

6.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

En esta sección se describen todos los aspectos relacionados con la información de línea base del ambiente físico del área donde se realizará el proyecto **Expansión de la Capacidad de Regasificación y Distribución de Gas Natural de Costa Norte LNG Terminal**.

Para esta descripción, se requirió tanto de información cualitativa como de datos cuantitativos, los cuales fueron obtenidos mediante la revisión de fuentes secundarias y primarias que incluyeron: giras de campo, toma de muestras y otros recursos metodológicos. El nivel de detalle presentado en este capítulo es acorde a la importancia que los componentes del ambiente físico tienen para la discusión de los impactos significativos y el desarrollo de medidas que puedan prevenir y mitigar tal impacto.

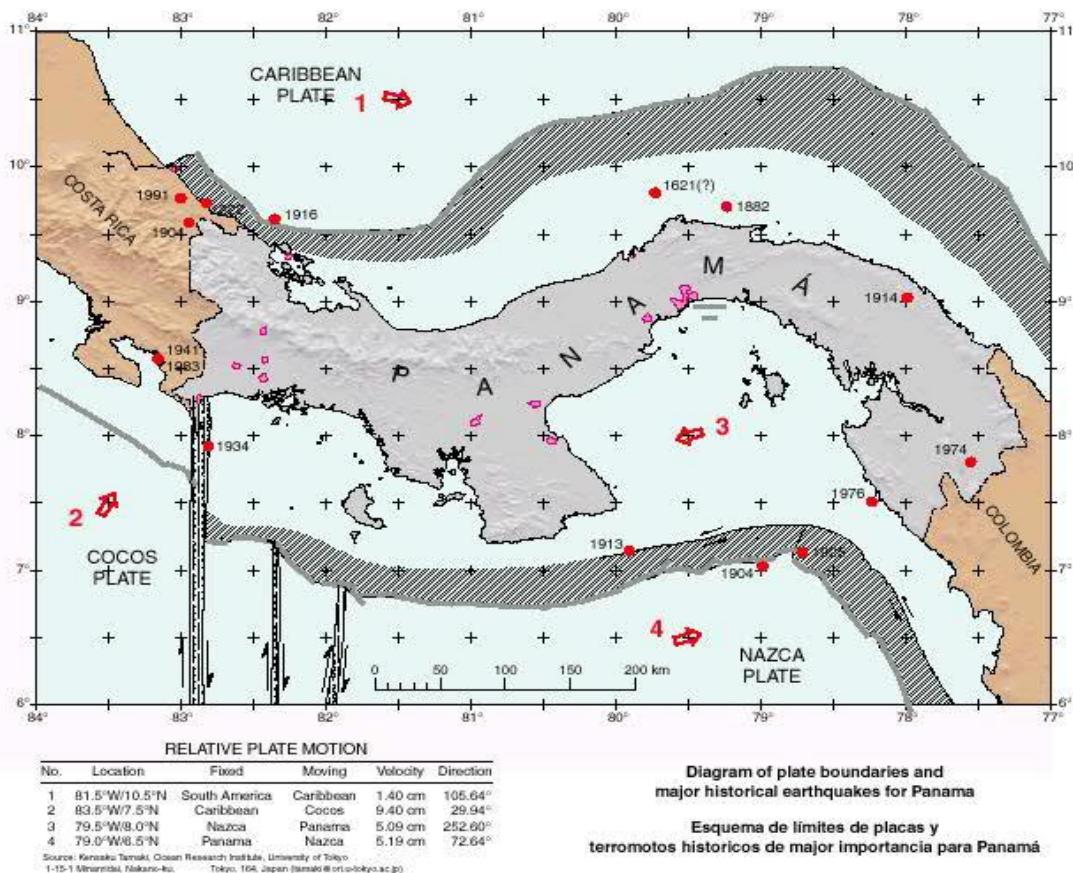
Se utilizaron como referencia para el desarrollo de este capítulo, estudios previos que la firma consultora ha realizado, así como documentos relacionados al área del proyecto, entre los que podemos mencionar el Estudio de Impacto Ambiental, categoría III, Proyecto Costa Norte, URS Holdings, Inc. (2015); Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010); Estudio de Impacto Ambiental Categoría II Proyecto de Recepción, Almacenamiento, Regasificación, Distribución y Comercialización de Gas Natural y la Construcción de una Central Térmica (2010), Estudio de Impacto Ambiental Categoría I Proyecto de Validación 5B Costa Norte Solar (2020), entre otros.

