

SELECCIÓN DE UN INVERSIONISTA PARA EL DISEÑO, ADQUISICIÓN DE LOS SUMINISTROS, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE REGASIFICACIÓN DEL PACÍFICO Y EL DISEÑO, ADQUISICIÓN DE LOS SUMINISTROS, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, Y MANTENIMIENTO DEL GASODUCTO BUENAVENTURA-YUMBO

BOGOTÁ D.C., MAYO 2018

TABLA DE CONTENIDO

1	GENERALIDADES	11
1.1	Introducción.....	11
1.1.1	Justificación	11
1.1.2	Estructura del Documento	11
1.2	Objetivos	11
1.2.1	Objetivo General.....	11
1.2.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Metodología	12
2	MARCO LEGAL.....	14
3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	16
3.1	Características del ámbito de proyecto	16
3.2	Instalaciones Portuarias	17
3.2.1	Infraestructura portuaria	17
3.2.2	Tráficos.....	18
3.2.3	Balizamiento marítimo	21
3.3	Infraestructuras Terrestres	29
3.3.1	Vías de acceso	29
3.3.2	Red eléctrica.....	30
3.3.3	Redes de aguas.....	31
3.3.4	Gasoductos	32
3.4	Condiciones topo-batimétricas y morfológicas.....	33
3.5	Características Geológicas	36
3.5.1	Contexto geológico	36
3.5.2	Unidades geológicas superficiales.....	39
3.5.3	Perfil Estratigráfico.....	40
3.5.4	Sedimentología.....	42
3.6	Clima Marítimo	42
3.6.1	Nivel del Mar.....	42
3.6.2	Vientos.....	44
3.6.3	Oleaje	46
3.6.4	Corrientes	51

3.6.5	Aporte fluvial	51
3.7	Meteorología	52
3.7.1	Huracanes	52
3.7.2	Descargas atmosféricas	53
3.8	Sismicidad	55
3.8.1	Fuentes sísmicas	55
3.8.2	Sismos históricos	57
3.8.3	Amenaza sísmica	59
3.9	Tsunamis	61
4	CONDICIONANTES	67
4.1	Condicionantes medios físicos	67
4.1.1	Profundidad en las áreas de navegación, maniobra y atraque	67
4.1.2	Geotecnia	68
4.1.3	Condicionantes meteorológicos	68
4.1.4	Riesgo sísmico	69
4.1.5	Riesgo de tsunami	70
4.2	Condicionantes de tipo ambiental	70
4.2.1	Modificación de la geomorfología e hidrodinámica local	70
4.2.2	Afección a la cobertura de manglar	71
4.2.3	Impacto sobre la fauna local	72
4.2.4	Riesgo por contaminación marina	73
4.2.5	Riesgo de contaminación atmosférica	74
4.2.6	Impacto sonoro	74
4.3	Condicionantes de tipo socioeconómico	74
4.3.1	Clasificación del Suelo	74
4.3.2	Distancia a núcleos poblacionales	75
4.3.3	Expropiaciones requeridas	76
4.3.4	Afección a redes de servicios básicos	76
4.3.5	Afección a elementos del patrimonio histórico o cultural	77
4.3.6	Interferencia con otras actividades económicas	77
4.3.7	Interferencia con la navegación	78
4.3.8	Impactos sobre la economía local	78
4.3.9	Impactos sobre la movilidad urbana	78
4.3.10	Requisitos de socialización y compensación social del proyecto ...	79

4.4	Tabla resumen de alertas tempranas.....	79
4.5	Valoración de las Alertas Tempranas en función de la Tecnología y el Emplazamiento Potencial.....	89
4.5.1	Valoración en función de la Solución Tecnológica.....	89
4.5.2	Valoración en función del emplazamiento potencial.....	93
5	IDENTIFICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS PORTENCIALES PARA LA TERMINAL DE REGASIFICACIÓN DEL PACÍFICO.....	100
5.1	Polígono 1: Estero Aguacate – Isla del Leoncico.....	101
5.2	Polígono 2: Estero Aguadulce Este.....	102
5.2.1	Polígono 3: Estero Aguadulce Oeste.....	103
5.2.2	Polígono 4: Delta Estero Hondo Norte.....	104
5.2.3	Polígono 5: Delta Estero Hondo Norte.....	106
6	MAPAS BASE.....	109
6.1	MAPAS BASE E INFORMACION GEOREFERENCIADA.....	109
6.1.1	Mapas de Caracterización.....	109
6.1.2	Mapas de Alertas Tempranas.....	109
7	BIBLIOGRAFÍA.....	111

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Volumen de comercio Exterior en las terminales portuarias en la Bahía de Buenaventura por tipo de mercancía	19
Tabla 2. Volumen de tráfico total de los operadores portuarios por tipo de mercancía, en toneladas.....	19
Tabla 3. Tráfico total de mercancías en Buenaventura por operador, en toneladas	20
Tabla 4. Tráfico de contenedores en el puerto de Buenaventura por operador y tipo de contenedor	21
Tabla 5. Relación de las ayudas a la navegación existentes en el Canal exterior de acceso a la Bahía de Buenaventura.....	22
Tabla 6. Relación de las ayudas de navegación existentes en el canal principal interior en la Bahía de Buenaventura	23
Tabla 7. Relación de las ayudas a la navegación existentes para el acceso al Puerto de Buenaventura	25
Tabla 8. Relación de las ayudas a la navegación existentes para el acceso al Puerto de Aguadulce	27
Tabla 9. Relación de las ayudas a la navegación existentes para el acceso al Terminal de Contenedores de TCBuen.....	28
Tabla 10. Valores promedio de los niveles de marea en Buenaventura	43
Tabla 11. Valores de régimen medio de altura de ola significativa en aguas profundas frente a la bahía de buenaventura.....	48
Tabla 12. Resultados de los escenarios más desfavorables de propagación de oleaje al interior de la Bahía de Buenaventura.....	50
Tabla 13. Datos hidrológicos en la Bahía de Buenaventura.....	52
Tabla 14. Síntesis de los valores máximos de altura de onda y tiempo de arribo del tsunami para los estudios realizados mediante modelos numéricos en la Bahía de Buenaventura	61

Tabla 15. Resumen de alertas tempranas detectadas para el proyecto	80
Tabla 16. Evaluación de alertas tempranas condicionadas por el esquema tecnológico	90
Tabla 17. Evaluación de alertas tempranas condicionadas por el esquema tecnológico	94
Tabla 18. Mapas caracterización.....	109
Tabla 19. Mapas de Alertas Tempranas	109

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de los tráficos portuarios de cada operador en el puerto de Buenaventura 20

Figura 2. Red existente de gasoductos en Colombia 33

Figura 3. Relieve de la Bahía de Buenaventura 34

Figura 4. Vista de la batimetría en la Bahía de Buenaventura 35

Figura 5. Formaciones geológicas superficiales en la Bahía de Buenaventura 39

Figura 6. Secuencias marinas entre los 0 y 32m, obtenidas al norte de la Isla Leoncico 41

Figura 7. Régimen medio de nivel del mar en el Puerto de Buenaventura 43

Figura 8. Cambios periódicos del nivel en el puerto de Buenaventura..... 44

Figura 9. Rosa de vientos en aguas profundas, frente a la Bahía de Buenaventura 45

Figura 10. Rosa de vientos en el Aeropuerto de Buenaventura. 45

Figura 11. Rosa de vientos en la estación meteorológica del puerto de Buenaventura 46

Figura 12. Histograma de frecuencias para la altura de ola significativa en aguas profundas 47

Figura 13. Histograma de frecuencias para el período de pico oleaje en aguas profundas 47

Figura 14. Rosa de oleaje en aguas profundas..... 48

Figura 15. Ajuste de valores extremos de Hs en profundidades indefinidas a la función Gumbel 49

Figura 16. Resultados gráficos de la propagación de un oleaje con un período de retorno de 100 años en el caso más desfavorable 50

Figura 17. Trayectorias e intensidad de todos los ciclones tropicales registrados en los últimos 150 años..... 53

Figura 18. Mapa de ISO-Niveles ceráunicos para Colombia (Área de 30 Km x 30 Km)..... 54

Figura 19. Fallas activas y probablemente activas en las proximidades de Buenaventura	57
Figura 20. Sismos registrados en el sector de Buenaventura entre los años 1993 y 2017	59
Figura 21. Mapa de riesgo sísmico de Colombia para el Valle del Cauca	60
Figura 22. Localización de epicentros de sismos tsunamigénicos modelados por los distintos autores respecto a la Bahía de Buenaventura.	62
Figura 23. Mapa de inundación para un evento con origen en 78.8W 3.5N, magnitud 8.2 y con un nivel de marea alto. Las áreas blancas representan las zonas que permanecen secas y los colores indican, según la escala adjunta, la altura máxima de ola encontrada para todo el tiempo simulado.....	62
Figura 24. Campos de inundación homogéneos (m) para un tsunami generado por un sismo MW= 8m6, durante marea alta, para los ocho epicentros definidos por Restrepo y Otero, 2017	63
Figura 25. Mapa de inundación por tsunami en la Bahía de Buenaventura	64
Figura 26. Mapa de velocidad alrededor de la Isla Cascajal durante ascenso de la onda de tsunami para el escenario más desfavorable	65
Figura 27. Áreas potenciales para el desarrollo portuario-industrial previstas en el POT de Buenaventura: en color violeta, áreas portuarias, en naranja, áreas económicas, y en malva, áreas industriales.	75
Figura 28. Identificación de emplazamientos potenciales para la terminal.....	100
Figura 29. Localización del Polígono 1 (en rojo) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido .	102
Figura 30. Localización Polígono 2 (en azul) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para conectar con la red vial existente	103
Figura 31. Localización del Polígono 3 (en verde) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para conectar con la red vial más próxima	104
Figura 32. Localización del Polígono 4 (en naranja) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para	

conectar con la red vial más próxima 105

Figura 33. Localización del Polígono 5 (en morado) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para conectar con la red vial más próxima 106

CAPÍTULO 1



1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

La Unidad de Planeación Minero Energética UPME, muestra en el presente estudio, el Análisis Área de Estudio Preliminar y Alertas Tempranas para el proyecto de la Planta de Regasificación del Pacífico, teniendo en cuenta las variables principales contenidas en los términos de referencia de varios estudios ambientales similares, con el fin de tener presente los aspectos más relevantes tanto para la caracterización como para la zonificación del área de estudio preliminar.

1.1.1 Justificación

En las convocatorias además de los Documentos de Selección del Inversionista (DSI), la UPME publica un instrumento informativo denominado “Análisis Área de Estudio Preliminar y Alertas Tempranas” para cada uno de los Proyectos, que contiene la caracterización preliminar ambiental y un análisis de zonificación ambiental informativa, en un área de estudio previamente definida.

1.1.2 Estructura del Documento

Hacen parte de estos documentos solicitados, consultados y referidos en el estudio, aquellos relacionados con el instrumento de reglamentación del uso del territorio como el POT, vigente del municipio de Buenaventura, así como el Plan de Desarrollo de este municipio, entre otros documentos de condiciones marítimas y de puertos.

Adicional a este proceso de recopilación de información secundaria, se realizó una visita a la zona del Proyecto, previa revisión de la información secundaria (mapas preliminares) y análisis de accesos, material que fue la base para la caracterización de los medios abiótico, biótico, socioeconómico en el área de análisis preliminar del Proyecto.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Identificar de manera temprana las posibles Alertas y condicionantes de tipo ambiental, específicamente en los medios físico, biótico y socioeconómico, y los condicionantes de tipo técnico, para el desarrollo de las obras objeto del presente proyecto, con el fin de servir como guía a los inversionistas interesados en las convocatorias públicas de la UPME en la formulación de sus ofertas y en la previsión temprana de riesgos e implicaciones multivariadas para la ejecución del Proyecto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar el área de estudio preliminar (polígonos) mediante criterios técnicos, físico bióticos y socioeconómicos en donde se enmarca el proyecto.
- Presentar una descripción técnica del proyecto que permita identificar las acciones en el corto, mediano y largo plazo (tiempos, recursos y normatividad) que puedan afectar y/o modificar el medio físico, biótico y socioeconómico.
- Caracterizar con base en información secundaria y verificación en campo, las condiciones, técnicas, físicas, bióticas, socioeconómicas del área de estudio preliminar en donde se prevé pueda tener influencia la ejecución del proyecto.
- Identificar, cuantificar y ponderar las variables ambientales potenciales del área de estudio que permitan determinar posibilidades y condicionantes para el desarrollo del proyecto en etapas tempranas.
- Jerarquizar las alertas tempranas identificadas dentro de los componentes estudiados.
- Estructurar las ideas conclusivas del estudio en cuanto a las posibilidades y alertas de tipo socio-ambiental en el área de estudio preliminar del estudio.

1.3 Metodología

Para el “Análisis Área de Estudio Preliminar y Alertas Tempranas” del Proyecto “Planta de Regasificación del Pacífico”, se utilizó una metodología basada en la descripción, caracterización y zonificación preliminar ambiental del área de estudio, teniendo en cuenta las variables principales como son; el medio físico, el medio biótico, las áreas restringidas, áreas de interés y el medio socio-económico, con el fin de contemplar todos los aspectos que conllevan a una caracterización que sea útil para el futuro inversionista en cuanto a la zonificación del área de estudio preliminar, esencial para el desarrollo de las siguientes fases del proyecto.

CAPÍTULO 2



2 MARCO LEGAL

En este capítulo se presenta un listado breve de los principales aspectos normativos vigentes aplicables al proyecto, los cuales se discriminan por temática relacionada.

A continuación, se relaciona la normatividad más importante del proyecto:

- ✓ Comunidades Campesinas: Ley 160 de 1994 (agosto 3)
- ✓ Comunidades Negras: Ley 70 de 1993 (agosto 27) Comunidades Afrocolombianas: Ley 725 DE 2001(diciembre 27)
- ✓ Comunidades Indígenas: Decreto 1088 de 1993 (junio 10)
- ✓ Comunidades Palanquera y Raizal: Decreto No. 4181 DE 2007 (octubre 29)
Comunidades RROM: Decreto 2957 DE 2010 (agosto 6)
- ✓ Desplazamiento Forzado: Ley 387 de 1997 (julio 18)
- ✓ Ley Orgánica de Ordenamiento: Ley 1454 de 2011 (junio 28) y Ley 388 de 1997

CAPÍTULO 3



3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 Características del ámbito de proyecto

El municipio de Buenaventura está integrado por los corregimientos de Barcos, Bocas del San Juan, Calle Honda, El Carmen, Cisneros, El Patico, El Tigre, Gamboa, Guadualito, Kilómetro 43 o Triana, La Trojita, Mayorquín, Nicolás Ramos Hidalgo, Potedó, San Antonio de Yurumanguí, San Isidro, San Lorenzo, San Pedro de Naya, Silva y Taparal; Con una población censada en el municipio en 2017 de 415.800 habitantes, la ciudad de Buenaventura está dividida en 12 Comunas, de las cuales 4 pertenecen a la zona insular y 8 a la zona continental. Las de mayor importancia económica son las localizadas en la isla de Cascajal, pero la más poblada es la número 12, en la zona de acceso a la ciudad.

Su principal actividad económica es el movimiento portuario. La restante actividad económica se reparte en los sectores de pesca marina y fluvial, explotación forestal, comercio y minería.

Debido a la baja fertilidad de los suelos de esta zona, la explotación agrícola es muy reducida. Según la Cámara de Comercio (Jiménez, 2016), la explotación de los pocos cultivos agrícolas se realiza en forma dispersa y con un constante desplazamiento de los mismos, lo que hace que terminen siendo altamente improductivos. Dentro de los principales cultivos se destacan el chontaduro, el borojó, los cítricos, la yuca y el bananito.

En cuanto a las actividades agroforestales se encuentran los cultivos de caucho y tagua. Adicionalmente, a pesar de que el Litoral Pacífico colombiano tiene una de las mayores riquezas forestales del país, está siendo desaprovechada, no sólo por el inadecuado manejo en la extracción, sino por la ausencia de mecanismos de reforestación.

En el caso de la pesca, de tipo artesanal, aunque en algunos casos se comercializa en los mercados locales, es una actividad básicamente de sustento para los hogares urbanos de bajamar y rurales. La pesca industrial está a cargo de las grandes empresas, las cuales tienen como principal objetivo las exportaciones. Respecto al turismo, el distrito cuenta con una riqueza en su biodiversidad y paisajes, con áreas de desarrollo potencial para el desarrollo de la industria turística; tal es el caso del avistamiento de ballenas, cuya temporada son los meses de junio a octubre, las playas de Bocana, Juanchaco, Ladrilleros, La Barra y la reserva forestal de San Cipriano.

Pese a ello, por parte de los gobiernos locales no han existido políticas claras para el fortalecimiento y el emprendimiento del sector. La ciudad no cuenta con la

infraestructura hotelera, vial y de saneamiento básico, que permitan el desarrollo de un programa de destino turístico.

Por su parte, el sector comercial se constituye en uno de los más representativos de la ciudad, está caracterizado por la alta informalidad en ventas ambulantes y cacharrereros. Buenaventura se agrupa en tres grandes subsectores económicos: el comercio al por mayor, el cual no representa más del 4%, el comercio al detalle, el cual es el más significativo con cerca del 85% y el de establecimientos de restaurantes, cafeterías y heladerías, con un 11% de participación.

En cuanto al mercado laboral, Buenaventura presenta niveles de desempleo muy por encima del promedio nacional y departamental, con una tasa del desempleo estimada del 62% (Jiménez, 2016).

3.2 Instalaciones Portuarias

3.2.1 Infraestructura portuaria

La infraestructura portuaria de Buenaventura ha evolucionado de forma favorable para el comercio exterior del país, a partir de la privatización del sistema portuario, Ley 1 de 1991.

En la actualidad, la infraestructura portuaria comercial está principalmente conformada por los recintos e instalaciones gestionadas por los siguientes concesionarios (Jiménez, 2016):

- **Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura:** empresa de carácter público (17%) – privado (83%) que desde 1993 tiene concesionada las instalaciones del Terminal Marítimo (muelles 2-12 y 14) por un período de 20 años. En el año 2008 se le prorrogó la licencia de concesión por 30 años más. Cuenta con una terminal de contenedores, terminal multipropósito, terminal para granel sólido y terminal para granel líquido. Tiene una capacidad de manejo de 13 millones de toneladas/año, con un promedio de 3.000 maniobras al año.
- **Sociedad Portuaria Grupo Portuario S.A.:** Empresa privada que administra y opera el muelle número 13 del Terminal Marítimo de Buenaventura (muelle concesionado al Fondo Rotatorio de la Armada Nacional de Colombia). Gestiona un muelle multipropósito que le permite atender cargas como Gráneles Sólidos (carbón principalmente), Carga General, Automóviles y Contenedores. Tiene capacidad para 2,5 millones de toneladas/año, con un promedio de 30 maniobras al año.
- **Terminal de Contenedores de Buenaventura (TCBUEN):** Empresa privada con inversión colombo – española (Grupo TCB de Barcelona), que inició su operación en el año 2011. Su terminal se ubica en el Estero

Aguacate y cuenta con un muelle de atraque de 440 m de longitud más dos piñas de atraque que permite alojar hasta 2 buques portacontenedores. Dispone de una capacidad de manejo de hasta 610.000 TEUs al año y capacidad para almacenar hasta 15.000 TEUs simultáneamente, con un promedio de 800 maniobras al año.

- **Sociedad Portuaria Compañía de Puertos Asociados (COMPAS):** Empresa privada de inversión del grupo Argos de Colombia, operadora del Muelle Compas, adyacente al muelle n° 14. Esta terminal cuenta con 37.676 m² de área concesionada y con acceso a la vía férrea del corredor del Pacífico. Se especializa en la movilización de granos alimenticios y carbonato de sodio. Prevén la implantación de una segunda terminal dentro del puerto de Aguadulce (concesión de International Container Terminal Services, Inc., ICTSI), con capacidad para el manejo de graneles limpios, carbón y carga general.
- **Sociedad Puerto Industrial de Aguadulce:** Cuenta con un Muelle Multipropósito de reciente construcción (inicio de operación en noviembre de 2016) con un frente de atraque de 600 m (muelle de contenedores) y 250 m (terminal de granel sólido), ubicado en el margen noreste del Estero Aguacate. El puerto realiza actividades multipropósito y cuenta con una capacidad anual de 550.000 contenedores, capacidad de almacenamiento de 54.000 toneladas de graneles alimenticios y hasta de 110.000 toneladas para carbón y coque. Tiene un promedio promedio de 700 maniobras al año.

Igualmente, existe un Terminal de cabotaje continental (hidrocarburos), un apostadero Naval y once muelles de cabotaje menor, relacionados con la madera, pesca y carga general (mercancía movilizada a diferentes municipios de la costa Pacífica colombiana de los departamentos de Nariño, Valle y Choco).

Dentro del análisis a la infraestructura del puerto, es necesario destacar las limitaciones al tráfico marítimo de buques de gran capacidad y calado, derivadas de la escasa profundidad del canal de acceso a las terminales, y de forma secundaria de la profundidad también limitada en los propios muelles de atraque. Las concesionarias son responsables del mantenimiento de calados en los muelles, el cual alcanza, en las zonas de mayor profundidad, un máximo de 12.5 m con mínima bajamar.

3.2.2 Tráficos

Según datos de la Superintendencia de Puertos y Transportes para el año 2016, en la Bahía de Buenaventura se han movilizad (entre importaciones y exportaciones) en dicha anualidad los siguientes tráficos portuarios:

Tabla 1. Volumen de comercio Exterior en las terminales portuarias en la Bahía de Buenaventura por tipo de mercancía

TIPO DE CARGA	TRÁFICO ANUAL (T)	% TRÁFICO NACIONAL
CARBON AL GRANEL	844.580	0,92%
CONTENEDORES	8.526.859	53,43%
GENERAL	1.177.566	21,06%
GRANEL LIQUIDO	540.774	0,99%
OTROS GRANELES SOLIDOS	5.191.095	38,87%
TOTAL IMPORT+EXPORT	16.280.874	9,00%

Fuente: Superintendencia de Puertos y Transportes, 2016.

Como puede observarse, el Puerto de Buenaventura movió en 2016 del orden del 9% del tráfico internacional de mercancías en Colombia. Destaca especialmente el tráfico de contenedores en este puerto, que alcanza más del 53% del comercio exterior de Colombia. Se trata por tanto de la principal vía de entrada de contenedores del Pacífico Colombiano.

En la tabla siguiente se muestra la distribución del tráfico de mercancías entre las entidades concesionarias que actualmente prestan servicio en la Bahía, en función del tipo de producto:

Tabla 2. Volumen de tráfico total de los operadores portuarios por tipo de mercancía, en toneladas.

SOCIEDAD PORTUARIA	CARBON	CONTENED.	GENERAL	GRANEL LIQUIDO	OTROS GRANELES SOLIDOS	TOTAL
COMPAS S.A.	0	0	0	0	625.114	625.114
GRUPO PORTUARIO S.A.	796.733	0	216.310	0	171.402	1.184.445
TCBUEN SA.	0	2.875.741	0	0	0	2.875.741
SPR BUENAVENTURA	47.847	5.651.118	961.256	540774	4.394.579	11.595.574
TOTAL	844.580	8.526.859	1.177.566	540774	5.191.095	16.280.874

Fuente: Superintendencia de Puertos y Transportes, 2016.

En la siguiente tabla se distribuyen los tráficos de comercio exterior entre los distintos operadores, diferenciando entre importación y exportación, y se añaden asimismo los tráficos de otro tipo (cabotaje, tránsito, etc.):

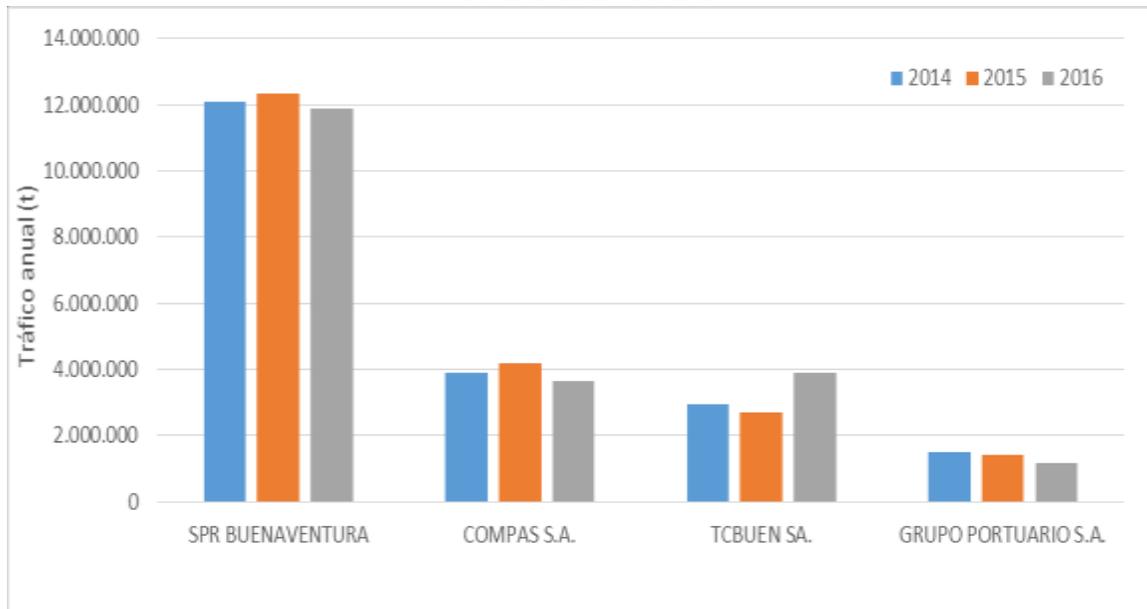
Tabla 3. Tráfico total de mercancías en Buenaventura por operador, en toneladas

SOCIEDAD PORTUARIA	COMPAS S.A.	GRUPO PORTUARIO S.A.	LIZCAMAR LTDA.	TCBUEN SA.	SPR BUENAVENTURA	TOTAL	% TRÁFICO COLOMBIANO
IMPORT	625.114	328.743	0	1.949.362	9.115.712	12.018.931	29.2%
EXPORT	0	855.702	0	926.379	2.479.862	4.261.943	3.1%
IMPORT +EXPORT	625.114	1.184.445	0	2.875.741	11.595.574	16.280.874	9.0%
CABOT.	0	0	2.759	0	0	2.759	0.2%
TRANSB.	0	0	0	1.019.946	242.682	1.262.628	96.5%
TRANSIT.	0	0	0	0	62.377	62.377	45.0%
TOTAL	625.114	1.184.445	2.759	3.895.687	11.900.633	17.608.638	8.7%

Fuente: Superintendencia de Puertos y Transportes, 2016.

La Figura 1 muestra la progresión del tráfico total de mercancías en el Puerto de Buenaventura por cada uno de los operadores durante los últimos 3 años:

Figura 1. Evolución de los tráficos portuarios de cada operador en el puerto de Buenaventura



Fuente: Superintendencia de Puertos y Transportes, 2016.

En el caso concreto del tráfico de contenedores, la siguiente tabla presenta los tráficos gestionados por las dos terminales que actualmente operan dichos tráficos

para el año 2016, diferenciados en función del tipo de contenedor y tipo de tráfico:

Tabla 4. Tráfico de contenedores en el puerto de Buenaventura por operador y tipo de contenedor

SOCIEDAD PORTUARIA	TRAFICO PORTUARIO	LLENOS 20'	VACIOS 20'	LLENOS 40'	VACIOS 40'	TOTAL UNDS.
TCBUEN S.A.		67.080	32.491	111.759	58.017	269.347
	IMPORTACION	40.820	33	63.091	42	103.986
	EXPORTACION	13.395	30.911	19.124	40.521	103.951
	TRANSBORDO	12.865	1.547	29.544	17.454	61.410
SPR BUENAVENTURA		91.678	808.955	106.471	45.136	274.019
	IMPORTACION	61.032	610.000	77.011	79	138.732
	EXPORTACION	26.023	29.955	25.725	44.182	125.885
	TRANSBORDO	4.623	169.000	3.735	875	9.402
TOTAL UNIDADES DE CONTENEDORES (TEUs)		158.758	841.446	218.230	103.153	543.366

Fuente: Superintendencia de Puertos y Transportes, 2016.

3.2.3 Balizamiento marítimo

El balizamiento marítimo en la Bahía de Buenaventura está regulado por la Dirección General Marítima, organismo responsable de la instalación y mantenimiento de las ayudas a la navegación, así como de regular, dirigir y controlar las actividades relacionadas con la seguridad de la navegación en general (Decreto Ley 2324/84).

Actualmente en la Bahía de Buenaventura existe un complejo sistema de balizamiento y ayudas a la navegación, compuesto por un total de 67 boyas de señalización (de las cuales 51 señalizan el canal de acceso principal y las 16 restantes son ayudas específicas de las terminales de TCBuen y Aguadulce) y 9 elementos de señalización en tierra, incluyendo el Faro de Punta Soldado, 3 balizas costeras en las principales terminales o muelles de atraque, 2 luces direccionales, dos luces de enfilación en Isla Alba (en proceso de sustitución por un nuevo conjunto ubicado en Isla Alba-Arrieral) y una luz de sectores para la enfilación de acceso a la Terminal TCBuen.

En la siguiente tabla se realiza un listado completo de las ayudas a la navegación presentes (actualizado a mayo de 2016) en la Bahía de Buenaventura, indicándose su nombre, posición (latitud y longitud), tipo de señal (características, tipo, período de la luz y número de luces si existe más de una), elevación sobre el nivel medio del mar, alcance nominal, descripción del soporte y la altura y otras observaciones, como el ritmo de las luces para su identificación.

Tabla 5. Relación de las ayudas a la navegación existentes en el Canal exterior de acceso a la Bahía de Buenaventura

Nombre	Latitud (N) Longitud (W)	Tipo	Altitud (m)	Alcance (Mn.)	Descripción	Observación
Boya de Aguas Seguras	03° 47.64' 77° 19.85'	Iso. W 4 s	4,0	5,0	Castillete roja, franjas blancas Marca de tope esférica roja	Fl. 2,0 s, Oc. 2,0 s Boya de aguas seguras
Boya No. 1	03° 47.69' 77° 18.88'	Q. G 1 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s Boya de inicio de canal
Boya No. 2	03° 47.57' 77° 18.92'	Q. R 1 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s Boya de inicio de canal
Boya No. 3	03° 47.70' 77° 18.09'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 4	03° 47.57' 77° 18.09'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 5	03° 47.70' 77° 17.27'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 6	03° 47.56' 77° 17.28'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 7	03° 47.70' 77° 16.57'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 8	03° 47.57' 77° 15.57'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 9	03° 47.70' 77° 15.83'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 10	03° 47.56' 77° 15.80'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 11	03° 47.72' 77° 15.15'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 12	03° 47.57' 77° 15.15'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 13	03° 47.73' 77° 14.25'	Q. G 1 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s Boya de viraje

Nombre	Latitud (N) Longitud (W)	Tipo	Altitud (m)	Alcance (Mn.)	Descripción	Observación
Boya No. 14	03° 47.59' 77° 14.35'	Q. R 1 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s Boya de viraje
Boya No. 15	03° 47.97' 77° 13.39'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 16	03° 47.82' 77° 13.41'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 17	03° 48.13' 77° 12.76'	Q. G 1 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s Boya de viraje
Boya No. 18	03° 48.00' 77° 12.74'	Q. R 1 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s Boya de viraje
Boya No. 19	03° 48.28' 77° 12.31'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 20	03° 48.40' 77° 11.82'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 21	03° 48.47' 77° 12.03'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 22	03° 48.68' 77° 11.30'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Faro Punta Soldado	03° 48.52' 77° 10.77'	Fl. W 10 s	56,0	18.5	Torre enrejada naranja y blanca 50	Fl. 1,0 s, Oc. 9,0 s

Fuente: DIMAR, 2016.

Tabla 6. Relación de las ayudas de navegación existentes en el canal principal interior en la Bahía de Buenaventura

Nombre	Latitud (N) Longitud (W)	Tipo	Altitud (m)	Alcance (Mn.)	Descripción	Observación
Boya No. 23	03° 49.45' 77° 10.69'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 24	03° 48.93' 77° 10.84'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 25	03° 49.67' 77° 10.21'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral

Nombre	Latitud (N) Longitud (W)	Tipo	Altitud (m)	Alcance (Mn.)	Descripción	Observación
Boya No. 26	03° 49.42' 77° 10.01'	Q. R 1 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 27	03° 49.98' 77° 09.47'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 29	03° 50.22' 77° 08.76'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 30	03° 50.03' 77° 08.70'	Fl. R 3 s	4,0	4,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 31	03° 50.61' 77° 07.66'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 32	03° 50.53' 77° 07.62'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 33	03° 51.00' 77° 06.89'	Q. G 1 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s
Boya No. 34	03° 50.93' 77° 06.74'	Q. R 1 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,4 s, Oc. 0,6 s
Boya No. 36	03° 51.43' 77° 06.03'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 37	03° 52.07' 77° 05.43'	Q. G 1 s	3,5	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 38	03° 51.96' 77° 05.39'	Fl. R 3 s	3,5	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 39	03° 52.39' 77° 05.25'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral
Boya No. 40	03° 52.49' 77° 05.08'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0,5 s, Oc. 2,5 s Boya lateral

Fuente: DIMAR, 2016

Tabla 7. Relación de las ayudas a la navegación existentes para el acceso al Puerto de Buenaventura

Nombre	Latitud (N) Longitud (W)	Tipo	Altitud (m)	Alcance (Mn.)	Descripción	Observación
Boya No. 41	03° 52.83' 77° 05.27'	Fl. G 3 s	4,0	3,5	Castillete verde Marca de tope cuadrado verde	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 42	03° 53.12' 77° 05.01'	Fl. R 3 s	4,0	3,5	Castillete rojo Marca de tope triángulo rojo	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya Cardinal Sur	03° 53.78' 77° 04.88'	Q.(6)+LFI 15 s	4,2	4,5	Castillete Cardinal S Marcas de tope triangulos invertidos negros	Fl. 0.3 s, Oc. 0.7 s Fl. 2.0 s, Oc. 7.0 s
Boya Amarre Isla Naval	03° 50.01' 77° 03.47'	.....	.....	.....	Roja franjas negras	.....
Boya Amarre	03° 54.00' 77° 03.81'	.....	.....	.....	Roja franjas negras	.....
Boya Amarre	03° 54.01' 77° 03.78'	.....	.....	.....	Roja franjas negras	.....
Boya Amarre	03° 53.40' 77° 04.91'	.....	.....	.....	.....	.....
Baliza Muelle Turístico	03° 53.30' 77° 04.93'	Fl. (2) Am 12 s	7	8	Torre amarilla	Fl. 0.5 s, Oc. 1.0 s Fl. 0.5 s, Oc. 10.0 s

Nombre	Latitud (N) Longitud (W)	Tipo	Altitud (m)	Alcance (Mn.)	Descripción	Observación
						Boya lateral

Fuente: DIMAR, 2016.

Tabla 9. Relación de las ayudas a la navegación existentes para el acceso al Terminal de Contenedores de TCBuen

Nombre	Latitud (N) Longitud (W)	Tipo	Altitud (m)	Alcance (Mn.)	Descripción	Observación
Boya No. 51	03° 53.86' 77° 04.10'	Fl. G 3 s	3,5	5,3	Castillete verde	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 52	03° 53.78' 77° 03.96'	Fl. R 3 s	3,5	5,0	Castillete rojo	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 53	03° 53.88' 77° 03.73'	Fl. G 3 s	3,5	5,0	Castillete verde	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 54	03° 53.83' 77° 03.70'	Fl. R 3 s	3,5	5,0	Castillete rojo	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 55	03° 53.89' 77° 03.31'	Fl. G 3 s	3,5	5,0	Castillete verde	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 56	03° 53.83' 77° 03.26'	Fl. R 3 s	3,5	5,0	Castillete rojo	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 57	03° 53.89' 77° 02.81'	Fl. G 3 s	3,5	5,0	Castillete verde	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 58	03° 53.82' 77° 03.02'	Fl. R 3 s	3,5	5,0	Castillete rojo	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 59	03° 53.81' 77° 02.61'	Fl. G 3 s	3,5	5,0	Castillete verde	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Boya No. 61	03° 53.68' 77° 02.47'	Fl. G 3 s	3,5	5,0	Castillete verde	Fl. 0.5 s, Oc. 2.5 s Boya lateral
Baliza Tcbuen	03° 53.85' 77° 02.49'	Fl. WRG 7s	14,4	12	Luz sectorial	Precisión 0.07° (4' de Arco)

Fuente: DIMAR, 2016.

Existen también 7 áreas de fondeo y espera para naves con destino al Puerto de Buenaventura, que se encuentran ubicadas a partir de la boya No. 1 hasta la boya No. 42, a ambos lados del canal de acceso, desde punta Bazán hasta la boca del

estero¹. La profundidad promedio en las áreas de fondeo oscila entre los 6m y los 16m (véase sección 3.5).

3.3 Infraestructuras Terrestres

3.3.1 Vías de acceso

3.3.1.1 Red de Carreteras

La red vial de carreteras que conecta a Buenaventura y el interior del país, está conformada únicamente por tres tramos principales de carretera convencional pavimentada de doble sentido: Buenaventura – Loboguerrero (52 km), Loboguerrero – Dagua (10 km) y Loboguerrero – Mediacanoa (30 km).

El primer tramo se bifurca en los dos siguientes, y conforma la única vía de enlace entre Buenaventura y el interior del país, lo cual introduce un importante factor limitante para el transporte terrestre de las mercancías con origen y destino al Puerto de Buenaventura. Cabe destacar que este tramo presenta cierres frecuentes por derrumbes, debido a la topografía de la región.

En cuanto a la principal vía de acceso al puerto y a la ciudad de Buenaventura, denominada Avenida Simón Bolívar (o también Calle 6), es un vial de aproximadamente 13 Km de longitud y un ancho que varía entre 2 y 3 carriles por sentido, que accede a la isla Cascajal (donde se ubica el puerto y se concentra la mayoría de las actividades económicas y de servicios) a través del Puente del Piñal, renovado en 2015 y con una capacidad de tres carriles por sentido.

El tráfico promedio de ingreso de tracto-camiones al puerto de Buenaventura es del orden de 5.150 camiones/día, lo que lo convierte en el puerto colombiano con mayor frecuencia de tráfico al día para este tipo de vehículo.

En 2016 se finalizó además la carretera de acceso al puerto de Aguadulce, con una longitud de 21,5 km, que conecta el terminal con la vía que lleva de Buenaventura a Cali.

El resto de las áreas que configuran la bahía de Buenaventura no disponen de accesos rodados ni comunicación con el resto de la red viaria de la región.

3.3.1.2 Red Ferroviaria

Existe acceso ferroviario a Buenaventura, mediante un corredor ferroviario de 341 Km de longitud total, que conecta la ciudad y el Puerto de Buenaventura con Cali,

¹ Fuente: Derrotero de las costas y áreas insulares de Colombia. Cabo Corriente a Pasacaballos.

Cartago, la Felisa y la Tebaida, por medio de los siguientes tramos útiles: Buenaventura – Cali (174 Km), Cali – Cartago (173 Km), Cartago – La Felisa (111 Km) y Zarzal – La Tebaida (40 Km). En la actualidad el sistema se encuentra concesionado a la empresa Ferrocarriles del Pacífico S.A.S. y aún no se encuentra conectada con la red ferroviaria central (Jiménez, 2016).

El principal tramo utilizado por el sistema férreo interconectado con Buenaventura es Buenaventura – Yumbo – Cali, caracterizado por un tráfico de exportación e importación con orígenes y destinos nacionales, principalmente con el Departamento del Valle del Cauca. Actualmente, los principales productos transportados por esta vía son: cemento, autopartes, acero y azúcar. Según el concesionario, la capacidad promedio del corredor ferroviario es del orden de 80.000 toneladas de carga mensual.

La eficiencia de este corredor ferroviario es reducida, derivado de carencias infraestructurales (elevada pendiente entre Buenaventura y Cali, reducido ancho de vía y equipo rodante insuficiente) y sobre todo a problemas de seguridad asociados a invasiones de la vía y al uso ilegal de la misma por parte de “motobrujas” por parte de la población local, que obligan a reducir la velocidad de circulación de los convoyes.

3.3.1.3 Aeropuerto

Buenaventura cuenta con el aeropuerto “Gerardo Tobar” de clase C 20 (categoría público para pasajeros), ubicado aproximadamente a 12 km al sudeste de Buenaventura. Dispone de una pista de 1.140 m de longitud y 20 m de anchura. Es propiedad de Aerocivil y en la actualidad operan compañías aéreas como Satena o Aeroexpreso del Pacífico, que cubre el trayecto Bogotá – Buenaventura – Bogotá.

Actualmente maneja un tráfico anual del orden de 13.400 pasajeros y está en proyecto una prolongación de la pista en 690 m adicionales, lo que permitiría recibir naves de mayor tamaño y capacidad (Jiménez, 2016).

3.3.2 Red eléctrica

Actualmente, el suministro eléctrico al municipio de Buenaventura se realiza a través de la línea de transmisión regional a 115kV a doble circuito, procedente de la central hidroeléctrica del Bajo Anchicayá, que cuenta con una capacidad instalada de 72.5 MVA, que también suministra energía a Cali y Pailón. La dotación actual de esta línea al municipio de Buenaventura (conexión Tabor) es de 48 MVA. El Distrito está alimentado en su zona urbana mediante dos (2) subestaciones 115/13.2 KV Pailón y el Tabor, cada una con una capacidad de transformación de 2x25 MVA para una capacidad total instalada de 100 MVA. Estas subestaciones alimentan también la zona rural del Distrito.

Adicionalmente, para alimentar la Base Naval de Bahía Málaga y los corregimientos de Juanchaco y Ladrilleros se cuenta con una subestación de 115/13.2 KV de 12.5 MVA, la cual se alimenta por una línea a 115 kV en circuito sencillo de aproximadamente 70 km desde la estación el Pailón. Cuando el Bajo Anchicayá no está generando, toda la demanda es alimentada desde la subestación Chipichape 115 kV ubicada en la ciudad de Cali, la que a su vez es alimentada desde la subestación Yumbo (Aqua & Terra, 2017).

Considerando la falta de redundancia en la red de suministro y la creciente demanda eléctrica, el servicio de energía eléctrica en la región es limitado, reclamándose desde el sector empresarial e industrial local y departamental una mayor confiabilidad del mismo, tras varios apagones derivados de fallos en el sistema que dejaron la ciudad sin suministro.

Esta mejora de confiabilidad requiere de la construcción de una interconexión con el sistema nacional a partir de una segunda línea de transmisión de energía a 115 kV, que conectaría la ciudad desde el embalse de Calima, mediante un trazado de 58 km, así como una nueva subestación de 115 kV. Esta obra, proyectada y aprobada en 2015, fue suspendida en junio de 2016 por EPSA (la concesionaria de la red, promotora del proyecto), debido al sobrecosto del proyecto derivado de ocupaciones intencionales por parte de algunas comunidades vecinas del corredor seleccionado para desarrollar la línea de transmisión.

3.3.3 Redes de aguas

El suministro de agua potable al municipio de Buenaventura procede del río Escalerete, mediante un acueducto que presenta frecuentes problemas de abastecimiento. El servicio es en general insuficiente y discontinuo (Ávila et al., 2003), ya que presenta una continuidad entre el 51% y el 79% (9.5 horas de servicio de agua potable diaria en promedio), con un promedio de presión baja. La cobertura de abastecimiento de agua en el sector rural es del 29% en Buenaventura.

El problema del abastecimiento de agua en este municipio, motivo de múltiples movilizaciones sociales en los últimos años, se deriva de una red de abastecimiento deficiente y obsoleta, con elevadas pérdidas a lo largo de su trazado por fugas y acometidas ilegales, y contaminación de las aguas por filtraciones de la red de alcantarillado o de la actividad minera en las fuentes de suministro.

En el último año, problemas en la red de distribución motivaron interrupciones notables en el abastecimiento, que fueron parcialmente paliadas mediante cisternas.

Actualmente se encuentra en trámite y pendiente de ejecución el Plan Maestro del

Acueducto de Buenaventura, que prevé la ejecución de 7 obras prioritarias, entre las que se contemplan obras de ampliación y estabilización de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Venecia, con la construcción de un nuevo Tanque de Almacenamiento de 8.163 m³ y la extensión de las líneas de abastecimiento de 30" y 27" hasta cuatro nuevos barrios actualmente sin cobertura.

Respecto al alcantarillado, si bien la ciudad cuenta con una cobertura de aproximadamente el 60%, el sistema de alcantarillado en algunos tramos es inoperante, ya que presenta problemas de obsolescencia en colectores y en cámaras, fallas operativas y de mantenimiento, etc. (Ávila et al., 2003).

La cobertura de los sistemas de alcantarillado en el sector rural es, sin incluir sistemas individuales, del 25,6%. El resto de localidades concentradas y dispersas (84%) tienen sistemas individuales de disposición de aguas residuales, con y sin tratamiento, con descargas directas a fuentes superficiales o a campo abierto. El 32% de los alcantarillados existentes tienen más de 25 años de haber sido construidos, el 15% se encuentran en mal estado y el 2% no está funcionando.

3.3.4 Gasoductos

La Red Nacional de Gasoductos está conformada por dos subsistemas claramente definidos por su propiedad y operación, así como su funcionamiento:

- El subsistema de la Costa Atlántica con la línea Ballena-Barranquilla-Cartagena-Cerromatoso.
- El subsistema de transporte del interior, que comprende principalmente las líneas Ballena-Barrancabermeja-Vasconia-Cali, Cusiana-Apiay-Bogotá, Cusiana-La Belleza-Vasconia-Cali, Sebastopol-Medellín, Payoa-Provincia-Bucaramanga, Estación de entrega Yumbo-Cali, Campo de producción de Hobo-Neiva, estación Cogua-Bogotá y el Gasoducto del Tolima.

El gasoducto más próximo a Buenaventura es el que une Mariquita y Cali, operado por Transportadora de Gas Internacional TGI S.A. desde agosto de 2017, con una longitud total de 760 km. La troncal del gasoducto tiene un diámetro de 20" y cuenta con 66 puntos conectados para los distribuidores locales y plantas térmicas de la zona.

Actualmente se encuentra en estudio un proyecto de conexión mediante gasoducto de Buenaventura-Yumbo, de aproximadamente 102 km de longitud, que conectaría Buenaventura con dicho gasoducto.

Figura 2. Red existente de gasoductos en Colombia



Fuente: TGI - Transportadora de Gas Internacional, 2016.

3.4 Condiciones topo-batimétricas y morfológicas

La Bahía de Buenaventura tiene una longitud de aproximadamente 21 km y

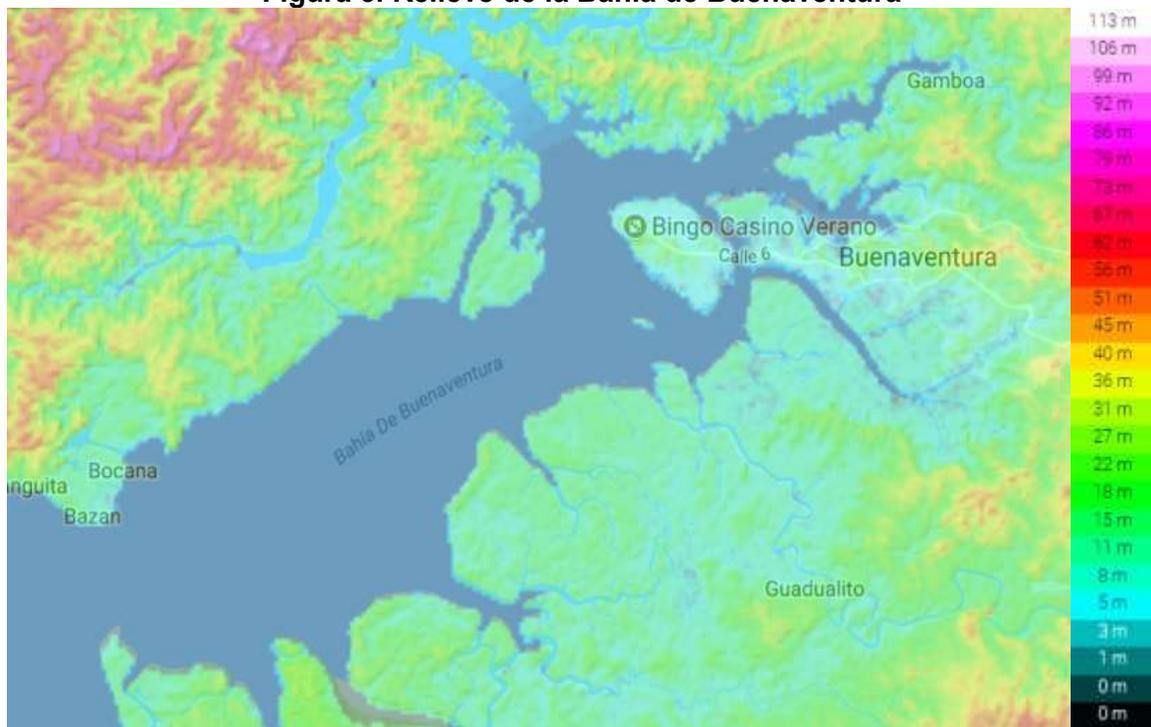
comunica con el océano Pacífico a través de la Bocana comprendida entre punta Bazán al norte y punta Soldado al sur, que están separadas entre sí por un estrecho de 1.582 m.

En el interior de la bahía se pueden encontrar numerosas ensenadas, caletas, esteros, ríos y quebradas que desembocan en la bahía, destacando la desembocadura de los ríos Dagua y Anchicayá, los cuales forman un delta y presentan amplias planicies, bajos lodosos e islas de manglar, debido a la acumulación de sedimentos.

Hacia el norte y centro de la bahía, existen varias islas e islotes, entre las que destaca la Isla de Cascajal, donde se ubica el principal desarrollo del distrito de Buenaventura y su Terminal Marítimo

El relieve en la bahía de Buenaventura es relativamente bajo, con la mayor parte de la franja litoral por debajo de los 15 m de altitud. La cota más elevada en la isla del Cascajal es del orden de 27 m, en el centro de la misma, si bien la mayor parte de las áreas litorales se ubican por debajo de los 8 m de altitud.

Figura 3. Relieve de la Bahía de Buenaventura



Fuente: <http://es-co.topographic-map.com>.

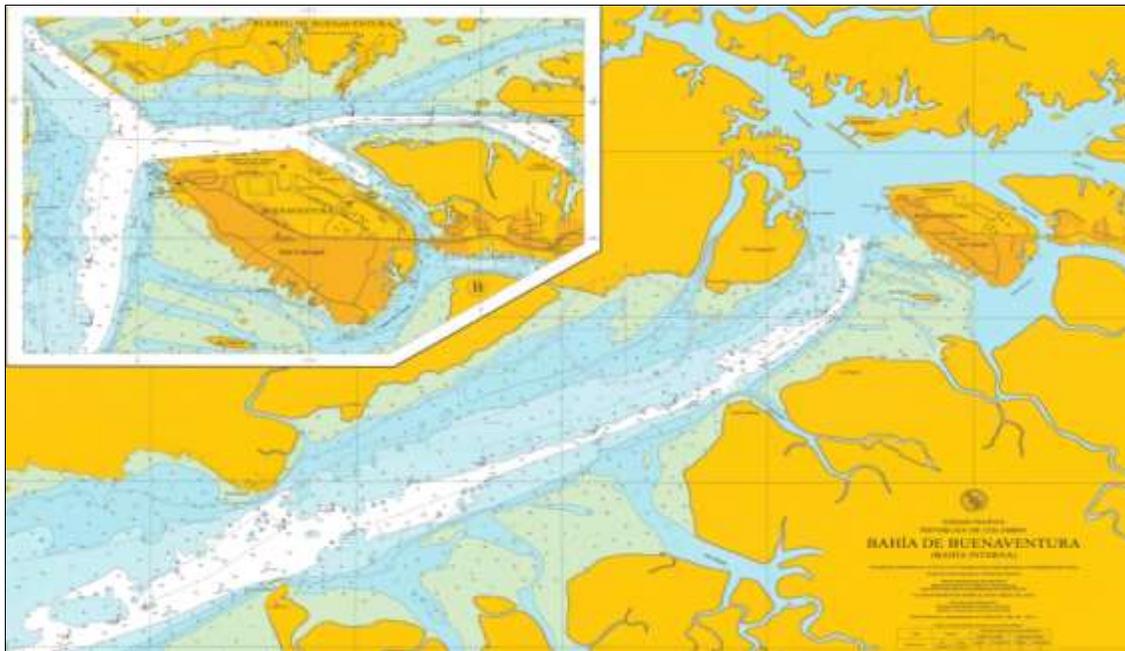
La profundidad máxima en la Bahía de Buenaventura es del orden de los 13,5 m en la entrada de la misma, estando la profundidad media entre 6 y 8 m en la mayor parte del área sumergida.

La Bahía exterior, localizada hacia el oeste de La Bocana, presenta una barrera submarina que limita la profundidad a 6 m durante las bajamares, parcialmente atravesada por el canal de navegación para el acceso a los terminales marítimos existentes en la Bahía de Buenaventura.

Dicho canal tiene una longitud de aproximadamente 31,5 Kilómetros (equivalente a 17 millas Náuticas) y una amplitud de 200 m en la parte exterior y 160 m en la parte interior. La profundidad media de este canal (referida al MLWS) es de 13,5 m en la parte exterior (De boya de mar a Punta soldado) y en la bahía interior (Boyas 23 - 24 a boya 40) la profundidad es de 12,5 m. La terminal TCBuen dispone de entre 13 y 15 m de profundidad en el atraque.

Desde el año 2010 el puerto está trabajando en el dragado y mejora del canal de acceso, con objeto de alcanzar una profundidad media de 15 metros y mejorar los tiempos de servicio. No obstante, a fecha de redacción del presente informe no existe constancia oficial (en cartas de navegación) de que dicho dragado haya sido ejecutado.

Figura 4. Vista de la batimetría en la Bahía de Buenaventura



Fuente: Carta náutica n. 155. Dimar, 2016.

3.5 Características Geológicas

3.5.1 Contexto geológico

La organización litoestratigráfica de la zona costera continental muestra el dominio de la sedimentación marina de la Llanura Costera del Pacífico del Terciario (Mioceno Superior y Plioceno), representada por rocas y formaciones geológicas de la Formación Mayorquín y por sedimentos o depósitos Cuaternarios y Recientes, marinos y continentales (depósitos marinos, aluviales, lagunares, de playas, esteros, depósitos de lodos arenosos terrígenos aportados por los ríos y la dinámica marina e intermareal, terrazas, marinas y fluviales).

Según su origen, dichas unidades se definen y se caracterizan en las categorías de:

- Formaciones sedimentarias del Neógeno – Terciario Superior, conformadas en el área de estudio por las rocas de la Formación Mayorquín (Tpm).
- Sedimentos y Depósitos del Cuaternario de Origen Marino Continental, conformados por tres unidades: Depósitos marino-costeros de playones y bancos de arena (Q2p), Depósitos no consolidados de lodos y arcillas orgánicas (Qm) y depósitos predominantemente fluviomarinos de limos, arenas finas y turba (Q2m).
- Por último se encuentran las unidades geológicas superficiales, conformadas por depósitos intermareales con rellenos heterogéneos antrópicos de basuras y escombros de antiguas zonas de bajamar (Qalr1), Rellenos técnicos de arenas y gravas para construcción de obras de infraestructura portuaria (Qalr) y suelos residuales.

A continuación se describen cada una de estas unidades.

3.5.1.1 Formaciones sedimentarias del Neógeno – Terciario Superior:

La formación Mayorquín de edad Plioceno se define como una gran cobertura sedimentaria, subhorizontal a levemente inclinada, que yace discordante sobre las formaciones infrayacentes de Istmina, Condoto, Nóvita y Conglomerados de la Mojarrá; corresponde a una secuencia marina de aguas profundas, dispuesta en la zona continental y marina, constituida en general por lodolitas de color gris azulado a oscuro, de carácter masivo, fractura concoidea con intercalaciones de litoarenitas de grano fino, las cuales presentan granos de arena gruesa a gránulos (Líticos 60%, Cuarzo 35%, Accesorios 5%) subredondeados (Aspden & Nivia, 1985).