6.1. Formaciones Geológicas Regionales

El surgimiento del Istmo de Panamá hace unos 80 millones de años atrás, mediante una fisura de origen oceánico, la cual trajo como consecuencia la formación de un arco de islas de origen volcánico, que constituye a lo que actualmente llamamos la Cordillera Central. Desde la edad Cretácica se dieron los primeros procesos de erupción que corresponden al volcanismo submarino, posteriormente el volcanismo Terciario, específicamente del Mioceno, ocupa gran parte del territorio del Istmo. Este volcanismo fue de tipo Continental caracterizándose por ser muy explosivo y originar la principal cadena montañosa del país. Además de los ciclos de

sedimentación, desde el periodo Eoceno hasta el Pleistoceno y los del período actual, conformándose así, la actual configuración geológica y tectónica de Panamá (Figura 6-1).

Figura 6-1
Esquema de Límites de Placas del Bloque de Panamá



La miniplaca tectónica donde se sitúa el Istmo se ha denominado Bloque de Panamá y se encuentra sísmicamente activa, debido a la colisión de cuatro grandes placas tectónicas que la rodean:

Norte: Placa Caribe

Sur: Placa de Nazca

Sudoeste: Placa del Coco

Este: Placa Suramericana

La historia sismotectónica que presenta Panamá es reciente del Terciario, época que se caracteriza por que emergen las estructuras que actualmente se conocen.

El Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP) el cual conforma el límite Norte de la Microplaca Panamá, es la principal fuente de liberación de energía geológica más cercana al área del proyecto y está formada por una amplia zona de deformación originada por la convergencia entre la Placa Caribe y la Microplaca de Panamá. Se extiende en forma de arco paralela a la margen Caribe de Panamá, desde la entrada del Golfo de Urabá, en Colombia, hasta Puerto Limón, en el Caribe de Costa Rica.

Actualmente, se pueden encontrar dos tendencias que tratan de explicar la compleja Geología del Istmo de Panamá, a través de diferentes modelos. La primera propone que Panamá, se está moviendo en dirección NW, alejándose de la zona de convergencia activa del margen Continental de Sur América hacia la cuenca de Colombia. El movimiento es el resultado de una compleja interacción, que produce arrugamiento oroclinal de callamiento, de corrimiento lateral izquierdo y subducción (Mann, Corrigan; 1990). Por su parte, la segunda tendencia se basa en un modelo de subducción activa debajo de la sección Occidental de Panamá Éste, reconoce dos principales períodos volcánicos: del Mioceno Medio al Mioceno Superior y el Cuaternario. A cada uno de estos períodos, le corresponden diferentes tipos de proceso de subducción (Boer, Stewart, Blelton; 1991).

Sin entrar en discusión, de cuál de los dos modelos es el acertado, las investigaciones realizadas, indican que las rocas consideradas como más antiguas, afloran en áreas restringidas de la región Sur-Occidental de la Península de Azuero y de la Península de Las Palmas. Se trata de una formación de la edad Cretácica y corresponden, a un origen de volcanismo: basaltos, posibles espilitas y piritas.

Cronológicamente continúan formaciones, por lo menos en partes sedimentarias, cuyos fósiles, pertenecen exclusivamente a las últimas épocas del Cretácico Superior. En el Este del Canal de Panamá, aumentan progresivamente, lavas y tobas; mientras, disminuye el sedimentario aflorante.

Durante el Paleoceno y el Eoceno Inferior, ocurrieron fuertes empujes tectónicos; y el posterior emplazamiento de plutones a lo largo de la Cordillera de San Blas, y de la Península de Azuero y

Las Palmas. Estos acontecimientos, produjeron metamorfismos de contacto en rocas cretácicas, con la correspondiente formación de corneanas cruzadas por vetitas y diques ígneos.

El Oligoceno y Mioceno sedimentario, aparecen intercalados por abundantes coladas y piroclástitas. También en dichos períodos, hubo discreta actividad intrusiva con formación de plutones, principalmente en las vertientes Atlántica de la Cordillera. En el Plioceno Sedimentario, aparece en varias regiones, en una pequeña cuenca al Oeste de Colón (formaciones Toro-Chagres) y en el núcleo del sinclinal de la cuenca Darienita, conglomerados, areniscas y limonitas. Fue durante este período, donde se inició una nueva época volcánica y se cerró el paso entre los dos océanos (Atlántico y Pacífico), a causa de procesos geológicos que están aún en acción (Figura 6-1).