Las capas son de espesor muy fino a medio, de geometría subtabular a lenticular de contactos ondulados netos y en donde los afloramientos aparecen continuos con

variación estratigráfica, alcanzando profundidades de 2.000 a 4.000 (ANH-2D SEISMIC, 2010).

También presenta areniscas con intercalaciones rítmicas de lutita, arcillolita, limolita, grawuacas (arenisca-arcillosa) de colores verde y azul oscuro y ocasionalmente lentes de grava (INGEOMINAS, Guevara, 2001). Según la nomenclatura de Pettijohn, corresponden a un ambiente de deposición de tipo Flysch, llamada también facies arcillosa, debido al predominio de estratos limolíticos y arcillolíticos. De otro lado, por sedimentos marinos y continentales de facies marginales, provenientes de una plataforma amplia, en donde la acumulación del material más fino se dio por procesos de decantación de sedimentos transportados en suspensión y acumulados lejos del nivel de acción de las olas, hasta ambientes subaéreos litorales, cuya determinación paleontológica de muestras recolectadas indica una edad del Plioceno (INVEMAR, 2006).

Por otra parte, en profundidad se presentan nódulos del mismo material, endurecido, y concreciones oxidadas, de tamaño variable con pocos centímetros hasta 25 cm, aproximadamente. La estratificación es plana, paralela y continua; el tamaño de grano varía de arena media a arcilla, siendo común la presencia de bioturbación y fósiles marinos y en ocasiones con “horizontes delgados y nódulos calcáreos”, así como por la presencia de concreciones calcáreas y de óxidos de hierro, con nódulos calcáreos entre las capas limolíticas y arcillolíticas.

Esta unidad se presenta expuesta en la parte norte y oriental de la Bahía de Buenaventura, en la subzona terrestre-costera o franja de tierra adentro, donde nacen los esteros Gamboa, San Antonio y Aguacate; también se sitúa parte de la comuna 5 y el Puerto de TCBuen, a lo largo de la Avenida Simón Bolívar y en la parte media de la Isla de Cascajal del distrito, dando lugar en general a un conjunto colinas bajas de topografía suave alineadas en dirección noreste.

En el resto del área, la subzona de bajamar o franja de transición, comprendida entre la línea de Marea Baja Promedio de Bajamar (LMBP) y la Línea de Marea Alta Promedio (LMAP), ésta aparece por debajo de las formaciones cuaternarias y de geología superficial (capas de lodos seguidas de un estrato de suelos de origen fluvial, de composición errática y formado principalmente por limos y arcillas mezcladas con arenas y gravas meteorizadas, desde profundidades de 0,2 y 0,4 metros (Hidrocaribe, 2014).

Toda la formación aparece con un horizonte de suelo residual de composición arcillosa y limo arcillosa, de color rojo, con espesores entre 1 y 5,0 m, como resultado de su exposición a las condiciones bioclimáticas históricas y actuales, aunque se presentan diferencias regionales (Construir Ingeniería S.A.S., 2014).

En el sector de la península, Puerto de Agua Dulce y Base Naval, los afloramientos

de arcillolitas presentan altos contenidos de limos, en capas delgadas, de color gris y amarillo, con óxidos de hierro, intercaladas con delgados y escasos niveles de areniscas de grano muy fino, dando lugar a rocas duras en condiciones secas y plásticas en condiciones de humedad (Moffatt & Nichol, 2008).

En el extremo occidental del canal del acceso, hacia bahía Málaga, la litología de la formación Mayorquín muestra la presencia de intercalaciones de litoarenitas arcillosas y arcillolitas, con cantos, restos de conchas, bivalvos y gasterópodos (ANH-2D SEISMIC, 2010).

3.5.1.2 Sedimentos y Depósitos del Cuaternario de Origen Marino Continental

Dentro de esta unidad se definen tres grupos:

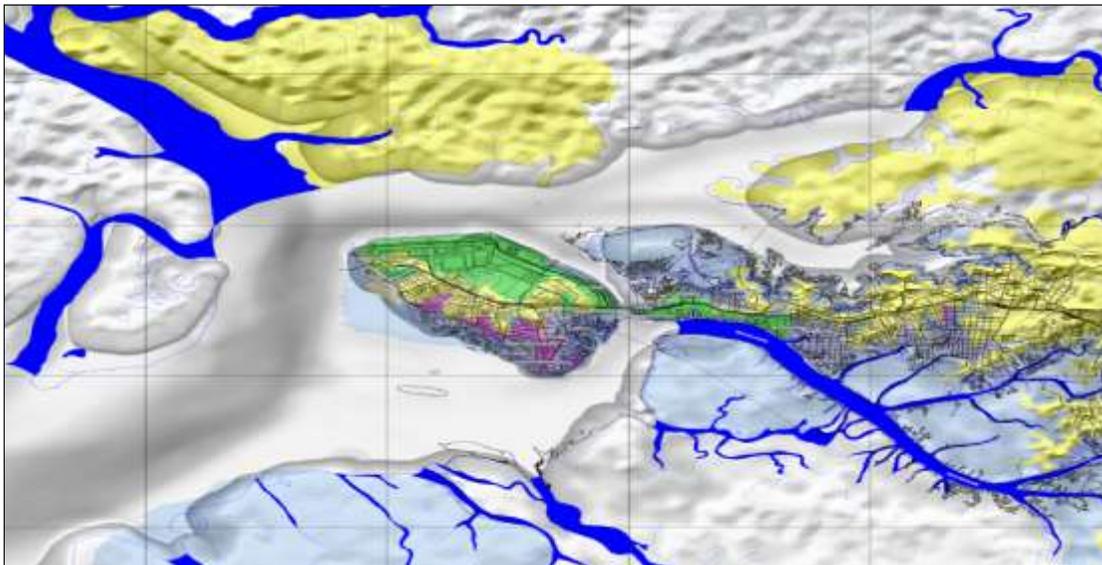
- Los depósitos marino-costeros de playones y bancos de arena (Q2p) de origen marino costero, dispuestos a lo largo de la línea de costa, al interior de la bahía, sector norte y sur y ejes de principales de los ríos que drenan sus aguas a la misma. Conforman barreras de sedimentos distribuidas a lo largo de la línea de costa, donde se forman igualmente bancos de arena o bajos de depósitos de ríos costeros con influencia marina y coluvio aluvial (dominio de arenas finas a gruesas, limos, lodos).
- Los Depósitos no consolidados de lodos y arcillas orgánicas (Qm), sometidos a la fluctuación de las mareas en áreas de manglares. Se trata de acumulaciones de lodo y arcillas orgánicas muy blandas, con abundante materia orgánica, muy pobremente drenados y que permanecen inundados la mayor parte del tiempo en función de los altos y bajos de los niveles de marea. En la boca de cursos de aguas y esteros se presentan en superficie sedimentos arenosos, y al profundizarse se presenta mayor fracción lodosa, correspondiendo a bajos de lodos arenosos en donde se incrementa el contenido de materia orgánica presente en los depósitos inconsolidados, afectados a diario por acción de las mareas y el oleaje (Posada et al. 2009).
- Depósitos predominantemente fluvio-marinos de limos, arenas finas y turba (Q2m), son materiales no consolidados sujetos al flujo mareal con dominio de limos, arenas finas, lodos y arcillas; abundante presencia de material orgánico de color gris oscuro con trazas café (turba) y fragmentos de madera. Están presentes y conforman los fondos de los esteros Aguacate, Gamboa, San Antonio, El Piñal, donde las intensidades de las corrientes de la bahía interna (residuales) y la variación de la profundidad de la misma, determinan variaciones en la dinámica y composición en profundidad de los sedimentos, permaneciendo el dominio de limos con materia orgánica y en menor proporción arenas finas (Hidrocaribe, 2014).

3.5.2 Unidades geológicas superficiales

De conformidad con la clasificación y cartografía de las formaciones geológicas superficiales y de los rellenos artificiales elaborada por OSSO-CVC (2008) y con base en la clasificación de Hermelín (1987) y de su verificación en recorridos en campo, se definen en el área de influencia diferentes tipos de depósitos y rellenos antrópicos de antiguas zonas de bajamar, las cuales tienen importancia para el desarrollo ingenieril del proyecto, asociados al desarrollo habitacional y portuario de la bahía y sector urbano, con características y propiedades geomecánicas variables (véase Figura 5):

- Lodos en zonas de manglar y de bajamar, de entre 2 y 8 m de espesor bajo el nivel de mareas mínimas, bajo los cuales se encuentran limolitas de la Formación Mayorquín. Esta formación aparece en prácticamente toda la margen sudeste de la bahía.
- Depósitos intermareales con rellenos heterogéneos antrópicos de basuras y escombros de antiguas zonas de bajamar (Qalr1), representados por depósitos de rellenos de basuras, gravas, madera, aserrín dispuestos en los barrios de la comuna 5 de Buenaventura para urbanización informal; alrededor de la Avenida Simón Bolívar entre los esteros San Antonio y el Piñal; también en caladeros del estero Aguacate (barrios Punta del Este, Santa Cruz, La Inmaculada, La Palera, San Antonio) y sur de la Isla Cascajal, predominantemente. Estos rellenos fueron realizados por las comunidades y el municipio, para ganar terrenos al mar y permitir un uso urbanístico en áreas de antiguo pantano o manglar. Actualmente estas zonas acogen edificaciones palafíticas, sobre pilotes de mangle y concreto.

Figura 5. Formaciones geológicas superficiales en la Bahía de Buenaventura



-  Áreas de bajamar y manglares con construcciones palafíticas. Bajo el nivel de las mareas mínimas hay entre 2 y 8 metros de lodos y bajo ellos limolitas meteorizadas de la Formación Mayorquín sobre limolitas duras de la misma Formación. En algunos sitios, hacia el centro de los esteros y de la Bahía de Buenaventura, las rocas más densas (Limolitas), se encuentran hasta 19 metros debajo del nivel medio del mar.
-  Rellenos de lodos contenidos por muros en concreto en el parque Néstor Urbano Tenorio. Actualmente en ampliación en zona de bajamar al extremo occidental de la isla Cascajal.
-  Rellenos heterogéneos comunitarios. Conformados por basuras, escombros y ocasionalmente capas de gravas que suprayacen lodos de formaciones intermareales y del fondo de los esteros. Fueron desarrollados por las comunidades y el Municipio, para ganar terrenos al mar y para construir calles en las zonas de antiguos pantanos o manglares. Las construcciones en todas estas zonas han sido piloteadas con mangle, ocasionalmente con pilotes y zapatas de concreto.
-  Rellenos técnicos de gravas en antiguos manglares y zonas de bajamar donde los lodos fueron reemplazados por gravas y/o alta densidad de pilotes para obras portuarias y edificaciones de importancia.
-  Suelos generados por acumulación de tierras desprendidas de las porciones más empinadas de la Formación Mayorquín, espesor desconocido, probablemente de pocos metros.
-  Suelos de arcillas plásticas de baja capacidad portante, entre un metro de espesor al oriente de la ciudad y hasta cinco metros de espesor al occidente. Colores blanco amarillento a pardo grisáceos, bajo los cuales hay rocas (limolitas grises) progresivamente más duras, hasta donde usualmente se hincan pilotes para construcciones. Las limolitas están dispuestas en capas horizontales en toda el área cubierta por el mapa.

Fuente: OSSO-CVC, 2008.

- Rellenos técnicos de arenas y gravas para construcción de obras de infraestructura portuaria (Qalr), los cuales corresponden a depósitos de materiales homogéneos de relleno ingenieril donde los lodos de las formaciones intermareales preexistentes han sido reemplazados. Se disponen en el área portuaria de la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura y TC Buen.
- Rellenos de lodos contenidos por muros de concreto, localizados en el parque Néstor Urbano Tenorio (zona occidental de la isla del Cascajal), actualmente en ampliación.
- Suelos residuales, dispuestos sobre la formación Mayorquín. Corresponden a arcillas y limos blandos derivados de la descomposición (meteorización) por acción del agua de las limolitas grises de la Formación Mayorquín, con espesores probablemente del orden de pocos metros.
- Suelos de arcillas plásticas de baja capacidad portante, de entre 1 y 5 m de espesor (creciente hacia la zona occidental de la ciudad de Buenaventura, situadas sobre la formación Mayorquín. Aparecen principalmente en el Margen norte de la Bahía, y presumiblemente continúan por la orilla noroccidental hasta la desembocadura.

3.5.3 Perfil Estratigráfico

En superficie, según los resultados de las perforaciones para el diseño de obras en Puerto Solo (Consortio P.I.O. S.A.S., 2014), Puertos de TCBuen (CIC, 2012), Agua Dulce y Sociedad Portuaria de los últimos años, las secuencias litoestratigráficas

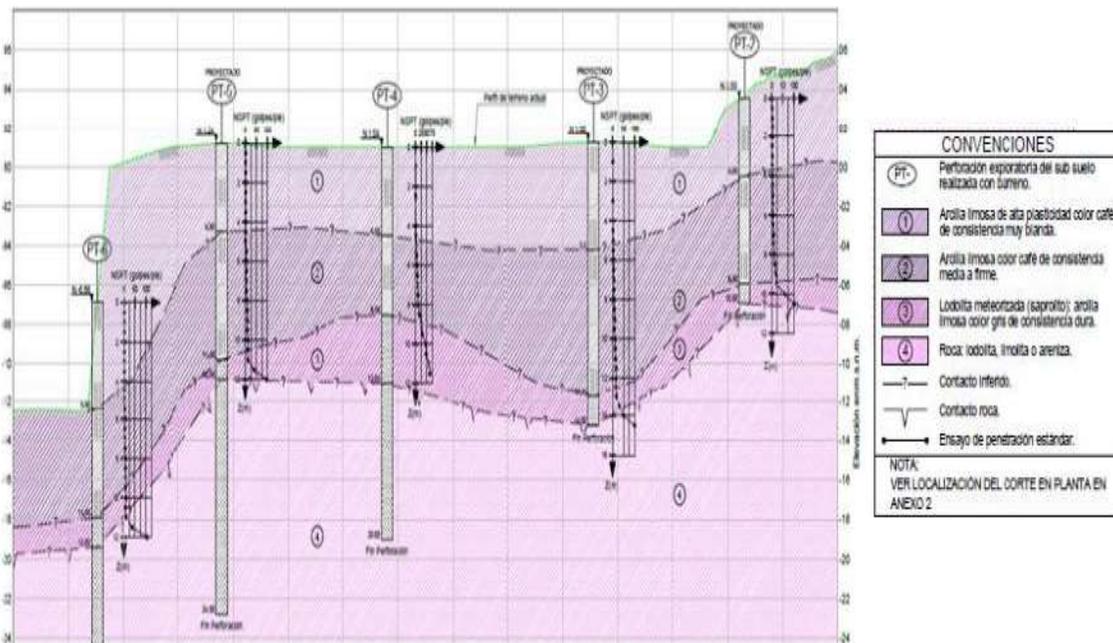
de la bahía interna y del canal de acceso son variables principalmente en profundidad, pero en general muestran gran homogeneidad en la secuencia litológica y sus características.

En el canal de Acceso, Estero Aguacate, al oriente de TCBuen se presenta la siguiente secuencia:

- Un Estrato A, que alcanza una profundidad de 9 metros con dominio de limos, y abundante materia orgánica (turba) y en menor proporción arenas finas.
- El Estrato B, que alcanza una profundidad muy variable, entre los 2 a 4 y 9 a 15 metros de profundidad, se caracteriza por el dominio de limos, arcillas y en menor proporción arenas finas meteorizadas, como producto de las corrientes submarinas que actúan sobre la roca sedimentaria sobre el fondo marino.
- El Estrato C, de Lodolitas o Limolitas, se presenta en profundidades entre 4 a 7 y 9 a 18 metros, donde se presenta un suelo blando cohesivo, que según la clasificación unificada de suelos (USC) es un suelo de tipo limo (MH) y arcilla limosa (CH-MH).

En la Figura 6, se presenta un ejemplo de la secuencia N-S obtenida en la desembocadura del Estero Aguacate, a la altura de isla Leoncico:

Figura 6. Secuencias marinas entre los 0 y 32m, obtenidas al norte de la Isla Leoncico



Fuente: Hidrocaribe, 2014.

3.5.4 Sedimentología

El fondo de la Bahía de Buenaventura está constituida por depósitos de sedimentos de origen continental principalmente. En los estudios consultados, se deduce que las arenas muy finas observadas en el análisis granulométrico son aportadas posiblemente por la desembocadura del río Dagua, puesto que en toda la zona aledaña a esta desembocadura se encuentran porcentajes elevados de arena y algunos limos. Esta composición predomina a todo lo largo del perímetro de la Isla Cascajal y del estero San Antonio. En el estero Aguacate también se observa abundancia de arenas mezcladas con limos que predominan hacia el interior del estero.

En la zona más interna de la bahía (norte de la isla Cascajal) predomina el material fino, formado principalmente por limos (material que pasa a través del tamiz de 63 μm) y arenas finas en el rango de 125 y 250 μm .

3.6 Clima Marítimo

3.6.1 Nivel del Mar

3.6.1.1 Mareas

Las mareas en Buenaventura son de tipo semidiurno, presentando dos pleamares y dos bajamares en un mismo día, con un periodo aproximado de 12 horas y 25 minutos.

La amplitud media de la marea en la zona de la terminal es del orden de 3,1 m, con variaciones de entre 1,3 m en periodos de mareas muertas y hasta 5,4 m en periodos de mareas vivas.

Cabe destacar que la propagación de la onda de marea en el interior de la bahía produce una amplificación de la misma por efecto de la fricción con los contornos, por lo que la amplitud de marea en la boca de la bahía es del orden de un 10%-15% menor que la registrada en el mareógrafo del puerto. Además, este efecto no lineal en la propagación de la onda de marea produce un desfase entre pleamares de entre 20 y 30 min entre la boca de la bahía y el puerto (Otero, 2004).

De acuerdo con el último Pronóstico de Pleamares y Bajamares en la Costa Pacífica Colombiana para el año 2017 (IDEAM, 2016), obtenido mediante el análisis de la serie registrada en el periodo 1952-2010 por el mareógrafo del Puerto de Buenaventura, se tienen los siguientes niveles de marea promedio:

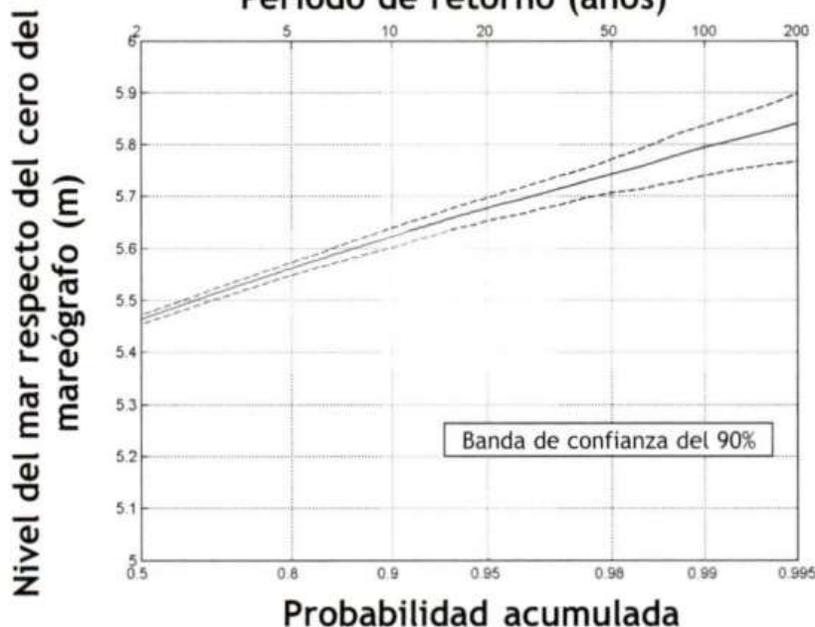
Tabla 10. Valores promedio de los niveles de marea en Buenaventura

NIVEL DE MAREA		COTA RESPECTO AL CERO HIDROGRÁFICO (m)
Pleamar Máxima registrada	PM	5,04
Pleamar Media Sicigias	MHHW	4,00
Nivel de Pleamar Media	MHW	3,67
Pleamar Media Cuadratura	MLHW	3,10
Nivel Medio del Mar	MSL	2,13
Bajamar Media Sicigias	MHLW	0,90
Nivel de Bajamar Media	MLW	0,50
Bajamar Media Cuadratura	MLLW	0,00
Bajamar Mínima registrada	BM	-0,79
Amplitud Media de la Marea	Mn	3,08

Fuente: IDEAM, 2016. DIMAR, 2016.

El nivel del mar en la bahía de Buenaventura, en un instante dado, está determinado por la marea astronómica y la marea meteorológica debidas, principalmente, a presión y viento. A partir del análisis de los datos registrados por el mareógrafo de Buenaventura en el periodo 1953-2000, se dispone del régimen extremal de nivel del mar en el interior de la bahía, que se muestra en la figura siguiente.

Figura 7. Régimen medio de nivel del mar en el Puerto de Buenaventura
Período de retorno (años)



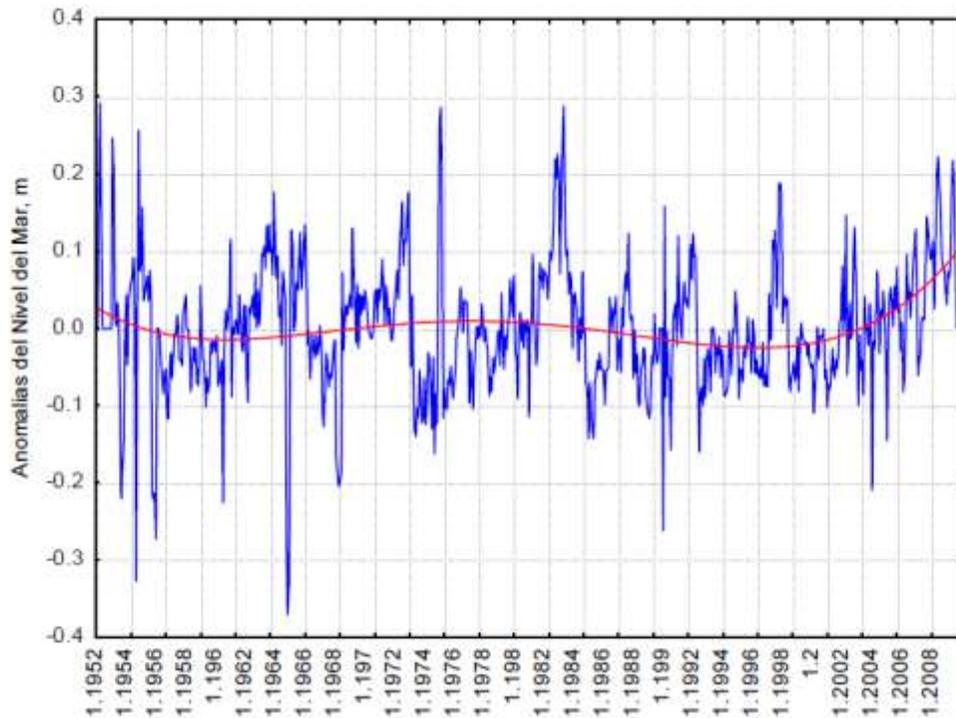
Fuente: Otero (2004).

Este régimen muestra que el nivel máximo de nivel del mar (considerando únicamente el efecto de marea astronómica y meteorológica) para un periodo de retorno de 100 años es del orden de 5,8 m.

3.6.1.2 Elevación del Nivel del Mar como consecuencia del Cambio Climático

El análisis de los datos de nivel medio del mar en el mareógrafo del Puerto de Buenaventura, desde el año 1952, revelan la existencia de variaciones cíclicas de este nivel, con una periodicidad aproximada del orden de 18 años (véase Figura 8). La tendencia general en el puerto de Buenaventura de acuerdo con las observaciones del IDEAM (Málikov, 2010) en los últimos 57 años es de carácter ascendente con una tasa de 0,31 mm/año.

Figura 8. Cambios periódicos del nivel en el puerto de Buenaventura

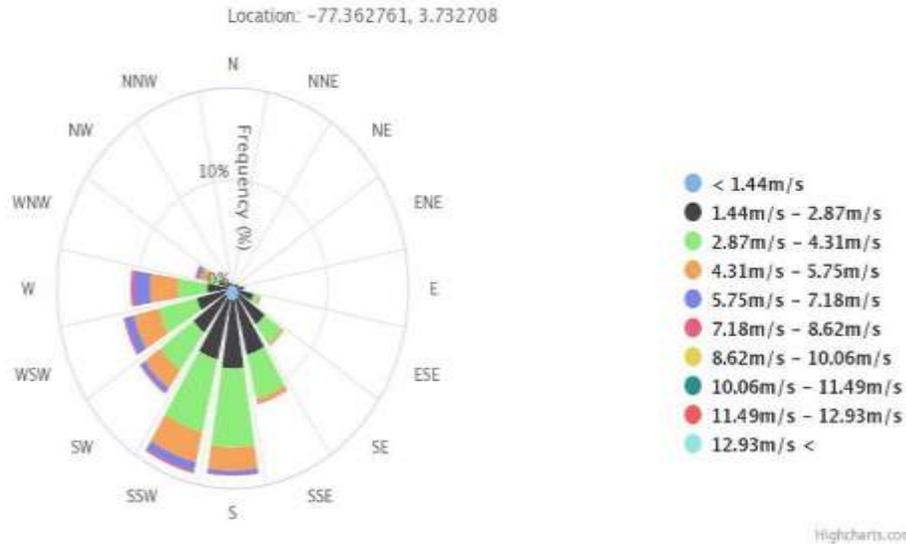


Fuente: Málikov, IDEAM (2010).

3.6.2 Vientos

El viento en mar abierto es de componente S-SW, con una velocidad media del orden de los 3 m/s y valores máximos que no superan los 13 m/s.

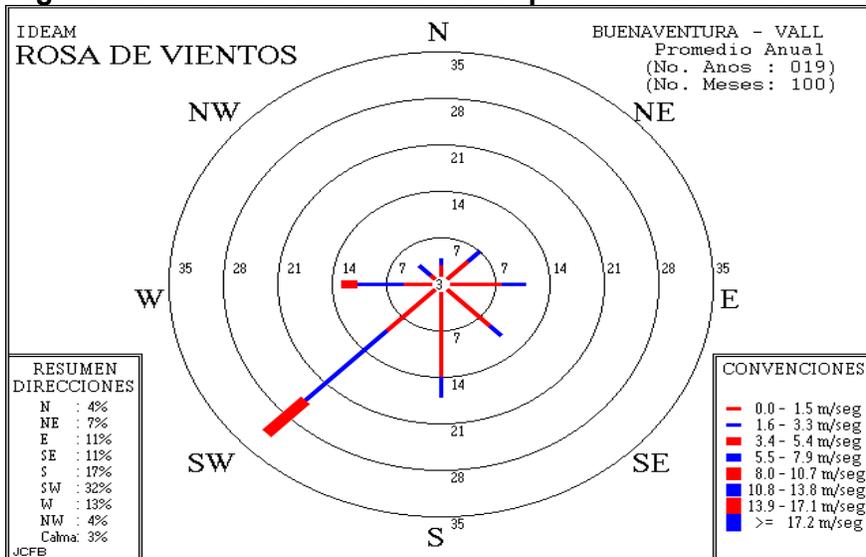
Figura 9. Rosa de vientos en aguas profundas, frente a la Bahía de Buenaventura
Global, Wind Parameters at 10m, Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), NCEP NOAA



Fuente: NCEP NOAA a través de DHI (<https://waterdata.dhigroup.com/metocean-on-demand/>)

De acuerdo con el registro de vientos de la estación meteorológica del Aeropuerto de Buenaventura, las direcciones más frecuentes de ocurrencia del viento en la Bahía de Buenaventura son del sudoeste y sur, con frecuencias de presentación del 32% y 17% respectivamente. La dirección predominante, Sudeste, está alineada con el canal de entrada a la Bahía de Buenaventura.

Figura 10. Rosa de vientos en el Aeropuerto de Buenaventura.