Las planicies de las costas de Colón pertenecen al Grupo Aguadulce, Formación Río Hato y su composición litológica se caracteriza por la presencia de conglomerados, areniscas, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas y pómez. Estos materiales pertenecen al grupo de rocas sedimentarias de finales del período Cuaternario, conocido como Holoceno de la Era Cenozoica. Los tipos más abundantes de rocas sedimentarias pertenecen al grupo de las Clásicas Terrígenas, formadas por fragmentos que provienen principalmente de la desintegración de las rocas silicatas más antiguas, al cual pertenecen las lutitas, areniscas y conglomerados, siendo las primeras de ellas la más abundante. La presencia de areniscas y conglomerados se relaciona con la existencia de guijarros cementados de materiales finos como limo, arena y grava (LNG, 2010).

6.1.1. Unidades Geológicas Locales

La descripción de las características geológicas fue realizada en base a información obtenida en estudios previos y a la cartografía obtenida del Mapa Geológico de la Zona del Canal de Panamá (Stewart, R. H. Et al. 1980), asimismo como información recopilada mediante gira de reconocimiento y con la ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG) de URS Holdings, Inc.

El área bajo estudio se encuentra en la parte central de Panamá, en la cual las investigaciones geológicas que se han realizado revelan la presencia de una cuenca sedimentaria bien definida. Esta cuenca va desde el Pacífico hasta el caribe atravesando el Istmo, formando una pared interconectada de cuencas que se caracterizan por ser delgadas y alargadas. Esta cuenca se desarrolló donde dos grandes fallas desasociaron los bloques tectónicos de Choroteca y Chocó. Mediante registros estratigráficos realizados en este sector se reflejan los eventos geológicos que llevaron a la separación de estos grandes rasgos estructurales.

Localmente, el área de influencia se encuentra localizada en la **Formación Río Hato (QR-Aha)** del Grupo Aguadulce, pertenecientes al período Cuaternario, (ver Figura 6-2, al final del capítulo). Esta formación geológica está compuesta principalmente por conglomerados, arenisca, lutitas, tobas y sedimentos no diferenciados. Contiene rocas sedimentarias del Cuaternario reciente, tales como: areniscas, conglomerados, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas y pómez. Esta formación localmente presenta sedimentos, no diferenciados, principalmente aluvión o relleno. Se le conoce también como “Lamas del Atlántico”.

La composición litológica se basa en la presencia de aluviones, sedimentos no consolidados, areniscas, corales, manglares, conglomerados y lutita carbonosa. Estos materiales pertenecen al grupo de rocas sedimentarias, las cuales se comenzaron a sedimentar a finales del Mioceno aproximadamente 20 millones de años atrás; de los materiales citados, se puede destacar la presencia de areniscas, ya que los estratos se forman a partir de las acumulaciones de sedimentos no consolidados; estas capas tienden hacer discontinuas y relativamente delgadas; algunos de estos estratos de aluviones y lutita carbonosa revelan estructuras sedimentarias como estratificación cruzadas e imbricaciones, que son el resultado del transporte y depósito de partículas provenientes de corrientes de agua.

La estructura geológica prevaleciente en el sector tiene una distribución y una orientación muy irregular, cuya configuración estructural se deriva en gran parte de procesos tectónicos ocurridos desde el Mioceno (Terciario) hasta el cuaternario reciente. El sector presenta una fuerte meteorización propia de la zona, a consecuencia de sus características climáticas, formando escasos afloramientos de rocas sanas observables.

La geología costera se define como depósitos de plataformas continentales e islas de conchas, depósitos carbonosos, depósitos de detrito altamente variados con componente pelágicos, semi pelágicos y terrígenos, predominando los sedimentos del Holoceno.

6.2. Caracterización del Suelo

Esta caracterización se realizó según el mapa de clasificación taxonómica de suelos de Panamá, y mediante la toma de muestras de suelos para su análisis fisicoquímico.

Los estudios de suelos previamente realizados en la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá indican que en esta región predominan los suelos ácidos desarrollados a partir de material parental de rocas y conglomerados ígneos, bajo intensos procesos de meteorización clasificados como Ultisoles. Estos suelos presentan características de acidez, infertilidad y la mayoría de ellos han perdido la capa superficial debido a procesos erosivos recurrentes.