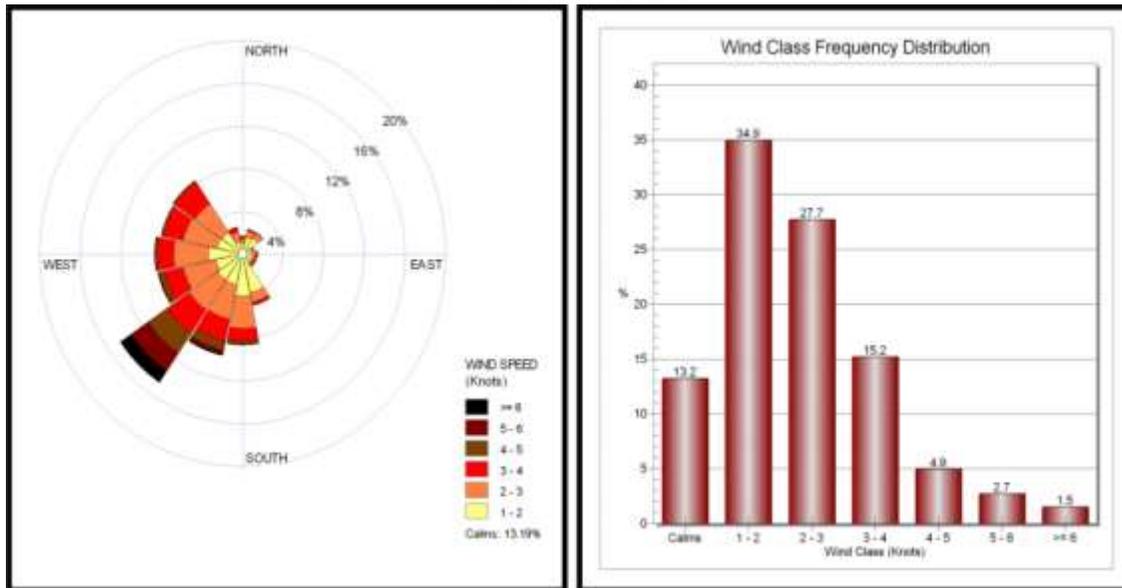


Fuente: IDEAM.

En el área portuaria de Buenaventura predominan las mismas direcciones de vientos, con ligeras variaciones en las frecuencias de presentación. En la Figura 11 se puede observar que el 70% de los vientos soplan desde el tercer cuadrante, con clara tendencia al suroeste.

El porcentaje de calmas es del orden del 13,2%, y el 95,9% del tiempo la velocidad del viento es inferior a 5 nudos (aproximadamente 2,6 m/s), lo que representa un régimen de viento de baja energía en la Bahía.

Figura 11. Rosa de vientos en la estación meteorológica del puerto de Buenaventura

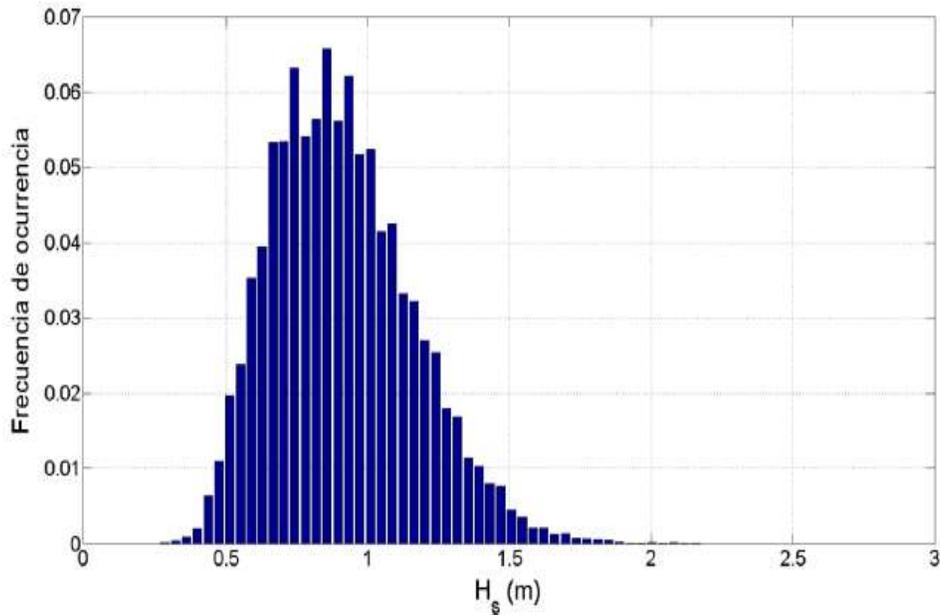


Fuente: Guerrero et al. (2011).

3.6.3 Oleaje

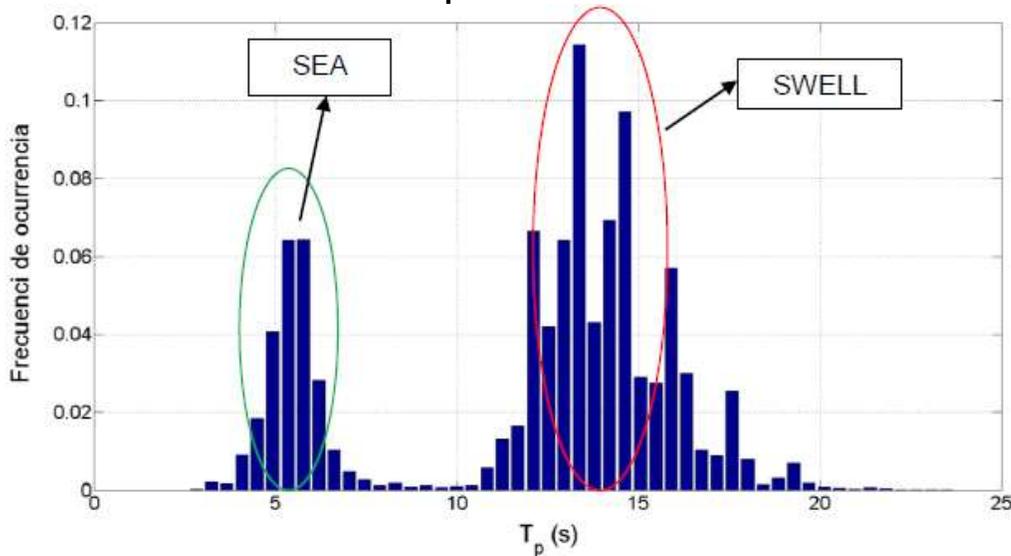
El oleaje en aguas profundas frente a la bahía de Buenaventura es de componente SW a WSW, caracterizado por alturas de ola reducidas con un promedio de altura de ola significativa del orden de 0,91 m y un espectro de frecuencias claramente bimodal, que permite diferenciar dos tipos de oleaje: un oleaje de generación local o tipo Sea, con periodos entre 5 y 8 s y otro oleaje de fondo o tipo Swell, generado y propagado desde el Pacífico Sur, con periodos entre 12 y 17 s.

Figura 12. Histograma de frecuencias para la altura de ola significativa en aguas profundas



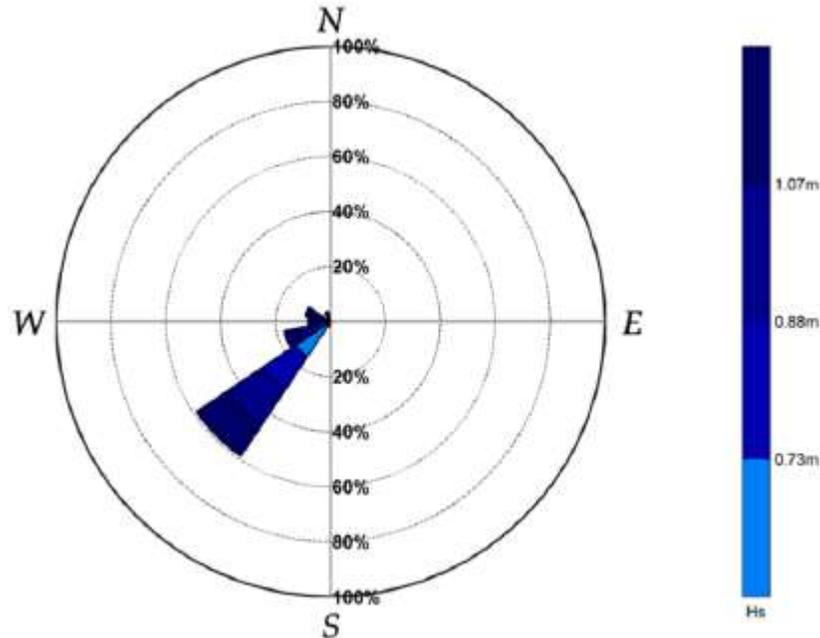
Fuente: Aqua & Terra, 2017.

Figura 13. Histograma de frecuencias para el período de pico oleaje en aguas profundas



Fuente: Aqua & Terra, 2017.

Figura 14. Rosa de oleaje en aguas profundas



Fuente: Aqua&Terra (2017).

El régimen medio de altura de ola significativa en profundidades indefinidas, obtenido a partir de una serie de 24 años de datos de retroanálisis, calibrados con la boya de oleaje de Buenaventura por Aqua&Terra (2017) presenta los valores de referencia mostrados en la Tabla 11. Como puede observarse, sólo el 1 % del oleaje registrado en aguas profundas supera los 1,6 m, lo que indica un régimen de oleaje muy poco energético.

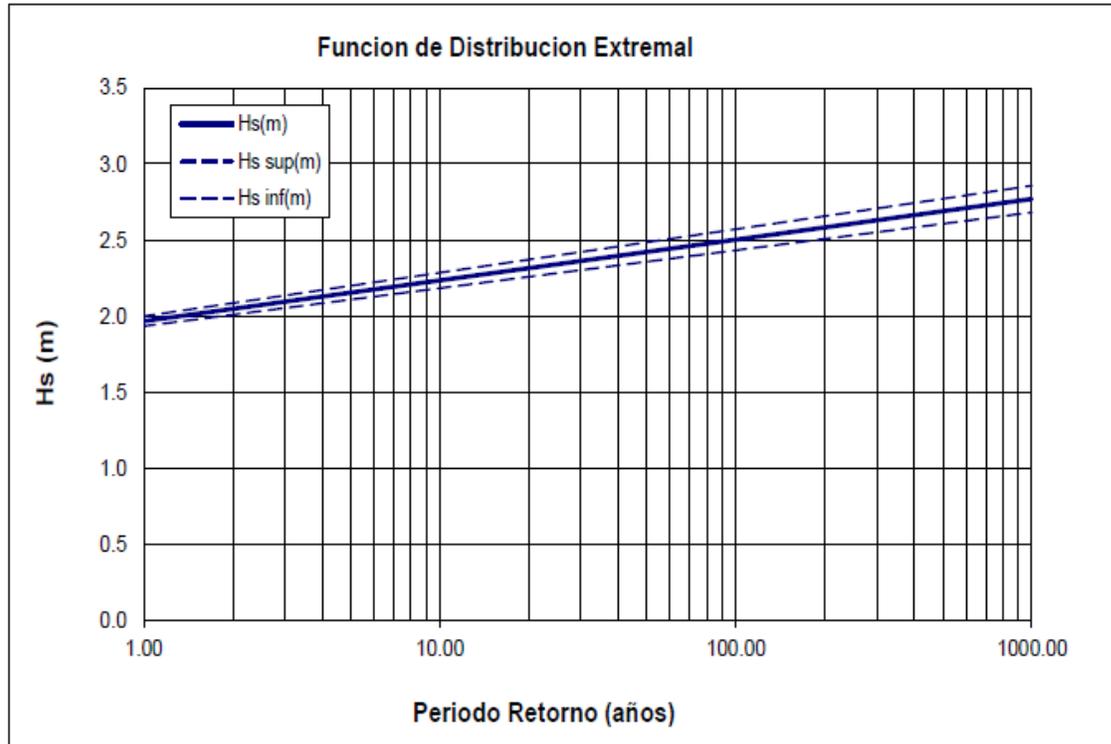
Tabla 11. Valores de régimen medio de altura de ola significativa en aguas profundas frente a la bahía de buenaventura

DIRECCION	PROB. SECTOR	Hs50%	Hs90%	Hs95%	Hs99%
ESCALAR		0,88	1,24	1,35	1,57
S	0,0%	1,19	1,39	1,47	1,5
SSW	2,0%	0,76	1,09	1,21	1,43
SW	58,7%	0,88	1,23	1,34	1,56
WSW	17,3%	0,93	1,31	1,42	1,62
W	8,1%	0,88	1,27	1,37	1,57
WNW	9,5%	0,86	1,17	1,26	1,46
NW	0,4%	0,79	1,12	1,2	1,32
NNW	3,9%	0,9	1,23	1,32	1,58

Fuente: Aqua&Terra, 2017.

El régimen extremal de oleaje en aguas profundas queda representado por el ajuste a la función Gumbel de los temporales extremos del registro, seleccionados mediante el método POT (Aqua & Terra, 2017):

Figura 15. Ajuste de valores extremos de Hs en profundidades indefinidas a la función Gumbel

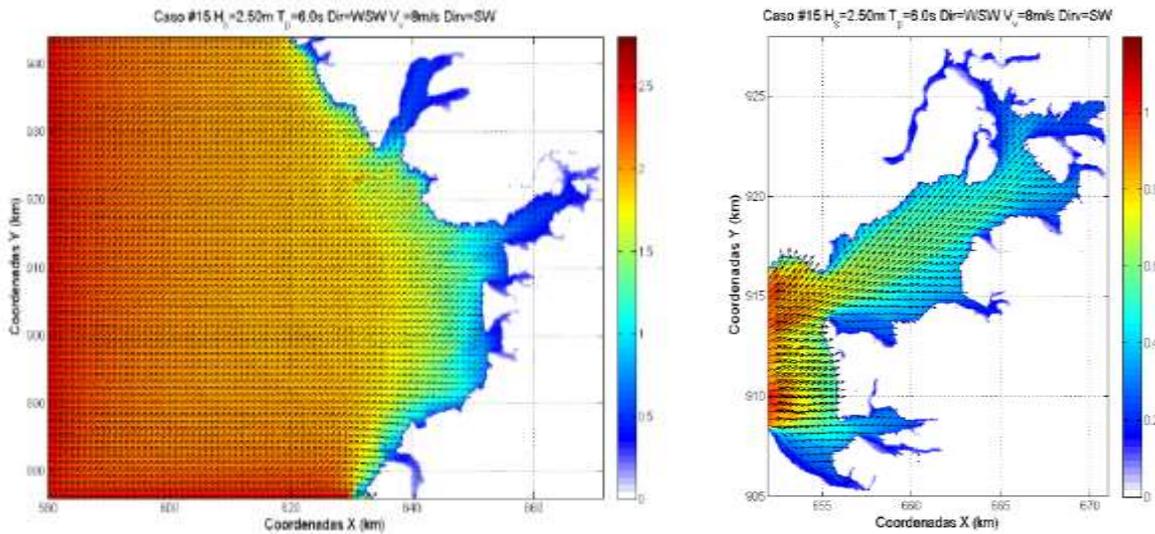


Fuente: Aqua & Terra (2017).

Como puede observarse, el valor de Hs para un periodo de retorno de 100 años es del orden de 2,50 m.

Para evaluar el grado de agitación por oleaje en el interior de la Bahía de Buenaventura, Aqua & Terra (2017) realizó un conjunto de simulaciones numéricas de propagación de oleaje, combinado altura de ola significativa, periodo y dirección para los estados de mar más representativos del régimen medio y extremal de oleaje.

Figura 16. Resultados gráficos de la propagación de un oleaje con un período de retorno de 100 años en el caso más desfavorable



Fuente: Aqua & Terra (2017).

Del trabajo realizado se deduce que el oleaje con mayor penetración en la Bahía de Buenaventura es el procedente del sector WSW (alineado con el eje de la bahía). La influencia del periodo de pico en la propagación únicamente es relevante para alturas de ola correspondientes a periodos de retorno altos (alturas de ola superiores a 2 m en aguas profundas), donde se observa que los oleajes de periodo largo (swell) sufren más atenuación que los de periodo corto (sea). La siguiente tabla muestra los valores orientativos de agitación y atenuación del oleaje para los casos más desfavorables:

Tabla 12. Resultados de los escenarios más desfavorables de propagación de oleaje al interior de la Bahía de Buenaventura

	Escenario	Hs12, WNW, Sea	Hs12, WNW, Swell	Hs100 años, WNW, Sea	Hs100 años, WNW, Swell
Aguas Profundas	Hs (m)	1,83	1,83	2,50	2,50
	Tp (s)	6,0	14,0	6,0	14,0
Bocana de la Bahía	Hs (m)	0,8	0,8	1,2	1,5
	% Atenuación	56,3%	56,3%	52,0%	40,0%
Norte de la Isla Cascajal	Hs (m)	0,4	0,4	0,5	0,2
	% Atenuación	78,1%	78,1%	80,0%	92,0%

Fuente: Aqua & Terra (2017).

Estos resultados indican que, para un periodo de retorno de 100 años, la agitación

interior por oleaje no excederá los 0,5 m en la zona más interior de la Bahía, incrementándose progresivamente hasta un máximo de 1,2 m en la bocana de la misma.

Asimismo, estas simulaciones se repitieron considerando el efecto de un dragado mayor en el canal de navegación, observando que las variaciones en la altura de ola significativa propagada en la zona de profundización del canal eran inferiores a 0,15 m.

3.6.4 Corrientes

La hidrodinámica de la bahía de Buenaventura está gobernada principalmente por la propagación de la onda de marea. En el interior de la bahía no se producen apenas corrientes generadas por los oleajes, dado que su energía en el fondo de la bahía es casi nula (valores de velocidad inferiores a 0,1 m/s). Estas corrientes únicamente aparecen en el litoral exterior de Isla Soldado, donde alcanzan velocidades máximas de 0,40 m/s (Aqua & Terra, 2017).

De acuerdo algunas mediciones realizadas de corrientes de marea en el canal interior de acceso al Puerto de Buenaventura y Terminal TCBuen (Consultores Ambientales LTDA., 2009), se han detectado velocidades máximas de 0,62 m/s en el cruce entre el estero Gamboa, Aguacate y el Piñal, asociadas al vaciado de los tres esteros con mareas vivas. Este valor se reduce a 0,44 m/s y 0,40 m/s en la zona del canal de acceso y el inicio del área de reviro, respectivamente.

Los valores máximos de corriente se producen durante la vaciante en el estrecho de la bocana de la bahía (Osorio et al. 2016), que son del orden de 0,8 m/s. Según Otero (2004), los valores de corriente de marea en el interior de la bahía oscilan entre 0,05 (en su extremo más interior) y 0,52 m/s en la entrada a la misma, obtenidos mediante modelado numérico de la onda de marea. Se presenta por tanto una importante atenuación de la velocidad de la corriente hacia el interior de la bahía.

Estas velocidades de corriente se reducen del orden de un 40% para las mareas medias (entre 0,25 y 0,35 m/s) y en algo más de la mitad para las mareas muertas (entre 0,15 y 0,30 m/s).

3.6.5 Aporte fluvial

La red hidrográfica en la zona de estudio pertenece a la cuenca de la Bahía de Buenaventura, cuya área abarca el 5,78 % del total municipal. El caudal de aguas continentales que se vierte a la Bahía de Buenaventura está determinado principalmente por las descargas de los ríos Dagua y Anchicayá y las quebradas Pichidó, San Joaquín, Aguadulce, Gamboa y San Antonio.

Los aportes de los ríos principales, el Dagua y el Anchicayá, se caracterizan por unos caudales medios de 66 y 98 m³/s, respectivamente.

Tabla 13. Datos hidrológicos en la Bahía de Buenaventura

RIOS y ESTEROS	CAUDALES (m ³ /s)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Río Dagua	55,8	66,1	89,4
Río Anchicaya – brazo principal	48,8	98,9	604,5
Río Anchicaya – Brazo Seco	26,2	53,2	325,5
Río Anchicaya – Brazo Humané	15,0	30,0	60,0
Estero Aguadulce	40,0	80,0	160,0
Estero Gamboa	15,0	30,0	60,0
Estero Aguacate	5,0	10,0	20,0
Estero San Antonio	10,0	20,0	40,0
Estero Hondo	5,0	10,0	20,0
Estero Limones	15,0	30,0	60,0
Estero Fabián	10,0	20,0	40,0

Fuente Universidad del Valle (1991).

3.7 Meteorología

3.7.1 Huracanes

La cuenca del Pacífico colombiano se encuentra influenciada por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que corresponde a una región de bajas presiones atmosféricas, donde convergen los vientos alisios tropicales del sudeste y del noreste. Estas masas de aire con diferencias térmicas y gradientes de humedad ascienden en forma de una banda nubosa por procesos de convección, caracterizando esta zona por vientos variables y débiles (zona de calmas ecuatoriales) y por una alta pluviosidad (Aqua & Terra, 2017).

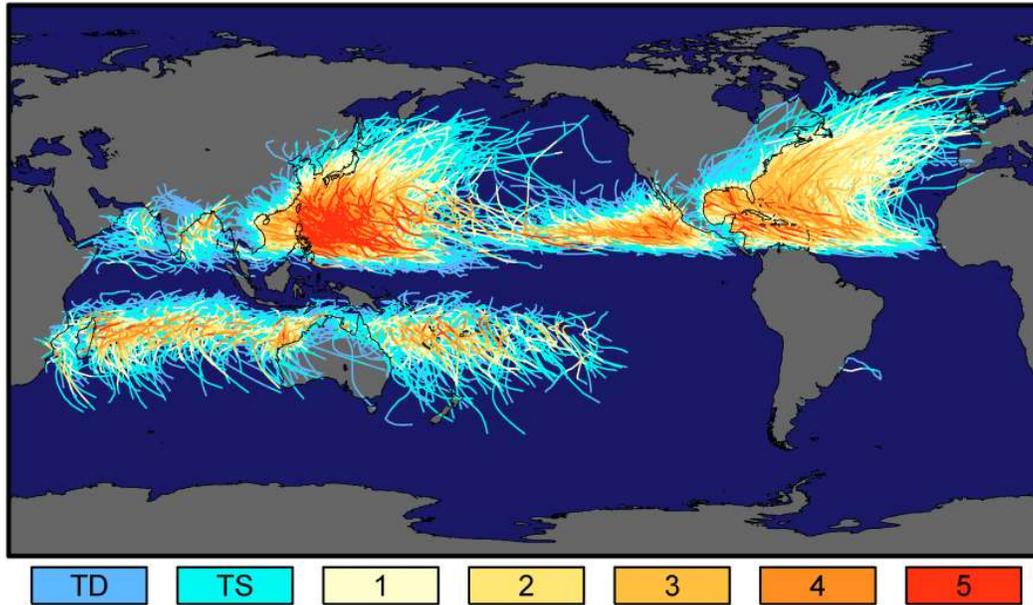
Además, las costas del Pacífico Colombiano no presentan antecedentes del desarrollo de eventos asociados a ciclones tropicales, como se puede apreciar en el mapa mostrado en la Figura 17, pues no reúnen las condiciones necesarias para la generación de este tipo de fenómenos, dado que:

- En primer lugar las temperaturas de la superficie marina no son lo suficientemente elevadas como para promover una evaporación masiva que dé inicio a la inestabilidad (generalmente estos fenómenos están limitados a aguas con temperaturas superiores a los 26.5°C en una capa de al menos 50 m de profundidad).
- Por otro lado, la cercanía de la región del Pacífico Colombiano al Ecuador

no suministra la suficiente fuerza de Coriolis que permita la formación y mantenimiento de una rotación de gran escala en el viento superficial. Por esta razón, no se producen huracanes en latitudes inferiores a 4-5° al norte o sur del Ecuador.

Por esta razón, la presencia de huracanes en la zona de estudio no es factible, y no es necesario considerar estos fenómenos como factores de diseño.

Figura 17. Trayectorias e intensidad de todos los ciclones tropicales registrados en los últimos 150 años



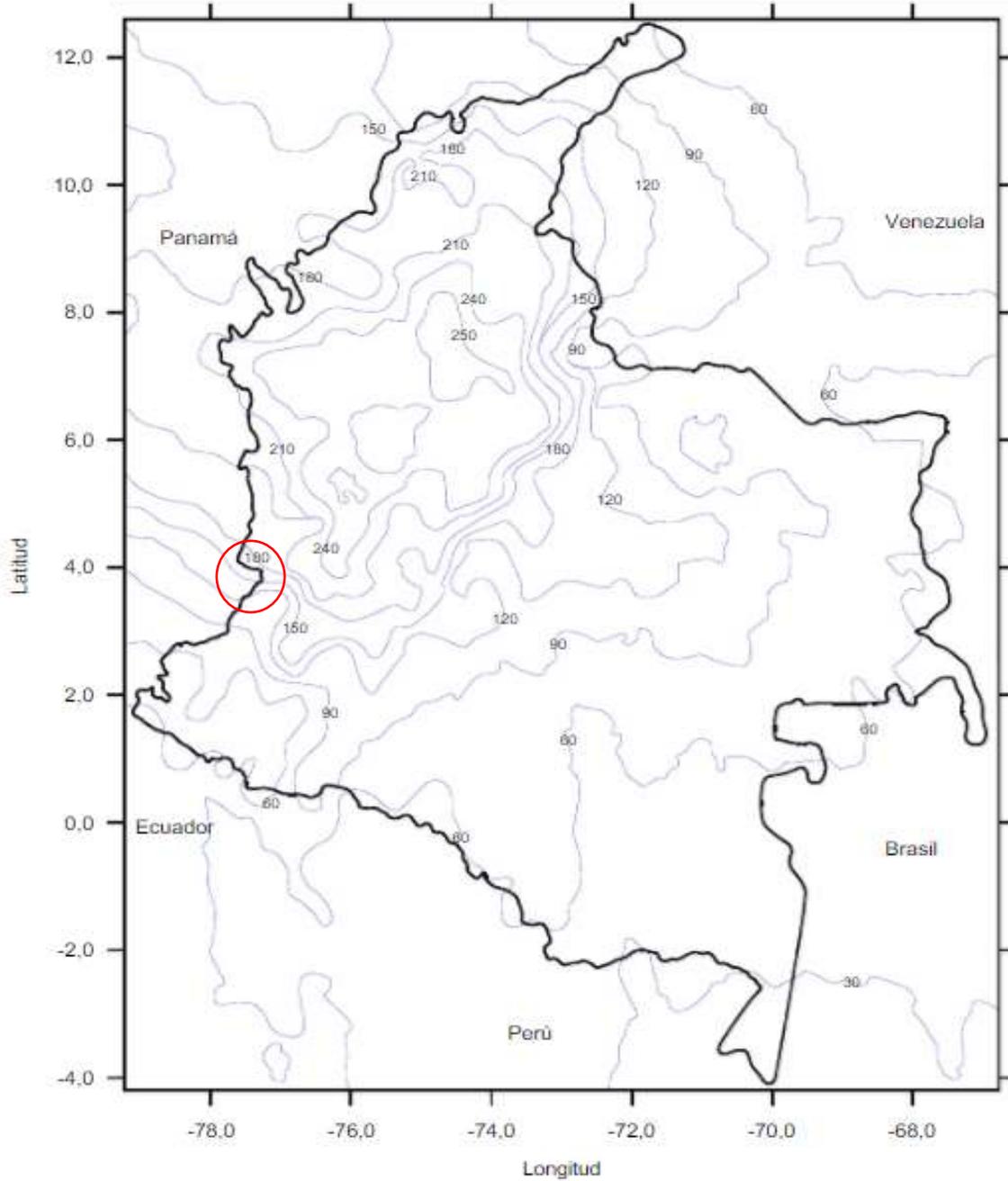
Saffir-Simpson Hurricane Intensity Scale

Fuente: NASA.

3.7.2 Descargas atmosféricas

De acuerdo al mapa isocerámico de Colombia, elaborado por el HIMAT e incluido en la NTC 4552-1, en donde se encuentra el número de descargas atmosféricas (rayos) que se presentan en una zona por año, se tiene que la población de Buenaventura está en un rango de 150 días de tormenta eléctrica anuales, lo cual indica que la probabilidad en de este evento en la zona es alta.

Figura 18. Mapa de ISO-Niveles cerámicos para Colombia (Área de 30 Km x 30 Km)



Fuente: NTC 4552-1.

3.8 Sismicidad

3.8.1 Fuentes sísmicas

Según el régimen sismotectónico de la región en que se ubica la Bahía de Buenaventura, se presentan las siguientes fuentes de sismicidad:

- La Zona de subducción, frente al litoral, es la interface de convergencia y fricción entre la placa de Nazca (oceánica) y la continental. Las zonas de subducción son, a escala global, el tipo de fuente sísmica de mayor actividad y amenaza, en términos de las magnitudes máximas y períodos de recurrencia. Los sismos de 1906 y 1979 fueron los más grandes en Colombia durante el período de registro instrumental, ocurrieron en la zona asociada al proceso de subducción.
- La zona de Wadati-Benioff, asociado al fallamiento activo, por la presencia de una serie de fallas inversas y de rumbo a lo largo de la zona de contacto entre las placas oceánica y continental, conocida como “zona de Benioff”, producto de esfuerzos de tensión – compresión y cambios de fase bajo presión dentro de la placa oceánica que se sumerge en el manto terrestre y esto posibilita la generación de numerosos sismos. A este tipo de fuente está asociada a escala global la sismicidad de focos intermedios y profundos. El sismo fuerte más reciente ocurrió en febrero de 1995 (Calima-Darién). Históricamente ha sido la fuente de la mayoría de los terremotos con intensidades intermedias en el área. Para esta fuente se ha estimado que los sismos con magnitud 7,5 tendrán un período de recurrencia promedio de 16 años. Los principales sismos asociados corresponden a los de 1962:07:30, 1979:11:23 y 1995:02:08, con magnitudes entre 6,4 y 7 y profundidades del orden de 70 a 120 km.

Como consecuencia de la transmisión de esfuerzos y deformaciones al interior de las placas, a partir de las fuentes primarias, en los límites de placa (zona de subducción para este caso), resulta un sistema de fallas superficiales longitudinales y transversales, siendo los sistemas Cauca-Romeral, los de mayor expresión y que afectan el occidente colombiano.

Entre los sistemas de fallas presentes en las cercanías del área de influencia se presentan los siguientes sistemas:

- Falla Garrapatas, Dagua- Calima y Cauca-Almaguer: Delimitan y ponen en contacto el dominio litológico costero continental y basamento oceánico occidental con el sector cordillerano andino centro-oriental de dominio volcano-sedimentario y las cuales presentaron un movimiento sinextral y dextral, como resultado de una compresión NW-SE durante la orogenia

andina, asociadas al Sistema Romeral. Estructuralmente, en la zona sedimentaria terciaria del área de estudio, se definen numerosos pliegues de poca flexibilidad (INGEOMINAS, 1988).

La Falla Garrapatas, presenta un rumbo general NE y según Paris et al. (2000) es una falla inversa y secundaria normal. Según Montoya (2003) indica que esta falla se sitúa entre los departamentos del Valle y Chocó, con una dirección N 60 – 70 E, que controla el curso del Río Garrapatas. Junto con las fallas de Buenaventura y Naya – Micay, delimitan el paleoalto fisiográfico de Buenaventura a escala regional.

- Falla Naya-Micay: Se sitúa al suroccidente de la Bahía, discurre en dirección SW-NE e intersecta con la Falla de Buenaventura en los alrededores de la zona del canal de acceso. Bordea la zona del litoral y junto con la Falla Buenaventura, parecen ser las responsables del hundimiento del bloque sur de la Bahía de Buenaventura y el oeste de la costa pacífica.
- Falla de Buenaventura: Presenta dirección general SW-NE, su traza es inferida según el mapa geológico de INGEOMINAS (1998) y referenciada por el POT de Buenaventura (2001). Se presenta en la zona central de la bahía, alcanzando el acceso al estero Gamboa. En el sector que rodea el área de influencia, se puede observar un levantamiento del bloque norte con relación al bloque sur, lo que corresponde a la zona del canal de Buenaventura que, al menos parcialmente, comprende una depresión topográfica causada por esta falla. Esta falla se considera como la responsable de las anomalías geomorfológicas que se presentan en la zona e inclinación tectónica de la bahía.

Las fallas Naya Micay y Buenaventura no presentan expresión superficial, y su conocimiento es aún bajo, aunque a partir de las investigaciones sísmicas realizadas en la plataforma continental, indican que las rocas terciarias más antiguas están afectadas por movimientos tectónicos fuertes, caracterizados por movimientos diapíricos y tectónica de bloques. Esta tectónica de bloques ha dado como resultado la formación de fallas inversas de ángulo bajo, con inclinaciones hacia el Este, que han afectado rocas cretáceas del basamento y rocas del Terciario temprano (Moffatt & Nichol, 2008).

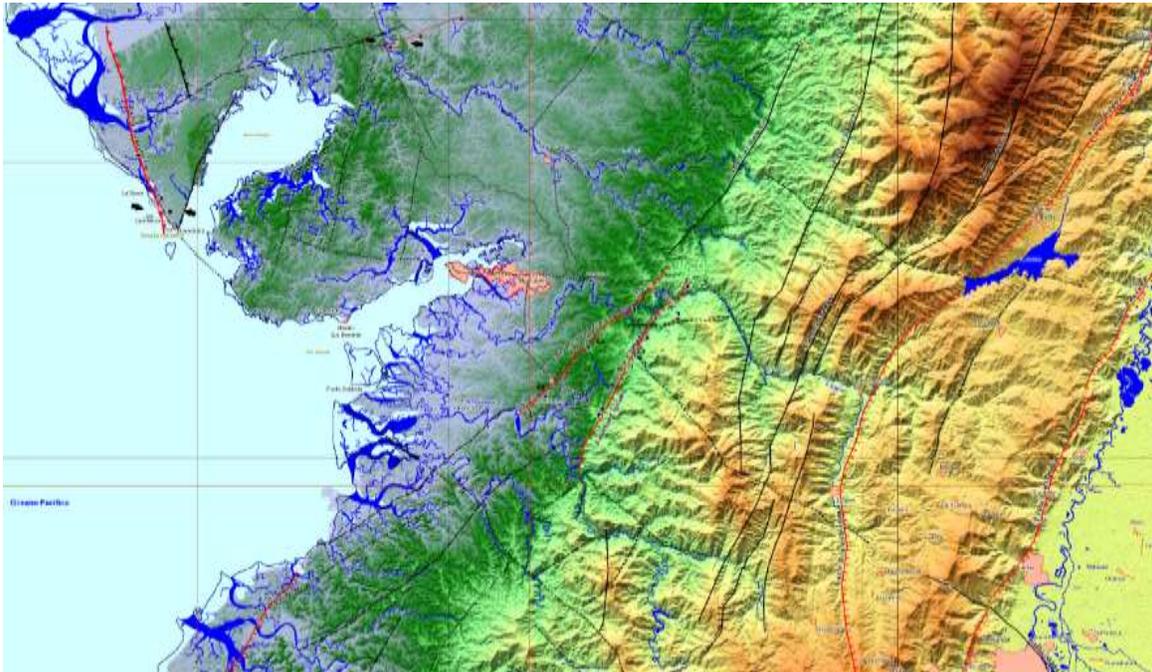
Se les atribuye igualmente las variaciones y diferencias marcadas que geológica y geomorfológicamente presentan los sectores que están al norte y sur de la bahía.

Frente a la proximidad y afectación que podría tener la falla de Buenaventura a la zona del proyecto portuario, puede decirse que ésta es una falla cuya traza y posición estratigráfica no ha sido identificada y correlacionada con las formaciones terciarias y cretácicas, integrando las facies sedimentarias superiores; además de no presentar antecedentes históricos ni recientes de afectación regional en la Bahía

interna.

A partir de las exploraciones sísmicas y de la evaluación de los perfiles estratigráficos realizadas por Consorcio P.I.O S.A.S. (2014), se deduce que la probabilidad de activación y afectación de la falla, estaría asociado a la actividad tectónica y zona de subducción que se encuentra a todo lo largo de la costa pacífica colombiana, con efectos en la actividad sísmica que puede favorecer el transporte de sedimentos a la zona litoral.

Figura 19. Fallas activas y probablemente activas en las proximidades de Buenaventura



Fuente: OSSO-CVC, 2008.

En el radio de 50 km adoptado para evaluar fuentes cercanas (con mayor potencial de daños), se encontraron fallas activas como Las Bombas y San Cipriano, a unos 15 y 20 km al este de la ciudad, respectivamente, con magnitudes de momento máximas probables del orden de 6,7, periodos de retorno entre 500 y 7.000 años y tasas de movimiento de moderada a media-alta, entre 1,0 y 5,0 mm/año (OSSO-CVC, 2008). A estas fallas, y a la falla Cisneros, parece asociarse actividad sísmica instrumental registrada por la RedSW. Otras, como la falla Garrapatas, no muestran actividad sísmica reciente asociada (véase Figura 19).

3.8.2 Sismos históricos

La Red Sismológica Nacional de Colombia ha llevado un registro de los eventos sísmicos y sus epicentros para el área de estudio. Se puede observar que la zona

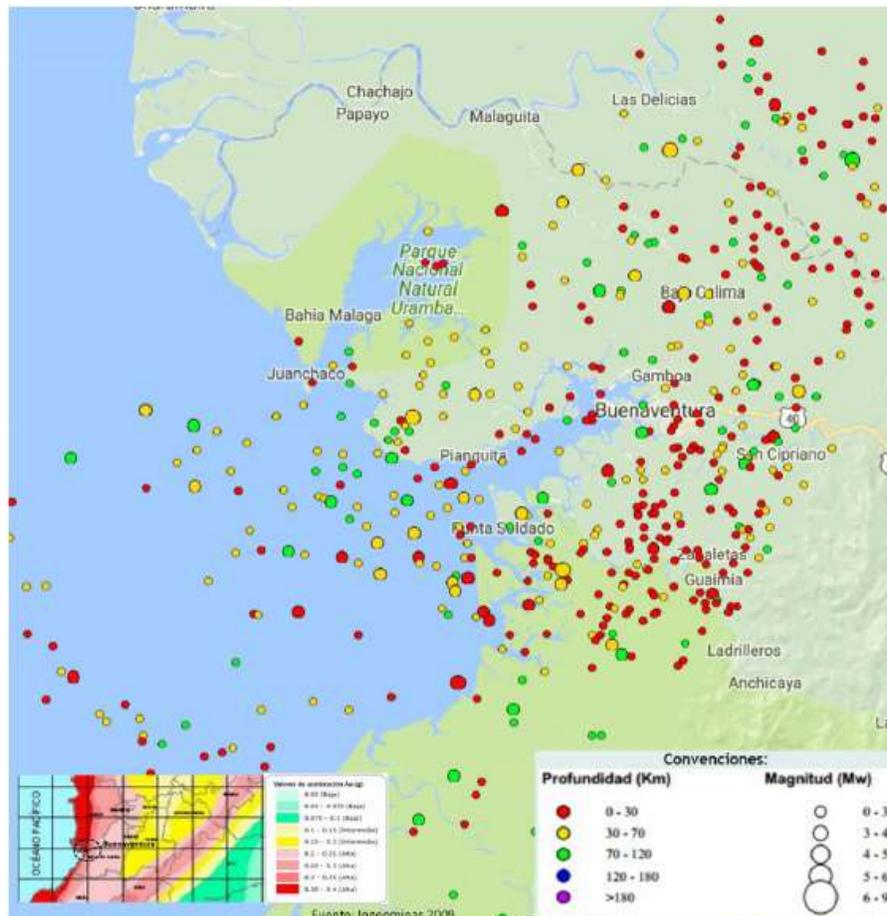
ha tenido una gran recurrencia de actividad y eventos sísmicos, los cuales son principalmente someros y con magnitudes de entre 4-6 en la escala de Richter en el área cercana a Buenaventura, en donde se desarrollaría el proyecto (véase Figura 20).

Asimismo, según el Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO), que junto con el Servicio Geológico Colombiano participa en el monitoreo de la amenaza sísmica y actividad microsísmica en el occidente del país, han determinado que "el segmento del Cauca constituye probablemente la fuente sismogénica de más destrucción en el país".

La magnitud última posible para los sismos originados allí, puede ser del orden de 8,6 en la escala Ms. No se ha establecido el límite superior de la magnitud de referencia en este segmento; no obstante, algunas consideraciones de orden físico y geométrico sugieren a los autores a presumir que este segmento es el más activo pudiendo generar los sismos de mayor magnitud para los sismos con foco más superficial, de profundidad que varía entre los 30 y 40 km. Se localizan predominantemente en la zona oceánica, entre las longitudes 78° y 79° W, aumentando en profundidad a medida que se avanza hacia al este de esta zona.

Los eventos mayores que han afectado en un grado mayor a Colombia en este siglo se originaron en el tramo que va desde Esmeraldas (Ecuador), hasta Buenaventura. Entre los eventos sísmicos más importantes se encuentran los del 31 de enero de 1906 de magnitud 8,7; el del 19 de enero de 1958 de 7,8 y el del 12 de diciembre de 1979 de 7,9 de magnitud. Por la localización del epicentro de las fuentes de estos sismos, dichos terremotos generaron oleajes con alturas considerables que afectaron los sectores bajos de la costa, el tsunami de 1906 afectó el área de cabo Manglares y Bocas de Micay. El terremoto de 1979 produjo hundimientos de 30 a 160 cm en zonas aledañas a la costa, y levantamientos en el borde de la plataforma continental.

Figura 20. Sismos registrados en el sector de Buenaventura entre los años 1993 y 2017



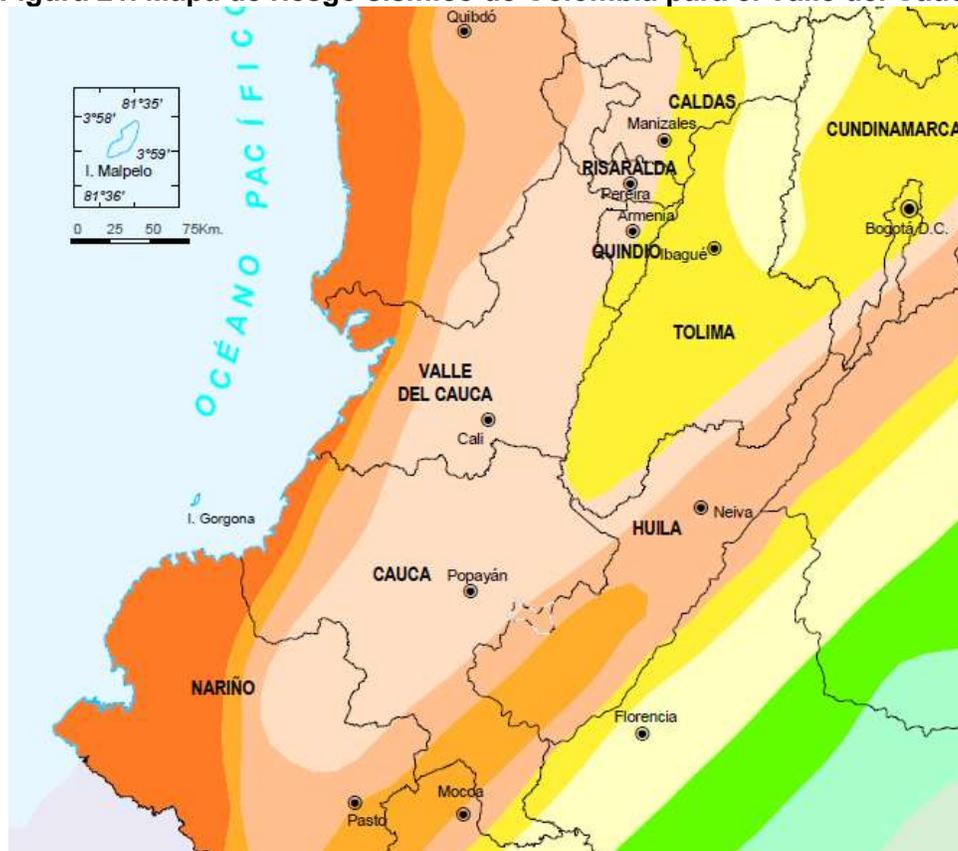
Fuente: Aqua&Terra (2017), tomado de Ingeominas.

3.8.3 Amenaza sísmica

De acuerdo con los estudios de amenaza sísmica, Colombia se ha dividido en tres niveles de amenaza: alta, intermedia y baja. Esta categorización de la amenaza tienen en cuenta la ubicación de las zonas de convergencia de las placas tectónicas y de las fallas activas, los sismos ocurridos de cualquier magnitud, ya sea medidos por las redes sismológicas o caracterizados por reportes históricos.

En el caso de la Bahía de Buenaventura, de acuerdo con el Mapa de riesgo sísmico de Colombia (ver Figura 21), corresponde el nivel de amenaza sísmica máximo, con aceleraciones de pico efectivas (Aa) del orden de 0,4g.

Figura 21. Mapa de riesgo sísmico de Colombia para el Valle del Cauca



ACELERACIÓN A_a (g)	GRADO DE AMENAZA	CARACTERÍSTICAS
0,01 0,05 0,075 0,10	Baja	Aquellas regiones cuyo sismo de diseño no excede una aceleración pico efectiva (A_a) de 0,10g. Aproximadamente el 55% del territorio colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza.
0,15 0,20 0,25	Media	Áreas de amenaza intermedia por sismicidad con presencia y afectación de fallas geológicas activas, pueden presentarse altas magnitudes de sismos con deslizamientos inducidos.
0,30 0,35 0,4	Alta	Áreas muy cerca a fuentes sismogénicas, en el Andén Pacífico con amenaza Alta por ocurrencia de magnitudes altas de aceleración y efectos de daños pueden dar lugar a maremotos y tsunamis.

Fuente: SIG-OT (facilitado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2012)

3.9 Tsunamis

Suramérica es una de las regiones con mayor actividad tsunamigénica del mundo, con un total de 102 tsunamis registrados en el periodo 1901-2000. Con base en los registros del Historical Tsunami Database (HTDB), Guziakov (2005) calculó un coeficiente de eficiencia para tsunamis de 84% para Suramérica, obtenido como la relación entre el número total de tsunamis y el número total de sismos costeros y submarinos de magnitud $M_s \geq 7.0$ y profundidad $h < 100$ km ocurridos en una región específica durante los últimos 100 años. Este elevado coeficiente indica que las costas occidentales de Suramérica constituyen una de las regiones más vulnerables de todo el océano Pacífico a la ocurrencia de tsunamis generados por eventos sísmicos.

El Bloque Norte de los Andes es una región de intensa actividad tectónica, en particular la franja sísmica ubicada frente al litoral pacífico sur de Colombia y norte de Ecuador (Gutscher et al., 1999). Durante el siglo pasado se presentaron cuatro grandes terremotos con $M_w > 7,7$ en esta zona (el mayor de ellos con $M_w > 8,7$ en 1906), que originaron tsunamis que devastaron la región costera del litoral pacífico colombo-ecuadoriano, causando graves daños y pérdidas de vidas humanas. El evento de 1979 (con $M_s > 7,7$), fue uno de los que mayor afectación tuvo en la zona de interés, generando importantes daños en la vecina bahía de Tumaco (Nariño).

Dado el elevado potencial sísmico de la región donde se ubica Buenaventura y su cercanía a las zonas de subducción de la placa de Nazca bajo la placa de Suramérica, la Bahía de Buenaventura es susceptible de sufrir los efectos de un potencial tsunami.

Para evaluar el riesgo de inundación y daños por tsunami, diversos autores han realizado estudios mediante el modelado hidrodinámico de a onda de tsunami aproximándose a la bahía. En la Tabla 14 se resumen los escenarios analizados por cada autor, capaces de generar un tsunami más extremo en la Bahía de Buenaventura (considerando el epicentro más desfavorable y la máxima magnitud simulada, así como su coincidencia con marea alta), y los resultados obtenidos:

Tabla 14. Síntesis de los valores máximos de altura de onda y tiempo de arribo del tsunami para los estudios realizados mediante modelos numéricos en la Bahía de Buenaventura

Autores	Sismo precursor	Altura de ola máxima (m)	Tiempo de arribo (min)
Caballero y Ortiz (2003)	$M_w = 8,2$ localizado a 10 km de profundidad, con epicentro en $3,5^\circ N$ y $78,8^\circ W$ (ep.n°3)	4,8 (Bocana) 3,5 (SW Isla Cascajal) 2,5 (N Isla Cascajal)	80 - 90
Restrepo y Otero (2007)	$M_w = 8,6$, con epicentro a $3,65^\circ N$ y $78,15^\circ W$ (ep.n°8)	6,3 (Bocana) 5,3 (Delta Dagua)	50 - 75

Autores	Sismo precursor	Altura de ola máxima (m)	Tiempo de arribo (min)
		6,2 (SW Isla Cascajal) 5,2-6,0 (N Isla Cascajal)	

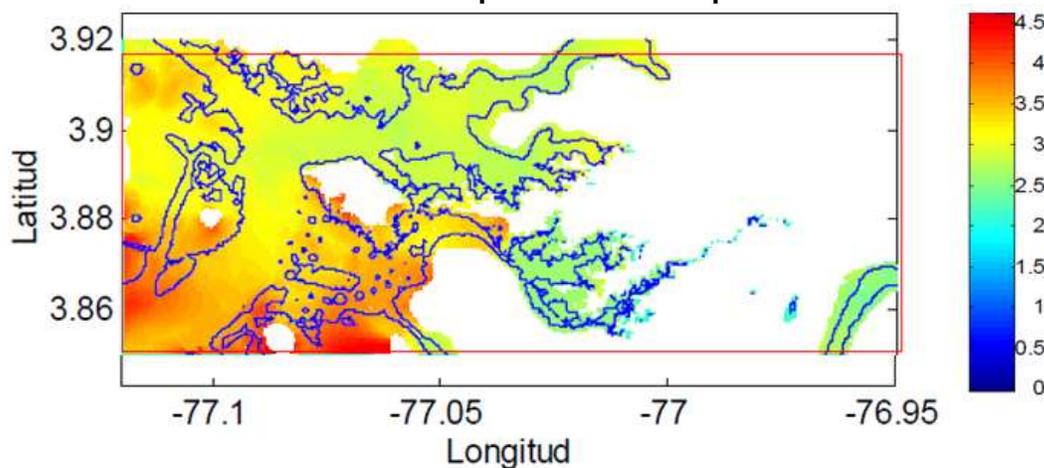
Fuente: Caballero y Ortiz, 2003. Restrepo y Otero, 2007.

Figura 22. Localización de epicentros de sismos tsunamigénicos modelados por los distintos autores respecto a la Bahía de Buenaventura.



Fuente: Caballero y Ortiz, 2003. Restrepo y Otero, 2007.

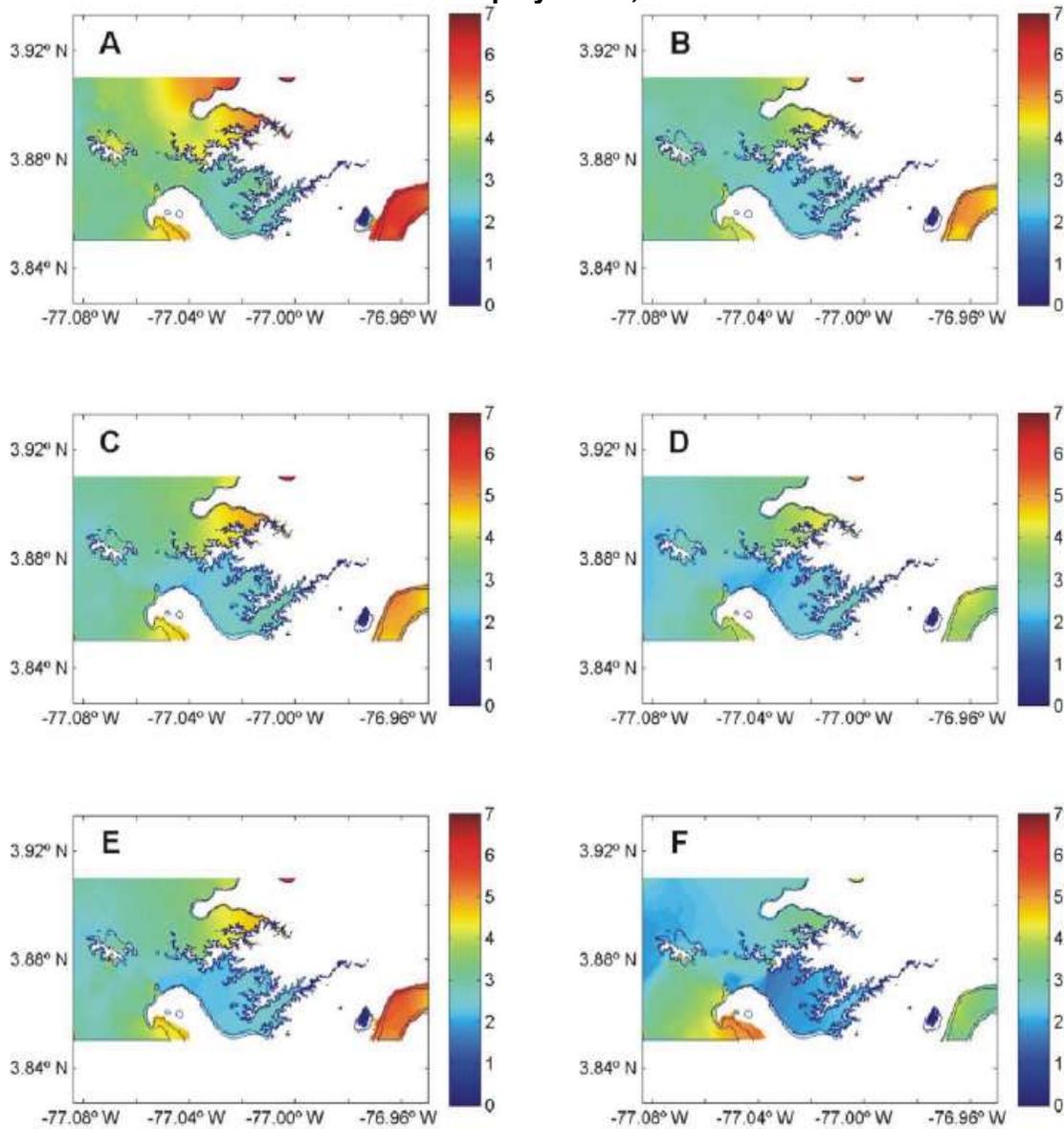
Figura 23. Mapa de inundación para un evento con origen en 78.8W 3.5N, magnitud 8.2 y con un nivel de marea alto. Las áreas blancas representan las zonas que permanecen secas y los colores indican, según la escala adjunta, la altura máxima de ola encontrada para todo el tiempo simulado.

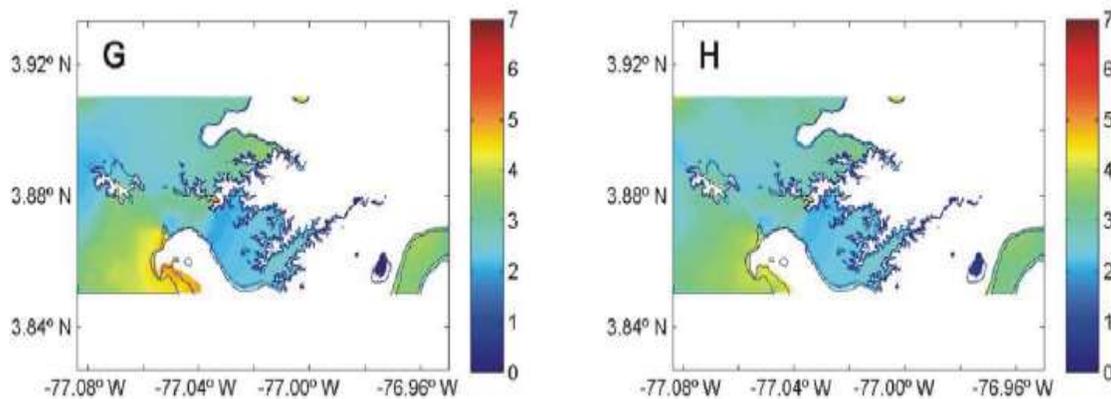


Fuente: Caballero & Ortiz, 2003

Ambos estudios concluyen además que una gran parte de la energía es disipada en la entrada del canal, debido a la fricción con el fondo, con reducciones en la altura de ola que varían entre el 34% y el 47% entre la boca de la bahía y la isla de Cascajal. Cabe destacar que la presencia de vegetación de manglar en zonas costeras bajas contribuye al amortiguamiento del impacto generado por la ola de tsunami en su llegada a la costa (Velasco et al., 2016).