Suelos Ultisoles

Los suelos Ultisoles ácidos predominan en la mayor parte de la cuenca del Canal, estos suelos se formaron a partir de material parental de rocas y conglomerados ígneos. Un perfil típico de este tipo de suelo presenta un horizonte superficial entre ócrico y úmbrico con mayor concentración de materia orgánica y un grosor variable, entre 8 y 20 centímetros de profundidad. En los suelos de la región es común que este horizonte superficial ya haya sido erosionado y en la superficie se encuentre expuesto solamente un horizonte subsuperficial argílico o sea de acumulación de arcilla “Bt”, el cual es mucho más lixiviado y ácido que el ócrico superficial, generalmente de una coloración rojiza debido a la abundancia de óxidos de hierro.

El perfil de este tipo de suelos se caracteriza por presentar un horizonte superficial arcilloso con acumulación de material orgánico producto de los procesos de descomposición y deposición de los diferentes organismos que viven en o sobre la superficie del suelo. El primer horizonte subsuperficial exhibe una acumulación de arcilla producto de la migración en el tiempo a través del medio poroso de la fracción de arcilla. Esta condición define un horizonte conocido como

argílico entre los 20 y 40 centímetros de profundidad en los sitios donde el mismo no ha sido removido o perdido por erosión hídrica. En un perfil de suelo típico siguen a continuación dos a tres horizontes también arcillosos donde la materia orgánica y los nutrientes van disminuyendo con la profundidad.

Análisis Físico Químico del Suelo

Las características físicas y químicas de los suelos en el área de influencia directa del proyecto se determinaron mediante el análisis de muestras de suelo que fueron colectadas el día 9 de febrero de 2021. Se tomaron dos muestras de suelo utilizando un barreno manual, las cuales fueron transportadas hasta el laboratorio Envirolab para un análisis de fertilidad y calidad. En la Tabla 6-1 se indican las coordenadas UTM (Datum WGS 84) de los puntos muestreados y su ubicación gráfica se visualiza en la Figura 6-3 (al final del capítulo).

Tabla 6-1
Coordenadas UTM de los Puntos de Muestreo de Suelo

| Punto de Muestreo | Coordenadas UTM (Datum WGS 84) | |
|------------------------------|---|--------------|
| | Este | Norte |
| EXS-1 | 619871 | 1031870 |
| EXS-2 | 619742 | 1031668 |

Fuente: URS Holdings, 2021.

En base a los resultados obtenidos (

Tabla 6-2) se puede inferir que el suelo presenta Índices de Actividad Microbiana (IAM) cercanos al límite superior recomendado en la Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos el cual establece un rango aceptable de 0.5 a 22.0. Este índice se refiere al rango para la determinación del riesgo de contaminación del suelo por sustancias químicas y se obtiene al dividir el resultado de la actividad de la enzima deshidrogenasa y la materia orgánica. Los valores obtenidos para el potencial de hidrógeno reflejan que predominan suelos neutros.

Asimismo, se observa que en ambos sitios de muestreo las variables que definen la fertilidad de los suelos se mantienen en su mayoría en niveles aceptables, a excepción del fósforo que reportó

en el sitio identificado como EXS-1 un valor muy bajo (1.19 mg/Kg) y en el sitio EXS-2 el valor fue por el contrario alto (1474.50 mg/Kg) lo que se considera como óptimo.

Tabla 6-2
Resultados del Análisis de Fertilidad y Calidad del Suelo

| Parámetros | Unidades | Muestras | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | | ESX-1 | EXS-2 |
| Materia orgánica | % | 4.57 | 1.82 |
| Actividad de Deshidrogenasa | µg TFF/g 24h | 99.30 | 35.79 |
| Potencial de Hidrógeno | Unidades de pH | 7.00 | 7.01 |
| Índice de actividad microbiana | --- | 21.71 | 19.70 |
| Capacidad de Intercambio Catiónico | --- | 6.23 | 8.48 |
| Aluminio | mg/Kg | 16.08 | 7.66 |
| Azufre | mg/Kg | 8.95 | 5.56 |
| Boro | mg/Kg | 0.346 | 0.141 |
| Calcio | mg/Kg | 1060.62 | 1537.07 |
| Cobre | mg/Kg | 0.374 | 0.441 |
| Fósforo | mg/Kg | 1.19 | 1474.50 |
| Hierro | mg/Kg | 13.53 | 5.74 |
| Magnesio | mg/Kg | 81.32 | 71.79 |
| Manganoso | mg/Kg | 6.65 | 4.20 |
| Molibdeno | mg/Kg | <0.46 | <0.46 |
| Potasio | mg/Kg | 27.79 | 14.84 |
| Sodio | mg/Kg | 40.47 | 43.03 |
| Zinc | mg/Kg | <0.01 | 0.561 |

Fuente: Elaborado por URS, en base al informe de resultados del laboratorio Envirolab, 2021.