Figura 24. Campos de inundación homogéneos (m) para un tsunami generado por un sismo MW= 8m6, durante marea alta, para los ocho epicentros definidos por Restrepo y Otero, 2017

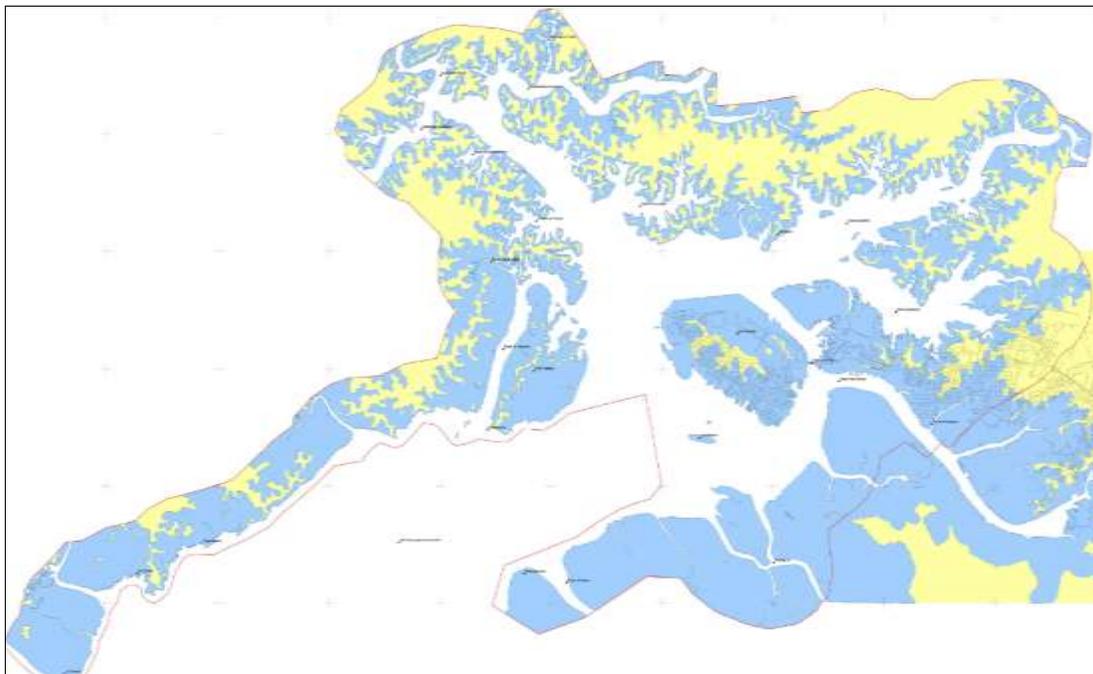




Fuente: Restrepo & Otero, 2007).

A partir de los resultados de estos estudios, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico de la DIMAR ha desarrollado mapas de amenaza de tsunami para varios emplazamientos del Pacífico colombiano, entre ellos Buenaventura. El mapa de inundación de la Figura 25 muestra, para un tsunami generado por un sismo de magnitud 8,6 Mw con epicentro a 3,65°N y 78,15°W, durante la pleamar, las áreas inundables (en color azul) por la onda de tsunami, que como puede verse cubre la mayor parte de los terrenos costeros.

Figura 25. Mapa de inundación por tsunami en la Bahía de Buenaventura



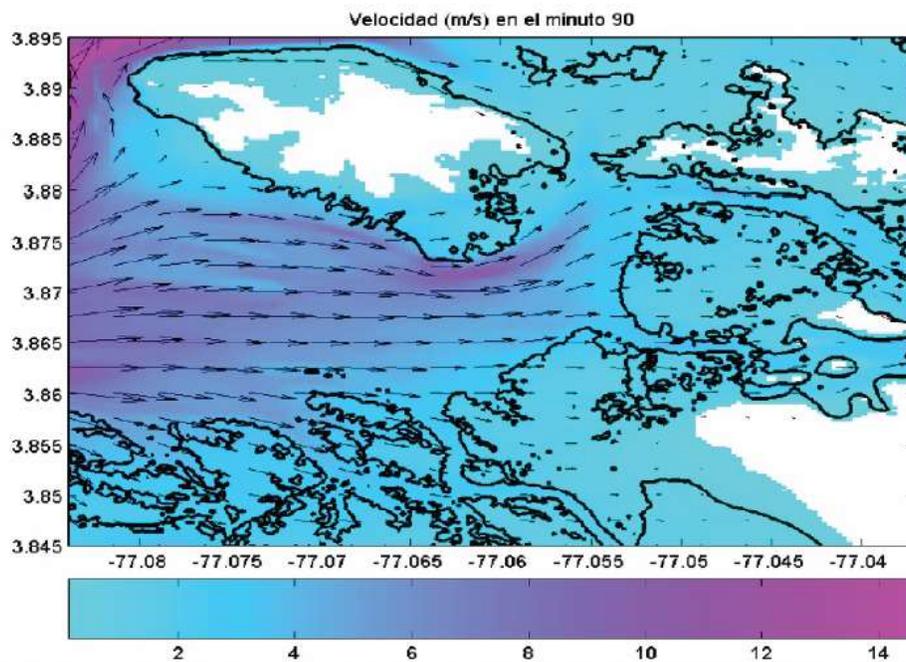
Fuente: DIMAR-CCCP, 2009.

En cuanto a los campos de velocidad, Bastidas & Puentes (2008) indicó que el patrón de corrientes generadas por una onda de tsunami se caracteriza por la división de la corriente proveniente de la boca de la bahía al llegar a la isla de Cascajal, bordeando a la isla por el Norte y por el Sur, de tal forma que el extremo sudoeste de dicha isla queda parcialmente protegida por el bajo frontal, que reduce la velocidad, actuando como barrera.

En cambio, las velocidades son muy elevadas en el extremo noroeste y sudeste de la isla, en donde se presenta una fuerte corriente que bordea la isla y penetra por los esteros Aguacate y San Antonio, inundando el borde continental de Buenaventura.

Este patrón se repite durante los descensos del nivel del mar o reflujos, ya que el agua sale por los esteros y bordea nuevamente a la isla.

Figura 26. Mapa de velocidad alrededor de la Isla Cascajal durante ascenso de la onda de tsunami para el escenario más desfavorable



Fuente: Bastidas (2008).

CAPÍTULO 4



4 CONDICIONANTES

4.1 Condicionantes medios físicos

4.1.1 Profundidad en las áreas de navegación, maniobra y atraque

El principal condicionante para la implantación de un terminal para la recepción de buques de GNL está asociado a la batimetría natural de la Bahía, que presenta una profundidad limitada.

Tanto los buques GNL como las naves FSRU o FSU con la capacidad de almacenamiento requerida de 170.000 m³ tienen un calado mínimo de entre 12 y 12,6 m (en función del tipo y tamaño del buque), al que es necesario añadir los márgenes de resguardo indicados en la sección 2.2.1.

Además, el calado mínimo debe garantizarse el 100% del tiempo, dado que por criterios de seguridad debe garantizarse la salida de la nave del atraque en cualquier momento si se presenta una emergencia, por lo que la navegación de los buques no debería estar condicionada al nivel de marea, tal y como ocurre con otro tipo de naves que operan en las terminales existentes en la Bahía de Buenaventura (por ejemplo, portacontenedores), que acceden a las terminales durante marea alta.

Lo anterior implica el mantenimiento de una profundidad mínima de entre -13,2 y -15 m respecto al nivel de Bajamar mínima en las áreas de acceso al terminal, espera, maniobra y atraque.

Actualmente se dispone de una profundidad mínima de 12,5 en el canal principal de acceso al Puerto de Buenaventura, por lo que sería necesario, para implantar cualquier tipo de solución en la bahía, un incremento de esta profundidad de entre 70 cm y 2,5 m.

Otra alternativa posible sería incrementar esta profundidad únicamente en el sector del canal más próximo a la terminal, hasta una zona de seguridad próxima habilitada para tal efecto. No obstante, sería necesario analizar la viabilidad de esta alternativa considerando un escenario extremo de tsunami, en el que es imperativo alejar el buque de la terminal y mantenerlo navegando durante el paso de la onda, con objeto de evitar que sea arrastrado hacia tierra por las fuertes corrientes.

Adicionalmente, en la ubicación del terminal, sería necesario habilitar una zona de acceso, maniobra y atraque con dicha profundidad mínima, lo que puede suponer un menor o mayor volumen de dragado en función de la localización del atraque con respecto al canal de navegación existente en la actualidad.

Por otra parte, la localización de la plataforma de atraque en una zona de mayor profundidad, con objeto de minimizar el volumen de dragado necesario, puede

conllevar el requerimiento de una pasarela de acceso a la misma (acceso rodado) de mayor longitud y complejidad constructiva, dando lugar a una infraestructura marítima de mayor volumen.

4.1.2 Geotecnia

Las conclusiones aquí expuestas se derivan de la falta de información específica del terreno en los posibles emplazamientos del proyecto. Dada la naturaleza geológica de los materiales superficiales, se deduce que en general el terreno tendrá una baja capacidad portante, con un potencial de licuefacción de medio a elevado y con riesgo de fallos por estabilidad global.

Si bien se presentan ligeras diferencias en la naturaleza y disposición de estratos superficiales de baja capacidad portante entre los emplazamientos ubicados al norte (menor espesor) y al sur de la ciudad de Buenaventura (mayor espesor), es previsible la necesidad de desarrollar estructuras pilotadas para el soporte de la infraestructura marítima y en cimentaciones de tanques, así como mejoras sustanciales del terreno en áreas que deban soportar cargas importantes (p.e. cimentaciones de edificios o rellenos), lo que puede contribuir de forma significativa al incremento de la inversión asociada.

4.1.3 Condicionantes meteorológicos

A priori, vistas las condiciones climáticas características de la zona de proyecto, no es de prever la existencia de limitaciones al acceso, permanencia o operación de los buques en una terminal ubicada en el interior de la Bahía de Buenaventura, ya que las condiciones medias o incluso extremas de oleaje, viento y corrientes de marea no exceden las condiciones límite recomendadas para la descarga de GNL. En cualquier caso, la eventual presencia de mareas, corrientes marinas, oleaje o vientos que impacten el área de proyecto con condiciones más adversas a las previstas preliminarmente debe considerarse un riesgo potencial para el diseño y operación de las instalaciones, ya que podrían conllevar la necesidad de construcción de estructuras de abrigo para garantizar determinados niveles de operatividad.

El nivel del mar no debe ser un limitante para el acceso y permanencia de los buques en el atraque, por lo que la profundidad en las áreas navegables y de maniobra debe ser suficiente para la navegación de los buques incluso con el nivel de bajamar más baja.

Cabe mencionar como riesgo a considerar el elevado potencial cerámico de la zona de proyecto, que puede derivar en riesgos para la seguridad de las personas y equipos por caída de rayos durante la fase de ejecución de las obras. Este riesgo se podrá mitigar mediante la instalación de sistemas de apantallamiento (pararrayos), puestas a tierra y protecciones para equipos, y construcciones, de

acuerdo al reglamento eléctrico nacional (RETIE), por lo que la severidad se considera baja.

Por último, este factor debe considerarse como condicionante durante la fase de construcción de las obras, dado que, en función de los equipos de construcción utilizados (sobre todo en lo que a medios marítimos se refiere), los requisitos de abrigo pueden ser más exigentes que para los buques GNL en fase operativa. Unas condiciones meteorológicas adversas durante la fase de construcción podrían producir retrasos en algunas etapas de obra, afectando al coste de ejecución.

4.1.4 Riesgo sísmico

El occidente colombiano (y por lo tanto el litoral Pacífico y Buenaventura) es la región de mayor amenaza sísmica en el país, lo que implica una mayor frecuencia de terremotos de magnitud significativa.

Las fuertes vibraciones generadas por terremotos pueden causar daños a edificaciones, vías, sistemas de agua, gas, alcantarillado y telecomunicaciones e instalaciones portuarias, así como a las personas. Las vibraciones de los sismos también pueden generar deslizamientos, corrimientos de tierra en las orillas de los esteros y licuación de los suelos blandos saturados de agua.

La determinación del nivel de amenaza para el territorio colombiano según la norma vigente, Ley 400 de 1997, se basa en el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, por lo cual, la sismicidad y las fuentes sismogénicas principales son de gran importancia y se deberán tener en cuenta en el proyecto portuario a la hora de diseñar los taludes y las estructuras del proyecto.

De acuerdo con las Normas Colombianas de Diseño y construcción Sismo Resistente (NSR-10), el suelo podrá ser clasificado como suelo tipo F, deberán considerarse para el diseño de las estructuras valores de aceleración correspondientes a una zona de amenaza sísmica alta, con $A_a=0,40$ y $A_d=0,08$. Este factor de riesgo sísmico ha de ser contemplado en el diseño de las infraestructuras portuarias y de transporte y almacenamiento de gas, lo que puede encarecer sustancialmente las opciones de almacenamiento terrestre frente a otras opciones de almacenamiento flotante, no vulnerables al sismo.

Independientemente, cabe contemplar como riesgo (si bien con una probabilidad muy reducida) la ocurrencia de un sismo de magnitud significativa durante la ejecución de las obras, que podría producir daños no previstos en las estructuras en ejecución, o equipos acopiados o en proceso de instalación, generando un sobrecosto de la obra derivado de su reparación y/o sustitución.

4.1.5 Riesgo de tsunami

De acuerdo con el mapa de amenaza por tsunami, el área de Proyecto podría ser vulnerable a tsunamis producidos por eventos sísmicos de gran magnitud (superiores a 8 Mw) con epicentro en la zona de subducción ubicada entre 50 y 150 km de la costa, en la región comprendida entre Esmeraldas (Ecuador) y el límite de Choco impuesto por el río San Juan.

Dicho evento podría producir una onda de entre 2,5 y 6,3 en distintas localizaciones a lo largo de la bahía, así como corrientes de hasta 8 m/s en algunos estrechamientos de la bahía, siendo más vulnerables a este fenómeno las localizaciones más expuestas a la entrada de la onda de tsunami desde la bocana de la bahía y menos las localizaciones ubicadas en zonas intermedias o en el fondo de la misma.

Este fenómeno puede producir por tanto daños en las infraestructuras por inundación, pero sobre todo por arrastre de naves, socavación de cimentaciones de estructuras o cambios repentinos en la morfología y relieve submarino actual del canal.

En el caso de los buques amarrados en puerto, y especialmente los buques de GNL, cuya carga supone una mayor peligrosidad en caso de fugas por su gran inflamabilidad, es esencial garantizar la capacidad de desatraque de los mismos y accionamiento inmediato de motores en caso de alerta por tsunami, pues han de ser capaces de alejarse del terminal hasta una distancia de seguridad.

Al igual que en el caso del riesgo sísmico, cabe la posibilidad (aunque muy remota) de ocurrencia de un tsunami durante la ejecución de las obras, lo que podría producir daños en equipos de obra, estructuras en fase de construcción o equipos / materiales acopiados. Para mitigar este riesgo deberán definirse adecuadamente las cotas de trabajo y los planes de evacuación de medios en caso de emergencia.

4.2 Condicionantes de tipo ambiental

4.2.1 Modificación de la geomorfología e hidrodinámica local

La necesidad de garantizar unas profundidades mínimas en el futuro puesto de atraque implica la realización de importantes dragados en las áreas de menor profundidad.

En el caso de que estos dragados se realicen sobre un área extensa, pueden alterar significativamente el equilibrio dinámico de la Bahía de Buenaventura, al modificar la configuración morfológica y la distribución de sedimentos del sistema estuárico,

el prisma de marea. Como consecuencia, pueden modificarse los patrones de circulación de la Bahía, dando lugar a corrientes más o menos intensas que en la actualidad en determinadas zonas, dando lugar a fenómenos de erosión o sedimentación local que actualmente no se producen.

Por esta razón, es esencial realizar en fase de diseño estudios hidrodinámicos para determinar la magnitud y extensión del impacto derivado del cambio morfológico de la batimetría derivado del dragado, con objeto de anticipar y mitigar posibles tendencias erosivas o de sedimentación en el ámbito de la bahía.

4.2.2 Afección a la cobertura de manglar

Los manglares tienen una gran importancia ecológica como precursor de comunidades faunísticas desarrolladas (proporcionan hábitat y refugio a una gran variedad de peces, mamíferos e invertebrados, muchos en sus fases larvares), constituyen un elemento de protección frente a la erosión y las inundaciones, y contribuyen a la captura de carbono y otros contaminantes (compuestos orgánicos tóxicos persistentes, metales pesados, etc.).

Por estas razones, además de por su papel como fuente de recursos para la economía local (explotación forestal y pesca), el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en concordancia con la Ley 99 de 1993, a través de sus resoluciones 1602 de 1995, 20 de 1996 y 223 de 1999, dictó medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares de Colombia, estableciendo para las Corporaciones Autónomas Regionales la obligación de elaborar estudios sobre el estado de los manglares en el territorio de su jurisdicción y propuestas para la zonificación y realización de actividades en áreas de manglares.

La zonificación vigente en la Bahía de Buenaventura, aprobada por Resolución 0721 del 31 de julio de 2002 y modificada posteriormente por las Resoluciones 696 del 19 de abril de 2006, 857 de 28 de mayo de 2008, 1090 de 11 junio de 2010 y 706 de 5 de abril de 2017, mantiene bajo la denominación de manglar toda la margen sudeste de la Bahía, mientras que en la margen noroeste únicamente están inventariadas pequeñas superficies de manglar. La mayor parte de la superficie virgen restante (excluyendo el área urbanizada de Buenaventura) está catalogada como Bosque Protector-Productor por la Ley 2ª de 1959, salvo una parcela de 63 Ha en la Isla de Leoncico, adyacente a la zona portuaria de Buenaventura, que está definida como zona de manejo (uso sostenible) hacia la sustentabilidad de actividades industriales y portuarias, y una parcela de aproximadamente 35 Ha ubicada en el Delta del Río Dagua, sustraída de la Reserva Forestal del Pacífico mediante Resolución 830 de 31 de mayo de 2016.

La instalación de nueva infraestructura portuaria, con su correspondiente superficie terrestre para la operación del terminal, implica por tanto, en función de su emplazamiento, la afección a un mayor o menor porcentaje de manglar. Las áreas

ubicadas en el margen sudeste de la Bahía son las que presentan una mayor cobertura de manglar, y por tanto una eventual localización en esta zona produciría una mayor afección a este biotopo.

Dicha ocupación y la correspondiente tala de manglar requiere de la modificación en la zonificación del manglar aprobada inicialmente, con la sustentación pertinente, a aprobar mediante resolución del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como el levantamiento de la veda para el aprovechamiento forestal de esta especie.

Asimismo, la sustracción de superficies de reserva y manglares debe estar acompañada de un Plan de Compensación de Manglar, que contemple la restauración mediante replantación de una superficie resultante de aplicar un factor de compensación de entre 2 y 10 respecto a la superficie intervenida, con objeto de mitigar la pérdida de biodiversidad asociada a la tala del manglar en la zona de proyecto. En el caso de otras intervenciones en la zona, como el terminal TCBuen o la solicitud para la autorización de uso del Proyecto Puerto Solo, los Planes de Compensación aprobados contemplan una relación 1:10 entre la superficie intervenida y la restaurada.

En relación con este condicionante, cabe destacar:

- Que las áreas actualmente catalogadas como manglar, independientemente de su estado de conservación, requieren un proceso de solicitud de modificación de clasificación al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como una autorización para su aprovechamiento (levantamiento de la veda), proceso cuya tramitación puede demorar significativamente el desarrollo del proyecto, dado que requiere de la realización de estudios específicos de caracterización del manglar afectado. En cambio, la implantación del proyecto fuera de las áreas de manglar permitiría simplificar su tramitación ambiental.
- Que la intervención de superficies de manglar requiere de la ejecución de un Plan de Compensación que permita la conservación de áreas ecológicamente equivalentes a las afectadas (replantación de manglar), preferentemente dentro de la Bahía de Buenaventura, en una proporción estimada máxima de 1:10.
- Que la intervención de manglar afecta a las actividades socioeconómicas tradicionales de las poblaciones de la Bahía de Buenaventura, así como a biodiversidad local, por lo que es esperable una oposición significativa a dicha acción por parte de las comunidades locales y las entidades sociales de defensa del medio ambiente.

4.2.3 Impacto sobre la fauna local

El impacto del proyecto sobre la fauna local es previsible tanto en fase de

construcción como en fase operativa. Dicho impacto será de mayor magnitud si la implantación del proyecto se realiza en superficie de manglar, dado el elevado grado de biodiversidad y riqueza ecológica asociada a este tipo de biotopo.

No consta ninguna especie protegida o amenazada catalogada en el ámbito de la Bahía de Buenaventura, por lo que el impacto sobre la fauna no será previsiblemente crítico, si bien cabe esperar una afección significativa a las especies ictícolas o bentónicas de interés pesquero.

El control de este riesgo pasa por la aplicación de medidas preventivas durante la ejecución de dragados u otras actividades de obra que generen un incremento de la turbidez, así como la realización del Plan de Compensación de Manglares.

4.2.4 Riesgo por contaminación marina

La calidad de las aguas en la bahía de Buenaventura es moderada e incluso baja en algunos puntos interiores próximos a áreas pobladas, como consecuencia del vertido incontrolado de aguas residuales procedentes de las comunidades que residen en la población de Buenaventura y otros asentamientos de la bahía. Presenta altas concentraciones de coliformes fecales, altos niveles de amonio, nitratos y fosfatos y presencia de hidrocarburos, y con condiciones hipoxicas en las zonas más interiores próximas a la isla de Cascajal (INVEMAR-CVC, 2015).

Teniendo esta situación de base en consideración, el impacto de una nueva actividad portuaria sobre la calidad del agua es acumulativo al ya existente, y debe mitigarse mediante la aplicación de medidas preventivas y la implantación de un adecuado sistema de gestión de aguas residuales y residuos de la actividad. Asimismo, se deberá implementar un plan específico de gestión de residuos durante la ejecución de la obra.

Cabe destacar especialmente el impacto sobre la temperatura del agua, dado que habitualmente las terminales de regasificación de GNL emplean agua como elemento de intercambio térmico, y la devuelven al medio receptor con un salto térmico de hasta -6°C respecto a la temperatura del mismo, que puede alterar el equilibrio ecológico de la zona de vertido. Este impacto es de mayor magnitud en áreas con menor profundidad y más alejadas de la bocana, pues el grado de mezcla de las aguas es menor y no se facilita la dispersión térmica.

Será necesario realizar estudios de dispersión térmica específicos para evaluar dicho riesgo y garantizar que se cumplen los objetivos de calidad establecidos por la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 del vertido. Además, deberá realizarse una caracterización detallada de la composición del agua marina a emplear en el sistema de intercambio térmico, de cara a la selección de los materiales de fabricación del circuito.

4.2.5 Riesgo de contaminación atmosférica

Dado el limitado impacto del proyecto sobre la calidad del aire, que se produce fundamentalmente durante la etapa de construcción, no se contempla este riesgo como relevante a efectos de desarrollo e implantación del proyecto.

En cualquier caso, deberán aplicarse las medidas preventivas correspondientes a fin de mitigar este impacto.

4.2.6 Impacto sonoro

El impacto del proyecto sobre la calidad acústica del área de proyecto variará significativamente en función de su emplazamiento, siendo más acusado en las inmediaciones de las áreas pobladas. Este impacto se producirá fundamentalmente durante la etapa de construcción, pero dada su temporalidad y baja magnitud, no se contempla como un riesgo relevante a efectos de desarrollo e implantación del proyecto, ni se prevén riesgos derivados del mismo.

En cualquier caso, deberán aplicarse las medidas preventivas correspondientes a fin de mitigar este impacto.

4.3 Condicionantes de tipo socioeconómico

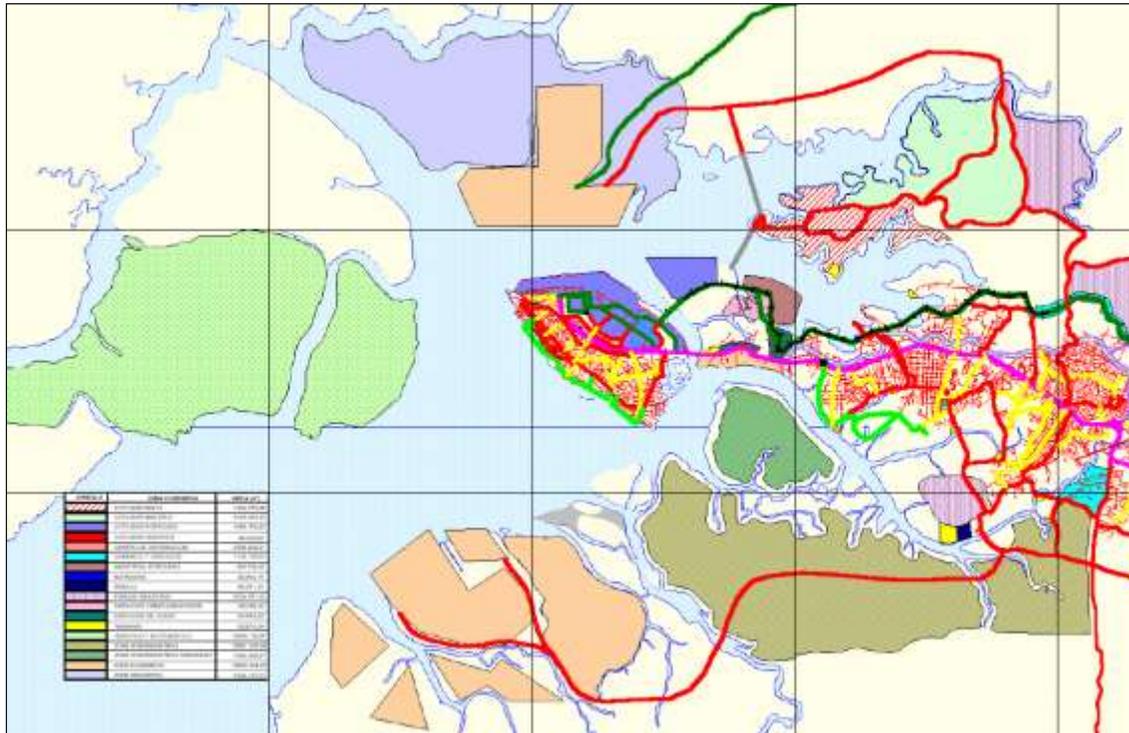
4.3.1 Clasificación del Suelo

Para la implantación de la instalación portuaria se tendrá que tener en consideración la clasificación del suelo y zonificación de usos de los terrenos comprometidos, dado que deberá ubicarse en áreas cuyos usos aprobados sean compatibles con la actividad portuaria.

El Plano PU-10 del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Distrito de Buenaventura, muestra 4 áreas potenciales para uso portuario, que aún no han sido desarrolladas, y el tratamiento urbanístico que se ha establecido para su desarrollo.

De otra parte, en el Plano de Uso del Suelo propuesto para la ubicación de las Zonas Económicas (Plano PU-05, véase extracto en la Figura 35), dentro del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del Distrito de Buenaventura, designa dos áreas de la ciudad como Zonas de Actividad Portuaria, la que está ocupada actualmente por la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura y otra ubicada en la Isla de Leoncico, una Zona Industrial Portuaria que corresponde al Terminal Portuario de TCBUEN, y otras dos áreas designadas como Zona Económica, que se corresponden con el terminal portuario de Aguadulce y con una zona sobre el Delta del Río Dagua.

Figura 27. Áreas potenciales para el desarrollo portuario-industrial previstas en el POT de Buenaventura: en color violeta, áreas portuarias, en naranja, áreas económicas, y en malva, áreas industriales.



Fuente: Alcaldía de Buenaventura, 2001

No obstante, en el caso de que se determine más conveniente llevar a cabo la implantación del proyecto en otras zonas actualmente no clasificadas para este tipo de actividad, será necesario solicitar una reclasificación de las mismas, con la consecuente tramitación ante la Alcaldía de Buenaventura y ante la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, si se requiere realizar una sustracción de la Reserva Forestal del Pacífico.

Nuevamente, el requisito de una tramitación específica de determinadas autorizaciones puede conllevar una demora efectiva del plazo de construcción y puesta en servicio del terminal.

4.3.2 Distancia a núcleos poblacionales

Las instalaciones de almacenamiento de GNL y regasificación suponen un riesgo para la población en caso de emergencia, dado que se trata de un producto altamente inflamable y con riesgo de explosión. No obstante, si la terminal se ubica a una distancia de seguridad mínima de los núcleos habitados, dicho riesgo sería aceptable.

Habrà de contemplarse asimismo el análisis de distancias de seguridad entre el vial de acceso a la terminal y núcleos de población en el caso de prever el transporte regular de GNL vía camiones en una etapa temprana de la terminal o bien ocasional durante la vida útil del terminal.

4.3.3 Expropiaciones requeridas

Uno de los factores a considerar de forma importante será la necesidad de expropiación de terrenos o imposición de servidumbres de paso en terrenos de propiedad privada, que actualmente pudieran estar ocupados por viviendas u otras edificaciones.

La estructura de la propiedad en las áreas urbanizadas de Buenaventura está conformada por viviendas construidas sobre rellenos de materiales de construcción y escombros y por viviendas palafíticas construidas sobre zonas inundables de manglar. Cabe destacar que algunos de los habitantes de los terrenos consolidados cuentan con título de propiedad, representando un porcentaje muy bajo, mientras que el resto se encuentra en condiciones de ocupantes, algunos de ellos sin contar con un documento físico (escritura o compraventa) que lo acredite como poseedor de la estructura o edificación (Aqua & Terra, 2017).

En cualquier caso, resulta de interés para el proyecto minimizar el número de las expropiaciones, de cara a agilizar el proceso de tramitación del proyecto y permitir su construcción en el menor plazo posible. A este respecto cabe destacar la importancia de contar con una cierta proximidad a las vías de acceso existentes, dado que la construcción de nuevas carreteras para acceder al terminal puede suponer un mayor número de expropiaciones, en función de la longitud de vial a construir y su trazado.

Asimismo, cabe identificar como riesgo la potencial ocupación intencionada por parte de las comunidades locales de las áreas destinadas a emplazamiento del proyecto una vez identificadas las mismas, con objeto de percibir una compensación económica. Dicho riesgo se identifica a raíz de sucesos similares ocurridos en Buenaventura en el marco del proyecto de Conexión subestación Bahía y segunda alimentación a Buenaventura 115 kilovatios, cuya viabilidad económica se vio comprometida hasta el punto de suspender su ejecución por esta causa.

4.3.4 Afección a redes de servicios básicos

Es poco probable que el proyecto afecte a redes de servicios básicos (abastecimiento de agua, alcantarillado, red eléctrica, telecomunicaciones, etc.) dado que por la naturaleza del proyecto, deberá localizarse a una cierta distancia de las zonas urbanas.

No obstante, será necesario realizar un inventario actualizado y detallado de las

redes de servicios existentes en las inmediaciones del proyecto, a fin de mitigar completamente este riesgo.

4.3.5 Afección a elementos del patrimonio histórico o cultural

Según la información relativa al patrimonio cultural y arqueológico disponible en el Atlas Arqueológico de Colombia y en antecedentes de reconocimientos arqueológicos en el ámbito de la Bahía de Buenaventura, existe constancia de algunos hallazgos de elementos arqueológicos de interés en la zona analizada.

Se tiene constancia de un sitio arqueológico ubicado en las inmediaciones del actual poblado de Bazán-La Bocana, donde se han hallado restos cerámicos y otros elementos característicos de los asentamientos prehispánicos.

Además, en el reconocimiento arqueológico realizado en el marco del desarrollo portuario en Aguadulce, se localizaron más de 10.000 elementos arqueológicos que fueron entregados al Instituto para la Investigación y Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca (INCIVA).

Existe por tanto el riesgo de afección al patrimonio arqueológico como resultado de las obras de implantación del terminal, por lo que el proyecto del terminal deberá contar con una prospección arqueológica y un Plan de Manejo Arqueológico, obligatorios siempre que se realicen alteraciones al suelo y/o subsuelo, incluyendo las zonas marinas, con el objeto de proteger el Patrimonio Arqueológico que pueda aparecer, eventualmente, durante la ejecución del Proyecto.

4.3.6 Interferencia con otras actividades económicas

El proyecto del terminal podrá interferir principalmente con tres actividades productivas relacionadas con la utilización de los recursos naturales existentes en el entorno de Buenaventura:

- Pesca y extracción de piangua: se producirá una afección puntual durante la ejecución de las obras como consecuencia del incremento en los niveles de turbidez del agua, que producirán el ahuyentamiento de especies móviles y la desaparición de las especies bentónicas en la zona de intervención, y de las restricciones de uso de embarcaderos, caladeros y esteros para realizar faenas de pesca y marisqueo. Asimismo, si se produce ocupación del manglar por la infraestructura portuaria producirá una reducción en la producción pesquera de la zona.
- Aprovechamiento forestal: en función del emplazamiento del proyecto, podrán limitarse las actividades tradicionales de tala y explotación forestal del bosque o manglar que, pese a estar legalmente restringido, continúa siendo una actividad económica de subsistencia por parte de muchas familias de la zona. Los cortadores de madera utilizan algunos de los canales más

interiores para acceder a la zona marina, atravesando la zona de los “puentes” (Canal por donde se transita con las embarcaciones para entrar o salir al estero Aguacate) y transitar hacia sectores puntuales de los esteros Aguacate y Gamboa, donde extraen recursos naturales que les permiten su subsistencia.

Para reducir los riesgos socioeconómicos derivados de esta afectación a usos tradicionales, cabe prever, por parte del inversionista, un conjunto de acciones de socialización del proyecto y compensación a la población afectada por su impacto sobre las actividades económicas, fomentando alternativas de ocupación y subsistencia.

4.3.7 Interferencia con la navegación

La introducción de una terminal portuaria adicional, en función del tráfico de buques GNL previsto, incrementa el tráfico marítimo en el canal de navegación que accede a las restantes terminales portuarias existentes.

Será por tanto necesario prever la realización de estudios de tráfico para determinar las necesidades específicas de navegación, ya sea mediante incremento del ancho del canal, habilitación de zonas de fondeo o requerimientos de balizamiento adicional. Este riesgo podrá por tanto quedar neutralizado en fase de ingeniería. Deberá asimismo preverse la implementación de balizamiento marítimo temporal durante la ejecución de las obras y una adecuada planificación de las mismas, sobre todo en cuanto al empleo de medios marítimos se refiere, a fin de garantizar la adecuada operación de las vías marítimas durante la construcción.

4.3.8 Impactos sobre la economía local

En principio el impacto previsto de un nuevo terminal portuario sobre la economía local habría de ser positivo, tanto durante la fase de construcción, por la generación de empleo vinculado a la implantación de las obras e impacto indirecto sobre la actividad de servicios asociados, como durante la operación, que también posibilitará la incorporación de nuevos puestos de trabajo y redundará en el crecimiento del tejido económico local, como resultado de la demanda de proveedores o servicios auxiliares a la terminal portuaria.

Por tanto, no cabe contemplar estos impactos como un riesgo para el desarrollo del proyecto.

4.3.9 Impactos sobre la movilidad urbana

Vista la limitación de vías de acceso al núcleo urbano de Buenaventura, cabe prever que cualquier emplazamiento de una nueva terminal GNL en las proximidades de la ciudad puede alterar significativamente el uso de dichas vías, principalmente

durante la fase de construcción, por el tráfico de camiones de obra, o durante la fase de funcionamiento, en el caso de que se prevea un tráfico regular de camiones para la movilización de la carga de GNL.

Por ello, será necesario realizar un análisis de los tráficos previstos como consecuencia de la construcción y operación del proyecto, y su interferencia con otros tráficos, principalmente portuarios pero también comerciales o particulares, en el ámbito de la Bahía.

Es evidente que, en lo que a este riesgo se refiere, es deseable localizar el terminal en un área que disponga de acceso exclusivo e independiente de las vías urbanas.

4.3.10 Requisitos de socialización y compensación social del proyecto

Las precarias condiciones de vida de las comunidades que conforman el municipio de Buenaventura, junto con la compleja problemática social y dotacional hacen que se hayan producido en Buenaventura diversas movilizaciones sociales de protesta con concurrencia de disturbios generalizados. Concretamente, en agosto del presente año han tenido lugar diversos paros en Buenaventura como respuesta.

Por tanto, uno de los principales riesgos para la materialización del proyecto lo constituye el potencial de movilización social en contra del proyecto, bien como resultado de la percepción del mismo como un elemento de degradación ambiental o como vía de protesta y/o demanda de mejoras prioritarias en las infraestructuras básicas de la población.

Estas posibles movilizaciones contrarias al proyecto podrían tener, como principal consecuencia, el retraso en la implementación del proyecto, asociadas a retrasos en las actividades de construcción y el montaje de equipos.

4.4 Tabla resumen de alertas tempranas

Se incluye a continuación una tabla resumen de las alertas tempranas detectadas, junto con su valoración preliminar a nivel general de proyecto.

Tabla 15. Resumen de alertas tempranas detectadas para el proyecto

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
1	Profundidad limitada en áreas de navegación	Medio Físico	Operación	Requerimiento de una profundidad mínima de entre -13,2 y -15 m de profundidad el 100% del tiempo	Sobrecoste de ejecución y mantenimiento Afectación a la viabilidad del proyecto	Estudios específicos a realizar durante la Ingeniería.	Alto
2	Incremento en los costos de construcción derivados de la escasa información geotécnica en los potenciales emplazamientos	Medio Físico	Construcción	Condiciones geotécnicas desfavorables no previstas para la instalación de infraestructura portuaria y/o tanques de almacenamiento en tierra.	Sobrecoste de ejecución Afectación a la viabilidad del proyecto en alguno o varios de los emplazamientos potenciales	Estudio geotécnico detallado a realizar durante la Ingeniería.	Medio
3	Necesidad de infraestructura de abrigo	Medio Físico	Construcción / Operación	Requerimiento de mejoras en las condiciones operativas, derivadas de una infraestimación de las condiciones climáticas en la zona de proyecto	Sobrecoste de ejecución Afectación a la viabilidad del proyecto en alguno o varios de los emplazamientos potenciales	Estudio detallado de condiciones operativas a realizar durante la Ingeniería.	Bajo

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
4	Presencia de mareas, corrientes marinas o vientos con condiciones más adversas de las previstas, que impacten las áreas de trabajo	Medio Físico	Construcción	Condiciones climáticas y marinas desfavorables no previstas durante la ejecución de las obras	Retrasos en la construcción y el montaje de equipos	Estudio detallado de condiciones operativas a realizar durante la Ingeniería	Medio
5	Riesgo sísmico durante la vida útil del terminal	Medio Físico	Operación	Ocurrencia de eventos sísmicos extremos	Daños en infraestructura y equipos, riesgo para las personas, interrupción de la actividad y sobrecoste de reparación	Diseño ingenieril adaptado a la Norma sísmica para la zona de proyecto	Medio
6	Riesgo sísmico durante la ejecución de las obras	Medio Físico	Construcción	Ocurrencia de eventos sísmicos extremos	Daños en infraestructura y equipos, riesgo para las personas, interrupción de las obras y sobrecoste de las mismas	Asimilación de este riesgo en el Plan de Ejecución de Obra	Bajo

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
7	Riesgo de tsunami durante la vida útil del terminal	Medio Físico	Operación	Ocurrencia de tsunamis extremos	Daños en infraestructura y buques amarrados (con posible agravamiento por fuga del producto / explosión, etc.), interrupción de la actividad y sobrecoste de reparación	Diseño ingenieril (definición de cotas de terminal y protocolos de evacuación) adaptadas al riesgo	Medio
8	Riesgo de tsunami durante la ejecución de las obras	Medio Físico	Construcción	Ocurrencia de tsunamis extremos	Daños en infraestructura y equipos de trabajo, riesgo para las personas, interrupción de las obras y sobrecoste de las mismas	Definición de cotas de trabajo y protocolos de evacuación en fase de obra	Bajo
9	Modificación de la geomorfología e hidrodinámica local	Ambiental	Operación	Realización de dragados extensos que altere el equilibrio dinámico de la bahía y los patrones de circulación	Aparición de fenómenos localizados de erosión y sedimentación	Estudios específicos realizados durante la Ingeniería.	Medio

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
10	Afección a la cobertura de manglar	Ambiental	Tramitación / Construcción / Operación	Ocupación y tala de áreas de manglar	Afección a la producción pesquera y marisquera, incremento del riesgo de erosión, reducción de la abundancia y diversidad de especies asociadas, oposición social al proyecto, sobrecostos de compensación y reposición, retrasos en la tramitación ambiental (solicitudes de modificación de la zonificación de manglar y levantamiento de veda) y/o en la ejecución del proyecto	Minimizar ocupación de manglar Soluciones constructivas que eviten la tala Gestión de agentes socioambientales Plan de Compensación de Manglar	Alto

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
11	Impacto sobre la fauna local durante la vida útil del Terminal	Ambiental	Operación	Ocupación de manglar y de áreas forestales	Afección a la producción pesquera y marisquera, reducción de la abundancia y diversidad de especies asociadas, oposición social al proyecto, sobrecostos de compensación y reposición, retrasos en la tramitación ambiental y/o en la ejecución del proyecto	Gestión de agentes medioambientales, Plan de Compensación de Manglar	Medio
12	Impacto sobre la fauna local durante la construcción del Terminal	Ambiental	Construcción	Realización de actividades que incrementen la turbidez, incremento de las emisiones sonoras	Afección temporal a la producción pesquera y marisquera	Medidas de reducción de turbidez y control de emisión sonora	Medio
13	Contaminación térmica	Ambiental	Operación	Vertido de agua del sistema de intercambio térmico con menor temperatura que el medio receptor	Alteración de equilibrio ecológico, potencial incumplimiento de la normativa de vertidos	Estudios específicos realizados durante la Ingeniería.	Bajo

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
14	Incremento de la contaminación marina por vertido de efluentes	Ambiental	Operación	Nuevos vertidos de aguas residuales de la planta y edificios del terminal	Empeoramiento de la calidad de agua	Previsión de mecanismos de depuración o gestión de aguas residuales y residuos sólidos	Medio
15	Impacto de la contaminación marina en el diseño	Ambiental	Operación	Presencia de contaminantes químicos e hidrocarburos en el agua de la bahía	Contaminantes químicos del agua pueden deteriorar materiales del circuito de agua de intercambio térmico para regasificación	Diseño ingenieril del sistema de regasificación adaptado	Bajo
16	Incremento de la contaminación atmosférica	Ambiental	Operación	Incremento de las emisiones contaminantes como resultado de los procesos industriales	Incremento de los niveles de contaminación atmosférica	Previsión de mecanismos de control de emisiones atmosféricas	Muy Bajo
17	Impacto sonoro	Ambiental	Construcción	Incremento de las emisiones sónicas durante la ejecución de las obras	Incremento de los niveles sonoros en núcleos poblados	Previsión de medidas preventivas o correctoras	Muy Bajo

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
18	Clasificación del suelo (POT)	Socioeconómico	Tramitación	Emplazamiento del terminal en un área no clasificada en el POT como zona para actividad portuaria	Necesidad de solicitar una modificación de la clasificación del suelo para adaptarla al uso previsto.	Priorizar emplazamiento en zonas clasificadas con usos compatibles	Medio
19	Clasificación del suelo (Reserva Forestal del Pacífico)	Socioeconómico	Tramitación	Emplazamiento del terminal en un área comprendida dentro de la reserva forestal del Pacífico	Necesidad de solicitar una sustracción de la reserva forestal del Pacífico.	Priorizar emplazamiento en terrenos fuera de la Reserva Forestal del Pacífico	Medio
20	Distancia a núcleos poblacionales	Socioeconómico	Operación	Emplazamiento del terminal y/o del vial de acceso próximo a zonas habitadas	Riesgos para la seguridad de la población en caso de emergencia	Estudio HSE (HAZOP, SIL, QRA, radiación / dispersión, etc.)	Medio
21	Expropiaciones	Socioeconómico	Tramitación	Ocupación de terrenos de propiedad privada Ocupaciones intencionadas por parte de las comunidades de áreas autorizadas para el proyecto	Sobrecoste asociado a expropiación de terrenos y/o indemnizaciones	Estudio de expropiaciones Compra de terrenos	Medio

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
22	Afección a redes de servicios básicos	Socioeconómico	Construcción	Daños en redes de servicios durante la ejecución de las obras	Sobrecoste asociado a reposición de servicios afectados	Inventario detallado de redes de servicio existentes	Bajo
23	Afección a elementos del patrimonio histórico o cultural	Socioeconómico	Construcción	Aparición de restos arqueológicos durante la ejecución de las obras	Paralización temporal de las obras, sobrecostes asociados	Prospección arqueológica y Plan de Manejo Arqueológico	Bajo
24	Interferencia con otras actividades económicas	Socioeconómico	Tramitación / Construcción / Operación	Afección a actividades de pesca, marisqueo y explotación forestal	Oposición social al proyecto, retrasos en la tramitación y/o ejecución de las obras, sobrecostes asociados	Plan de compensación social	Alto
25	Interferencia con la navegación durante la ejecución de la obras	Socioeconómico	Construcción	Ocupación parcial de las áreas navegables durante las obras	Limitaciones al plan de construcción derivadas de potenciales restricciones de uso de las áreas navegables	Balizamiento marítimo temporal y aprobación de la DIMAR	Medio
26	Interferencia con la navegación durante la vida útil del terminal	Socioeconómico	Operación	Incremento de tráfico en las áreas navegables	Limitaciones a la operativa derivadas del tráfico de buques en el canal de acceso	Balizamiento marítimo del terminal y aprobación de la DIMAR	Bajo

#	Alerta Temprana	Tipo	Fase	Causas del Riesgo	Consecuencias	Medidas de mitigación del Riesgo	Valor Riesgo
27	Impactos sobre la economía local	Socioeconómico	Construcción / Operación	Incremento de la oferta de empleo y la demanda de servicios terciarios	Mejora de economía local	No aplican	Positivo
28	Impactos sobre la movilidad urbana	Socioeconómico	Construcción / Operación	Tránsito de camiones durante la etapa de construcción y eventualmente de cisternas durante la fase operativa	Incremento del tráfico urbano, de la peligrosidad vial y de los tiempos de desplazamiento	Estudio de movilidad urbana	Medio
29	Socialización y compensación social del proyecto	Socioeconómico	Tramitación / Construcción / Operación	Oposición social al proyecto	Dificultades y retrasos en la tramitación socio-ambiental del proyecto. Paros y bloqueos de las vías de acceso al terminal en fase de construcción y/u operación. Retrasos en el plazo de ejecución del proyecto e inicio de operación.	Gestión de agentes sociales y medioambientales, Plan de Compensación social	Alto

Fuente: SENER Pacífico, 2017

4.5 Valoración de las Alertas Tempranas en función de la Tecnología y el Emplazamiento Potencial

Se ha realizado una evaluación semi-cuantitativa de las alertas tempranas identificadas, considerando para ello los potenciales emplazamientos del terminal (polígonos) y las posibles soluciones tecnológicas para la implantación de un terminal de recepción y regasificación de GNL en la Bahía de Buenaventura.

Dicha valoración se realiza en base a una escala del 1 al 5, donde:

1	Riesgo muy alto
2	Riesgo alto
3	Riesgo medio
4	Riesgo bajo
5	Riesgo muy bajo

En las tablas siguientes se indican los criterios empleados para la valoración de cada alerta temprana considerando las posibles tecnologías y emplazamientos.

4.5.1 Valoración en función de la Solución Tecnológica

Se han evaluado aquellas alertas tempranas que están condicionadas por la solución tecnológica a adoptar, considerando los siguientes esquemas tecnológicos posibles:

- Buque de transporte, regasificación y almacenaje (Buque FSRU, Floating Storage and Regasification Unit en régimen “empty and leave”).
- Buque de regasificación y almacenamiento (FSRU en régimen permanente estacional).
- Buque de almacenamiento (FSU, Floating Storage Unit, en régimen permanente estacional y regasificación en tierra).
- Planta regasificadora sin almacenamiento, alimentada por buque convencional de transporte de GNL (Buque LNGC, Liquefied Natural Gas Carrier o metanero).
- Planta de regasificación y almacenaje en tierra, alimentada por Buques LNGC.

El resultado de la valoración se muestra a continuación.

Tabla 16. Evaluación de alertas tempranas condicionadas por el esquema tecnológico

ID	Alerta Temprana condicionada por la Tecnología	Criterios evaluación	TECNOLOGÍA				
			1	2	3	4	5
			FRSU Empty & Leave	FSRU Permanente	FSU Permanente + Regasificadora terrestre	Regasificadora terrestre sin almacenamiento	Regasificadora + almacenamiento terrestre
2	Incremento en los costos de construcción derivados de la escasa información geotécnica en los potenciales emplazamientos	Requerimientos de cimentación	4	4	2	2	1
5	Riesgo sísmico durante la vida útil del terminal	Requerimientos de cimentación	4	4	3	3	2
6	Riesgo sísmico durante la ejecución de las obras	Requerimientos de cimentación	4	4	3	3	2
7	Riesgo de tsunami durante la vida útil del terminal	Vulnerabilidad a la inundación y velocidad de la corriente en operación	4	3	3	3	4
8	Riesgo de tsunami durante la ejecución de las obras	Vulnerabilidad a la inundación y velocidad de la corriente durante la obra	5	5	4	4	3
9	Modificación de la	Requerimientos de	4	4	3	3	3

ID	Alerta Temprana condicionada por la Tecnología	Criterios evaluación	TECNOLOGÍA				
			1	2	3	4	5
			FRSU Empty & Leave	FSRU Permanente	FSU Permanente + Regasificadora terrestre	Regasificadora terrestre sin almacenamiento	Regasificadora + almacenamiento terrestre
	geomorfología e hidrodinámica local	rellenos marítimos					
10	Afección a la cobertura de manglar	Requerimientos de ocupación de terrenos	5	5	4	4	3
11	Impacto sobre la fauna local durante la vida útil del Terminal	Requerimientos de ocupación de terrenos	4	4	3	3	2
12	Impacto sobre la fauna local durante la construcción del Terminal	Volumen y duración de las obras	4	4	3	3	2
18	Clasificación del suelo (POT)	Requerimientos de ocupación de terrenos	5	5	4	4	3
19	Clasificación del suelo (Reserva Forestal del Pacífico)	Requerimientos de ocupación de terrenos	5	5	4	4	3
21	Expropiaciones	Requerimientos de ocupación de terrenos	5	5	4	4	3
23	Afección a elementos del patrimonio histórico o cultural	Requerimientos de excavación	4	4	3	3	3

ID	Alerta Temprana condicionada por la Tecnología	Criterios evaluación	TECNOLOGÍA				
			1	2	3	4	5
			FRSU Empty & Leave	FSRU Permanente	FSU Permanente + Regasificadora terrestre	Regasificadora terrestre sin almacenamiento	Regasificadora + almacenamiento terrestre
27	Impactos sobre la economía local	Volumen de obra: oferta de empleo en fases de obra y operación	3	3	4	4	5
28	Impactos sobre la movilidad urbana	Volumen de obra: tránsito asociado	5	5	4	4	3

Fuente: SENER Pacífico, 2017

Tal y como se deduce de la tabla anterior, las alertas responden principalmente a los siguientes aspectos del diseño:

- Requerimientos de la cimentación de estructuras de cada tecnología.
- Vulnerabilidad de las estructuras, tanto en fase de construcción como en fase de operación, a fenómenos de inundación e impacto de la onda de tsunami.
- Requerimientos de excavaciones y rellenos.
- Requerimientos de ocupación de terrenos para las instalaciones terrestres.
- Volumen y duración de las obras.

Y hay una diferenciación clara entre las soluciones tecnológicas que contemplan una regasificadora flotante (que requiere menor volumen de obra, ocupación de terrenos y cimentaciones, lo que reduce la categoría de muchas de las alertas tempranas) respecto a las soluciones con una regasificadora convencional en tierra. Además, en el caso de la solución con regasificadora convencional con tanques de almacenamiento, los niveles de alerta son aún superiores, al aumentar el volumen de obra y los requerimientos estructurales de esta solución.

4.5.2 Valoración en función del emplazamiento potencial

Esta valoración se ha focalizado en aquellas alertas tempranas que muestran dependencia del emplazamiento del terminal marítimo, evaluándose los 5 polígonos identificados en el capítulo 3, que son los siguientes:

- Polígono 1: Estero Aguacate – Isla del Leoncico
- Polígono 2: Estero Aguadulce Este
- Polígono 3: Estero Aguadulce Oeste
- Polígono 4: Delta Estero Hondo Norte
- Polígono 5: Delta Estero Hondo Norte
-

El resultado de la valoración se muestra en la Tabla 17 incluida a continuación.

En ella se observa que un mayor número de alertas tempranas están determinadas por el emplazamiento potencial en mayor medida que por la tecnología.

Tabla 17. Evaluación de alertas tempranas condicionadas por el esquema tecnológico

ID	Alerta Temprana condicionada por el Emplazamiento	Criterios evaluación	POLIGONO				
			1	2	3	4	5
			Est. Aguacate	Est. Aguadulce Este	Est. Aguadulce Oeste	Delta Estero Hondo Norte	Delta Estero Hondo Sur
1	Profundidad limitada en áreas de navegación	Profundidad disponible en áreas de atraque y maniobra: requerimiento de dragados / Longitud de pasarela de acceso (<i>trestle</i>)	3	3	4	1	2
2	Incremento en los costos de construcción derivados de la escasa información geotécnica en los potenciales emplazamientos	Disponibilidad de información geotécnica	4	4	3	1	1
3	Necesidad de infraestructura de abrigo	Grado de exposición a las dinámicas: distancia a la boca de la Bahía	5	4	5	3	3
4	Presencia de mareas, corrientes marinas o vientos con condiciones más adversas de las previstas, que impacten las áreas de trabajo	Grado de exposición a las dinámicas: distancia a la boca de la Bahía	5	4	5	3	3
5	Riesgo sísmico durante la vida útil del terminal	Vulnerabilidad del terreno a la licuefacción y deslizamiento	2	3	3	1	1

ID	Alerta Temprana condicionada por el Emplazamiento	Criterios evaluación	POLIGONO				
			1	2	3	4	5
			Est. Aguacate	Est. Aguadulce Este	Est. Aguadulce Oeste	Delta Estero Hondo Norte	Delta Estero Hondo Sur
7	Riesgo de tsunamis durante la vida útil del terminal	Magnitud de la onda de tsunami propagada	5	4	5	3	3
8	Riesgo de tsunamis durante la ejecución de las obras	Magnitud de la onda de tsunami propagada	5	4	5	3	3
9	Modificación de la geomorfología e hidrodinámica local	Requerimientos de dragados y rellenos marítimos	3	4	3	4	5
10	Afección a la cobertura de manglar	Superficie de manglar protegido afectada	4	5	4	2	2
11	Impacto sobre la fauna local durante la vida útil del Terminal	Superficie de manglar protegido afectada	4	4	3	2	2
12	Impacto sobre la fauna local durante la construcción del Terminal	Requerimientos de dragado, excavación y rellenos marítimos	4	4	2	1	1
13	Contaminación térmica	Nivel de renovación de aguas: distancia a la boca de la Bahía	3	4	3	5	5
14	Incremento de la contaminación marina por vertido de efluentes	Nivel de renovación de aguas: distancia a la boca de la Bahía	3	4	3	5	5
15	Impacto de la contaminación marina en el diseño	Grado de contaminación de las aguas	3	3	4	5	5

ID	Alerta Temprana condicionada por el Emplazamiento	Criterios evaluación	POLIGONO				
			1	2	3	4	5
			Est. Aguacate	Est. Aguadulce Este	Est. Aguadulce Oeste	Delta Estero Hondo Norte	Delta Estero Hondo Sur
16	Incremento de la contaminación atmosférica	Proximidad a núcleos poblados	4	4	5	5	5
17	Impacto sonoro	Proximidad a núcleos poblados	4	5	5	5	5
18	Clasificación del suelo (POT)	Adecuación de la actividad a la clasificación del suelo vigente	5	4	5	4	4
19	Clasificación del suelo (Reserva Forestal del Pacífico)	Ocupación de terrenos de la Reserva Forestal: longitud del acceso terrestre necesario	5	5	4	2	3
20	Distancia a núcleos poblacionales	Proximidad a núcleos poblados	4	5	5	5	5
21	Expropiaciones	Afección a zonas urbanizadas	3	4	3	2	2
22	Afección a redes de servicios básicos	Afección a zonas urbanizadas	3	4	4	5	5
23	Afección a elementos del patrimonio histórico o cultural	Presencia de restos arqueológicos o elementos histórico-culturales ²	3	3	3	3	3

² Sin información disponible suficiente para su valoración, se le asigna por tanto un riesgo medio.

ID	Alerta Temprana condicionada por el Emplazamiento	Criterios evaluación	POLIGONO				
			1	2	3	4	5
			Est. Aguacate	Est. Aguadulce Este	Est. Aguadulce Oeste	Delta Estero Hondo Norte	Delta Estero Hondo Sur
24	Interferencia con otras actividades económicas	Interferencia con pesca, marisqueo y aprovechamiento forestal	3	5	5	4	4
25	Interferencia con la navegación durante la ejecución de la obras	Ocupación del canal de navegación y número de terminales afectados	3	4	5	2	2
26	Interferencia con la navegación durante la vida útil del terminal	Anchura disponible del canal de navegación	4	5	5	4	4
28	Impactos sobre la movilidad urbana	Afección a la red viaria existente	3	5	5	5	5
29	Socialización y compensación social del proyecto	Afección al patrimonio ambiental, proximidad a núcleos poblados	3	4	4	2	2

Fuente: SENER Pacífico, 2017

Los principales aspectos que determinan el grado de riesgo estimado para cada alerta temprana son los siguientes:

- Profundidad disponible en áreas de atraque y maniobra, que determina los requerimientos de dragado o excavación, y la longitud de pasarela de acceso (trestle) necesarias para que el atraque sea funcional.
- Vulnerabilidad del terreno a la licuefacción y deslizamiento, y disponibilidad de información geotécnica para determinar la misma.
- Distancia a la boca de la Bahía, que determina en gran medida el grado de exposición del futuro terminal a las dinámicas marinas (viento, oleaje y corrientes), así como el nivel de renovación de las aguas.
- Comportamiento de una potencial onda de tsunami propagándose en el interior de la Bahía.
- Disponibilidad de terrenos para las instalaciones terrestres, próximas al atraque portuario, que determina los requerimientos de rellenos marítimos.
- Presencia de áreas de manglar protegido potencialmente ocupadas por las instalaciones del terminal marítimo y la infraestructura complementaria, y grado de ocupación de los terrenos de la Reserva Forestal del Pacífico, que conlleva una pérdida de patrimonio ambiental.
- Grado de contaminación de las aguas marinas.
- Proximidad a núcleos poblados y afección a zonas urbanizadas y a la red viaria existente.
- Adecuación de la actividad portuaria a la clasificación del suelo vigente en cada área.
- Posible presencia de restos arqueológicos o elementos histórico-culturales.
- Interferencia con pesca, marisqueo y aprovechamiento forestal.
- Grado de ocupación del canal de navegación, considerando la anchura disponible y el número de terminales (y en consecuencia de buques) potencialmente afectados por invasiones puntuales.

Como puede observarse, el número de factores implicados en la valoración hace que la evaluación de las alertas tempranas en cada emplazamiento resulte más compleja, siendo, a nivel general, los emplazamientos ubicados en las proximidades de la Ciudad de Buenaventura los que obtienen niveles de riesgo ligeramente inferiores en las alertas tempranas identificadas.

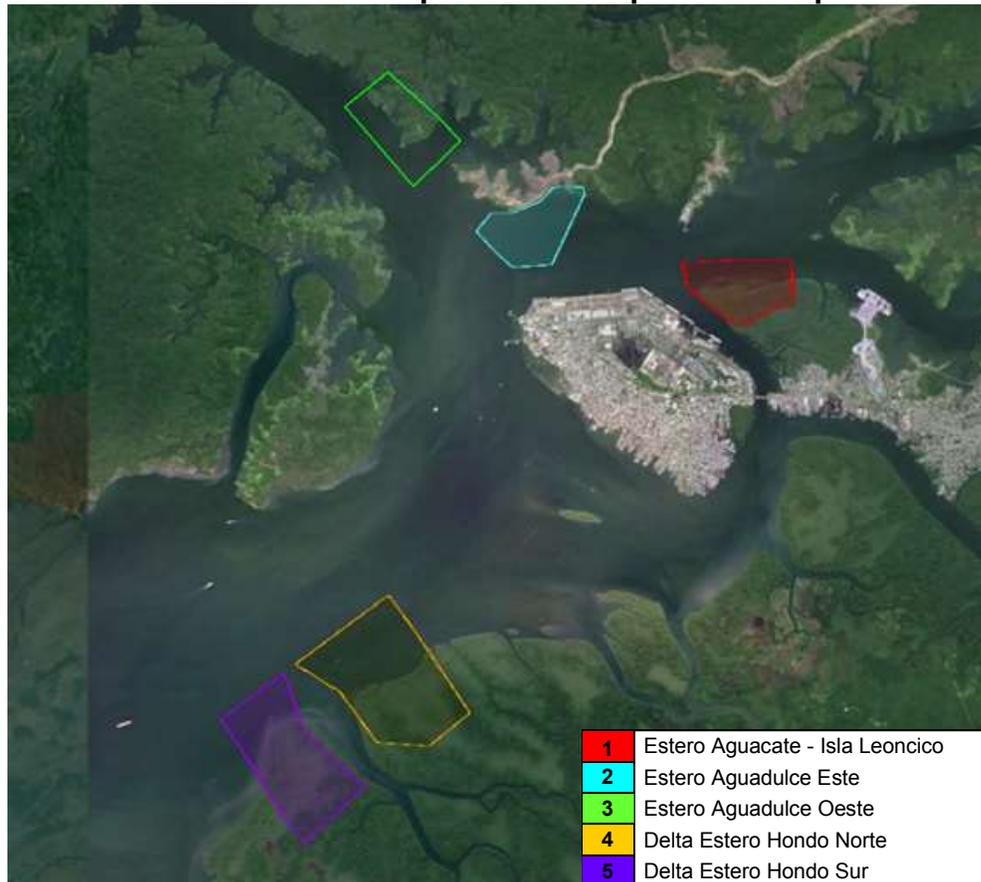
CAPÍTULO 5



5 IDENTIFICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS POTENCIALES PARA LA TERMINAL DE REGASIFICACIÓN DEL PACÍFICO (INDICATIVO)

Con base a las características de la Bahía de Buenaventura y de los requerimientos funcionales que un terminal marítimo para la recepción de GNL debe cumplir, se han identificado 5 emplazamientos potenciales para esta infraestructura en la bahía de Buenaventura, que pueden observarse en la siguiente figura:

Figura 28. Identificación de emplazamientos potenciales para la terminal



Fuente: SENER Pacífico, 2017.

Estos emplazamientos responden principalmente a los siguientes requerimientos funcionales:

- Se ubican en zonas donde la distancia al actual canal de navegación es mínima y/o presentan un menor requerimiento de dragado para alcanzar profundidades navegables. El principal requisito es minimizar tanto el dragado necesario como la longitud necesaria del acceso desde tierra a la

plataforma de operación del terminal donde se ubicaría el atraque para la/s naves.

- Se ubican a una distancia mínima de 500 m de áreas pobladas.
- Evitan invadir el canal de navegación y afectar a otros terminales portuarios existentes en la zona, previendo el encaje de las áreas de maniobra de buques necesarias para el acceso al atraque portuario.
- Se ubican en zonas próximas a las áreas urbanizadas de la Bahía, con objeto de minimizar la extensión de la infraestructura de acceso viaria y a las redes de suministros (agua, energía, gasoducto, etc.).
- Todos los polígonos se ubican en áreas terrestres clasificadas en el Plan de Ordenación Territorial con usos compatibles con la actividad portuaria y/o industrial.

A continuación se describen brevemente cada uno de los polígonos identificados.

5.1 Polígono 1: Estero Aguacate – Isla del Leoncico

Este polígono ocupa parcialmente el sector noroeste de la Isla del Leoncico, en el margen sur de la desembocadura del Estero Aguacate (véase Figura 29).

Como puede observarse en la Figura 28, es el polígono ubicado más próximo a la ciudad de Buenaventura, por lo que se beneficia en gran medida de la infraestructura ya existente, minimizándose la necesidad de nuevas infraestructuras para el acceso a la parcela y la conexión a las redes de suministro. No obstante, requiere de la habilitación de un acceso exclusivo con una longitud mínima de 1,2 km para conectar con la Avenida Simón Bolívar.

El polígono requiere de la ocupación parcial de un sector de manglar, pero cabe destacar que dicho manglar ha sido excluido de las áreas de manejo restringido y de la Reserva Forestal del Pacífico (Resoluciones n° 1223 del 30 de julio de 2014 y n° 0706 de 05 de abril de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), por lo que no representa un riesgo desde el punto de vista de tramitación administrativa.

Este polígono tiene unos requerimientos de dragado medios para la habilitación de las zonas de maniobra y atraque, con un volumen estimado del orden de 4 millones de m³, repartidos en las áreas señaladas en amarillo en la Figura 29. La longitud mínima del acceso a la plataforma de atraque en este caso sería del orden de 25 m.

Es además un emplazamiento que se encuentra muy resguardado de las dinámicas marinas y frente a un eventual tsunami.

Figura 29. Localización del Polígono 1 (en rojo) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido



Fuente: SENER Pacífico, 2017.

5.2 Polígono 2: Estero Aguadulce Este

Este polígono se ubica en el margen norte de la desembocadura del Estero de Aguadulce, adyacente al actual terminal portuario industrial de Aguadulce y al este del mismo, tal y como se muestra en la Figura 30.

Este emplazamiento, si bien no está próximo al núcleo urbano de Buenaventura, se puede beneficiar en gran medida del desarrollo portuario previo del terminal industrial, puesto que ya cuenta con un acceso rodado exclusivo y no requiere apenas infraestructura de acceso adicional para su conexión al vial existente.

En este caso el polígono no interfiere con áreas de manglar ni con la Reserva Forestal del Pacífico. Por otra parte, su proximidad al canal de navegación existente y a la bifurcación del mismo que permite el acceso al terminal industrial permite optimizar los dragados necesarios para las áreas de maniobra y atraque.

Tiene así un requerimiento de dragado menor que el polígono 1, con un volumen estimado del orden de 2,2 millones de m³, repartido en las áreas señaladas en amarillo en la Figura 30. En cambio, en este caso podría ser necesario ganar un

importante volumen de terreno al mar en caso de optarse por una solución tecnológica que requiera la disponibilidad de superficie terrestre, prácticamente ocupada en su totalidad por el terminal industrial existente. La longitud mínima estimada del acceso a la plataforma de atraque en este caso sería del orden de 130 m.

Figura 30. Localización Polígono 2 (en azul) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para conectar con la red vial existente



Fuente: SENER Pacífico, 2017.

Este emplazamiento se encuentra ligeramente más expuesto que el anterior a las dinámicas marinas, si bien cabe destacar que éstas no son excesivamente energéticas en la Bahía como para suponer un condicionante importante al desarrollo de la actividad portuaria.

5.2.1 Polígono 3: Estero Aguadulce Oeste

Este polígono se ubica también adyacente al terminal portuario industrial de Aguadulce, en la desembocadura del estero del mismo nombre, esta vez al oeste del terminal existente y más próximo al estero, tal y como muestra la Figura 31.

Cuenta con similares ventajas respecto al aprovechamiento de la infraestructura de acceso existente al terminal industrial de Aguadulce, si bien en este caso requiere de la habilitación de un acceso rodado desde el contacto con tierra y la carretera existente, con una longitud mínima estimada de 3,4 km.

Figura 31. Localización del Polígono 3 (en verde) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para conectar con la red vial más próxima



Fuente: SENER Pacífico, 2017.

En el caso de este polígono, se ocupa parcialmente terreno perteneciente a la Reserva Forestal del Pacífico, por lo que sería necesario proceder a la sustracción de la superficie terrestre necesaria para la implantación del terminal y su vial de acceso.

Los requerimientos de dragado para habilitar las áreas navegables (maniobra y atraque) en este polígono son del orden de 3,3 millones de m³, repartidos en las áreas señaladas en amarillo en la Figura 31. La longitud mínima estimada del acceso a la plataforma de atraque en este caso sería del orden de 25 m.

Este emplazamiento también se localiza muy abrigado de las dinámicas marinas actuantes, así como de un eventual evento de tsunami, que llegaría muy atenuado a la zona.

5.2.2 Polígono 4: Delta Estero Hondo Norte

El Polígono 4 se ubica en una zona de manglar localizada entre el Río Dagua y el Estero Hondo, tal y como se muestra en la Figura 32.

Figura 32. Localización del Polígono 4 (en naranja) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para conectar con la red vial más próxima



Fuente: SENER Pacífico, 2017.

La proximidad al canal de navegación permite disponer de profundidades adecuadas para la navegación con un requerimiento de dragado del orden de 2,9 millones de m³, en las áreas indicadas en color amarillo en la Figura 32. Sin embargo, sería necesaria una pasarela de acceso hasta la plataforma de atraque no inferior a 490 m, lo que podría incurrir en un sobrecoste de la obra marítima.

Su localización fuera de las inmediaciones de áreas pobladas minimiza asimismo la afección a otros usos y minimiza los riesgos de contaminación y molestias a la población.

Sin embargo, las desventajas de este emplazamiento se relacionan con la ocupación de áreas vírgenes de manglar y de la Reserva Forestal del Pacífico, tanto del propio terminal marítimo como de la carretera de acceso a construir. Si bien ya se han iniciado trámites para la sustracción de áreas similares en esta zona, sería necesario probablemente redefinir las mismas y solicitar sustracciones adicionales.

Además, la inexistencia de infraestructuras en la zona hace que los requerimientos de inversión para habilitar un terminal marítimo en este polígono sean muy superiores a los de los emplazamientos analizados anteriormente. La longitud de vial necesario para acceder al terminal en este caso se estima en 7,5 km, teniendo

Página 105 de 115

que salvar múltiples cauces.

Cabe destacar que se trata también de un emplazamiento más expuesto a las dinámicas marinas, pudiendo presentar una operatividad ligeramente inferior a la de los emplazamientos exteriores, así como ser más vulnerable a la inundación y corrientes producidas por una potencial onda de tsunami. En cambio, frente a una alerta por tsunami, su mayor proximidad a la boca de la Bahía y al canal de navegación permite una mejor respuesta de las naves que pudieran estar atracadas en el momento de la alerta.

5.2.3 Polígono 5: Delta Estero Hondo Norte

El último emplazamiento se ubica próximo al anterior, en la desembocadura del Estero Hondo, tal y como muestra la Figura 33.

Al igual que en el caso del polígono anterior, se ubica principalmente sobre manglares vírgenes (si bien ocupando una superficie ligeramente inferior), que forma parte de la Reserva Forestal del Pacífico. Al igual que en el caso anterior, sería necesario tramitar la sustracción de las áreas necesarias para la implantación del terminal.

Figura 33. Localización del Polígono 5 (en morado) y de las superficies de dragado / excavación necesarias (amarillo). En rojo se indica el nuevo acceso requerido para conectar con la red vial más próxima



Fuente: SENER Pacífico, 2017.

En este caso, los requerimientos de dragado son, al igual que para el polígono 2, de los menores de todos los polígonos analizados, gracias a la proximidad al canal de navegación y a las profundidades naturales existentes en las zonas de acceso y

maniobra a este emplazamiento. Se requeriría un dragado del orden de 2,2 millones de m³.

En cuanto a la longitud de pasarela necesaria para conectar la plataforma de atraque con la zona terrestre, ésta sería del orden de 230 m.

El acceso rodado a construir para poder conectar este terminal con la red viaria más próxima tendría una longitud mínima de 9,4 km, lo que supone la mayor distancia requerida de entre los emplazamientos potenciales analizados.

En lo que al grado de exposición a las dinámicas marinas, comparte condiciones muy similares a las del polígono 4, dada su mayor cercanía a la boca de la Bahía.

CAPÍTULO 6



6 MAPAS BASE

6.1 MAPAS BASE E INFORMACION GEOREFERENCIADA

En los Anexos al presente documento, se incluye un conjunto de mapas de base con información georreferenciada que facilitan la interpretación de la información de base recopilada y la identificación y valoración de las alertas tempranas.

Dichos mapas se estructuran en los siguientes contenidos:

6.1.1 Mapas de Caracterización

Tabla 18. Mapas caracterización

Nº	Mapa	Contenido
1.1	Emplazamiento	Localización y ámbito administrativo del proyecto
1.2	Topografía y batimetría	Curvas topográficas y batimétricas del terreno y fondo marino
1.3	Hidrografía	Red hídrica con desembocadura en la Bahía de Buenaventura
1.4	Geología	Caracterización geológica del ámbito de proyecto
1.5	Infraestructuras	Identificación de principales infraestructuras en la Bahía de Buenaventura
1.6	Navegación y balizamiento	Localización de las áreas navegables y de fondeo y señalización marítima existente
1.7	Zonificación manglar	Identificación de áreas de manglar
1.8	Zonificación suelo	Áreas previstas en el Plan de Ordenación Territorial (POT) del municipio de Buenaventura para el desarrollo de distintos usos

Fuente: SENER Pacífico, 2017

6.1.2 Mapas de Alertas Tempranas

Tabla 19. Mapas de Alertas Tempranas

Nº	Mapa	Contenido
2.1	Localización de polígonos	Propuesta de potenciales emplazamientos para el terminal de recepción y regasificación de GNL
2.2	Requerimientos de dragado	Áreas estimadas de dragado para los distintos emplazamientos potenciales
2.3	Afección a manglares	Intersección de los polígonos de emplazamiento potencial con la cobertura de manglar
2.4	Requerimientos de acceso	Trazado estimado de vías de acceso requeridas a cada emplazamiento potencial
2.5	Oleaje	Altura de ola y dirección de propagación del oleaje más desfavorable para una frecuencia de 12 h anuales, obtenidas mediante modelado numérico en Aqua & Terra (2017)

Nº	Mapa	Contenido
2.6	Corrientes rotura oleaje	Velocidad y dirección de las corrientes de rotura más desfavorables para una frecuencia de 12 h anuales, obtenidas mediante modelado numérico en Aqua & Terra (2017)
2.7	Corrientes marea	Velocidad de corriente de marea en distintos nodos de la bahía, obtenidas mediante modelado numérico en Otero (2004)
2.8	Tsunami	Altura de ola de tsunami en distintos nodos de la bahía, obtenidos de estudios de modelado realizados en Restrepo y Otero (2007)
2.9	Usos del suelo	Solapamiento de los polígonos de emplazamiento potencial con las áreas previstas en el Plan de Ordenación Territorial (POT) del municipio de Buenaventura para el desarrollo de distintos usos

Fuente: SENER Pacífico, 2017

7 BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Municipal De Buenaventura, 2001. Plan de Ordenamiento territorial. Buenaventura. 125 p.

ANH-2D SEISMIC. 2010. Programa Sísmico Choco - Buenaventura 2d 2006. Subcuenca Del Río San Juan. Interpretación geológica de información geofísica. Informe final. Formación Mayorquín, pág. 26.

Aqua & Terra, 2017: Estudio de Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental Resolución 1428 del 10 de Noviembre de 2015 para la Construcción y Operación de la Terminal Portuaria, Energética, Multipropósito y Contenedores Puerto Solo, Buenaventura. Caracterización del Área de Influencia. PIO S.A.S.

Aspden, J. A. & Nivia, A. 1985. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:100.000. Plancha 278-Bahía de Buenaventura. INGEOMINAS. Bogotá.

Ávila Arias, S. E., Cárdenas, T., & Carlos, J. (2003). Entre lo vernáculo y lo contemporáneo reinterpretación de la vivienda palafítica en Buenaventura (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia).

Bastidas M., Puentes M. G. 2008. Estimación del riesgo por tsunami de origen cercano en la bahía de Buenaventura (Informe Final). San Andrés de Tumaco: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico.

Caballero, L. y Ortiz, M., 2003. Evaluación del impacto de tsunamis en el litoral Pacífico Colombiano. Part I (Región de Buenaventura). Boletín Científico CCCP 9, 45-57.

C.I.C. Consultores de Ingeniería y Cimentaciones S.A., 2012. Estudio geotécnico para la ampliación del muelle TCbuen en el estero el Aguacate Fase II, Buenaventura, Colombia.

CIOH, 2015: Lista de Luces de la República de Colombia. DIMAR, Cartagena de Indias D. T. y C., Diciembre 2015. Actualizada Hasta el 17 de mayo de 2016.

CIOH, (s.f.). Derrotero de las costas y áreas insulares de Colombia. Cabo Corriente a Pasacaballos. Recuperado de <https://www.cioh.org.co/documents/pdf/arhid/Temporal/Buenaventura.pdf>. Fecha de consulta: 26/10/2017.

Consorcio P.I.O S.A.S. 2014. Tomografía, Geotecnia, Geofísica. Informe de la Prospección Geofísica del Subsuelo del Área de influencia del Puerto de Puerto Solo, sector de tierra firme. Distrito de Buenaventura, Departamento del Valle del

Cauca.

Construir Ingeniería S.A:S., 2014. Revisión de los estudios Revisión de los estudios y diseños fase I y elaboración informe relacionado con las obras civiles de Puerto Solo como complemento al estudio de impacto ambiental, Buenaventura. Informe Geotécnico conceptual. Cali, Colombia.

Consultores Ambientales LTDA (2008): Programa de monitoreo y seguimiento ambiental para la construcción de TCBuen S.A. Informe. Agosto, 2009.

DIMAR, 2016: Carta náutica n. 155. Bahía de Buenaventura (Bahía Interna). Escala 1:25.000. Contiene Carta náutica del Puerto de Buenaventura, a Escala 1:15.000.

Hermelin, M. 1987. Bases de Geología Ambiental. Universidad Nacional de Colombia (Seccional Medellín). Medellín.

Hidrocaribe, 2014. Estudio de Impacto Ambiental – EIA para Proyecto de Construcción y operación del terminal portuario multipropósito Puerto Solo en Buenaventura. Sociedad Portuaria Energética Multipropósito y Contenedores Puerto Solo Buenaventura S.A.

Hidrocaribe, 2005. Estudio de Impacto Ambiental – EIA para Proyecto de Complejo Portuario Industrial CPI Buenaventura.

HIDTMA, 2012: Análisis de sedimentación en el canal de acceso a la terminal de contenedores de TCBUEN (Buenaventura). Colombia.

IDEAM, 2016: Pronóstico de Pleamares y Bajamares en la Costa Pacífica Colombiana Año 2017. Servicio Mareográfico, Bogotá D.C., Noviembre de 2016.

INCONTEC, 2008: Norma Colombiana NTC 4552-1. Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos). Parte 1: Principios Generales.

INGEOMINAS, 1988; Mapa Geológico de Colombia; Escala 1:1.500.000, Bogotá.

INGEOMINAS, Guevara, N. A. 2001. Mapa Geológico del departamento del Valle del Cauca.

INGEOMINAS. 2017. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia. En línea: <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php>.

INVEMAR-CVC, 2015: Propuesta de Objetivos de Calidad del Agua de la Bahía de Buenaventura y las Playas de Juanchaco, Ladrilleros y la Bocana. Proyecto: Determinación de objetivos de calidad por usos del recurso hídrico en la Bahía de Buenaventura – sector Cascajal, a través de la modelación de coliformes y DBO para definir diferentes escenarios de calidad del agua. Informe Técnico Final, Santa

Marta, diciembre de 2015.

INVEMAR, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis. 2006. Estudio de Modelación de Dispersión para Descarga de Costado del Dragado del Canal de Acceso y Estero Aguacate.

Jiménez, F., 2016: Análisis Socioeconómico de Buenaventura 2015. Cámara de Comercio de Buenaventura, Febrero de 2016.

Guerrero, D.; Latandret, S.; Peñaranda, J.; Martínez, C.; Romero, R.; Guzman. M., 2011: Comportamiento de la altura de la marea, temperatura ambiente, humedad relativa y la precipitación en la franja marítima pacífico-colombiana (Tumaco, Buenaventura, Isla Malpelo) durante el año 2011 a partir de los datos de las estaciones mareográficas y meteorológicas de DIMAR-CCCP. Dirección General Marítima – Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Tumaco, Colombia, 21 pp.

Gusiakov, V., K., 2005. Tsunami generation potential of different tsunamigenic regions in the Pacific. Marine Geology. 215, 3-9.

Hightower, Marion Michael, Luketa-Hanlin, Anay Josephine, & Attaway, Stephen W., 2008: Breach and safety analysis of spills over water from large liquefied natural gas carriers. Sandia National Laboratories, Report SAND2008-3153, May 2008, United States.

Luketa, A. J., 2011: Recommendations on the prediction of thermal hazard distances from large liquefied natural gas pool fires on water for solid flame models. Sandia National Laboratories, Report SAND2011-9415, December 2011; United States.

Málikov, I. 2010: Análisis de las Tendencias del Nivel del Mar a Nivel Local y su Relación con las Tendencias mostradas por los Modelos Internacionales. Nota Técnica IDEAM–METEO/020-2010.

Moffatt & Nichol, 2008. Caracterización Ambiental Puerto Agua Dulce.

MONTOYA, 2003. Geología de las planchas 240, 241, 259 y 260. INGEOMINAS.

N. F. P. Agency, 2016: NFPA 59A: Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG).

Osorio, A. F., Ortega, S. & Arango-Aramburo, S. (2016). Assessment of the marine power potential in Colombia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53, 966–977.

Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO)-CVC-Alcaldía de Buenaventura, 2008. Hacia la reducción del riesgo sísmico en Buenaventura.

Primera etapa del Proyecto 1128 Gestión del riesgo sísmico de Buenaventura.

Otero, L. J., 2004: Determinación del Régimen Medio y Extremal del Nivel del Mar para la Bahía de Buenaventura. Boletín Científico CCCP (2004), No. 11: 30-41.

París, G., Machette, M., Dart, R. & Haller, K., 2000: Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions. USGS.

PIANC, 2012: Safety Aspects Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals. Report N° 116.

Posada, B.O.; W. Henao y G. Guzmán, 2009. Diagnóstico de la erosión y sedimentación en la costera en la zona costera del Pacífico colombiano. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 17, Santa Marta, 148 páginas. Anexo Cartográfico, Mapa Geomorfológico de La Zona Costera del Departamento del Valle del Cauca, Mapa No 14, escala 1:100.000, Sector Boca Chavica – Bahía Málaga y Sector Punta Sande – Bocana Raposo.

Puertos del Estado, 2011: Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM) 2.0-11, Recomendaciones para el proyecto y ejecución de Obras de Atraque y Amarre.

Restrepo J., Luis J. Otero. (2007). Modelación numérica de eventos tsunamigénicos en la Cuenca Pacífica Colombiana - Bahía de Buenaventura. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 31(120): 363- 377, 2007. ISSN 0370-3908.

Superintendencia de Puertos y Transporte, 2016: Movimiento de Carga en los Puertos Marítimos Colombianos. Informe Consolidado DICIEMBRE 2016. Acumulado: Enero - Diciembre 2016. Ministerio de Transporte.

UNE-EN 1473:2008. Instalaciones y equipos para gas natural licuado. Diseño de las instalaciones terrestres.

Universidad del Valle. 1991. Proyecto de modelado hidráulico de la bahía de Buenaventura. Santiago de Cali.

Velasco, E.R., y López, G.I. 2016. Marco conceptual para investigaciones tsunamigénicas: caso litoral Pacífico colombiano. Boletín de Geología, 38(4): 79-106



20 años

upme

Unidad de Planeación Minero Energetica

Av. Calle 26 N° 69D - 91, Torre1 - Piso 9º, Bogotá D.C.
PBX (57) 1 222 06 01 FAX: 221 95 37
Línea Gratuita Nacional 018000 911 729
www.upme.gov.co



MinMinas
Ministerio de Minas y Energía