En el caso de la granulometría, las muestras analizadas indican que los suelos del área del proyecto presentan características entre franco arcillo arenosos y franco arenoso, predominando la textura arenosa con un porcentaje entre 50.40 y 68.10%.

Tabla 6-3
Resultados de Granulometría

| Textura | Porcentaje (%) | |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | EXS-1 | EXS-2 |
| Arena | 50.40 | 68.10 |
| Arcilla | 23.40 | 15.90 |
| Limo | 26.30 | 16.10 |
| Tipo de suelo | Franco arcillo arenoso | Franco Arenoso |

Fuente: Elaborado por URS, en base al informe de resultados del laboratorio Envirolab, 2021.

6.2.1. Descripción del Uso de Suelo

La zona donde se localizará el proyecto pertenece a la denominada Área de Compatibilidad del Canal de Panamá, debido a esto el Promotor está tramitando actualmente la compatibilidad de uso con el Canal de Panamá, para la ocupación de las áreas del proyecto.

Actualmente, la zona del proyecto es administrada por AES Costa Norte LNG Terminal y por la Unidad Administrativa de Bienes Revertidos (UABR); y corresponde principalmente a terrenos de uso comercial e industrial, con vialidad existente y formaciones vegetales que incluyen vegetación herbácea y arbórea, tal como se describe en el Capítulo No. 7 de este documento y se señala en la Tabla 6-4.

**Tabla 6-4
Uso de Suelo Actual en el Área a Intervenir**

| Tipo de Uso | Área de Influencia Directa | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | Superficie (ha) | Porcentaje (%) |
| Bosque secundario joven | 0.708 | 9.1 |
| Gramíneas con árboles dispersos | 0.758 | 9.8 |
| Estructuras e infraestructura | 6.269 | 81.1 |
| Superficie Total a Intervenir | 7.735 | 100.000 |

Fuente: URS Holdings, Inc. 2021.

6.2.2. Deslinde de la Propiedad

La zona donde se desarrollará el proyecto puede dividirse en dos polígonos (ver Capítulo 5 descripción del área de influencia). Uno de ellos se localizará en su totalidad dentro de los terrenos de la Terminal Costa Norte, por lo tanto, su entorno se corresponde con terrenos ocupado por diversos componentes de dicha instalación. El segundo polígono abarcará tanto espacios ubicados dentro de dicha Terminal, siendo una situación similar a la descrita para el polígono anterior, así como espacios ubicados fuera de la misma, especialmente asociado al tendido del gasoducto. La sección de la huella del proyecto que estará ubicada fuera de la Terminal Costa Norte recorrerá terrenos que limitan con lo siguiente:

- Al norte con las instalaciones de la Terminal Costa Norte.
- Al este con terrenos de la empresa Petroports y la carretera al Muelle 16.
- Al oeste con las instalaciones de la empresa de Servicios Tecnológicos de Incineración S.A: (STI), espacios verdes sin uso actual y a mayor distancia con la Bahía Limón.
- Al sur con terrenos que forman parte de la concesión de Panama Ports.

6.2.3. Capacidad de Uso y Aptitud

La Capacidad de Uso de los Suelos se define como el potencial que tiene una unidad específica de suelo para ser utilizada en forma sostenida sin afectar su capacidad productiva, e indica el uso mayor o la intensidad con que se puede utilizar el suelo. Según el Centro Científico Tropical, la capacidad de uso de los suelos se determina utilizando parámetros agroecológicos como la pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, salinidad y toxicidad, drenaje, inundabilidad, zona de vida, periodo seco y viento.

De acuerdo con la capacidad de uso, los suelos pueden utilizarse en actividades de la clase a la que pertenecen o actividades de menor intensidad de uso. Los mejores suelos son los Clase I, que por sus cualidades no tienen ninguna restricción en su uso. A medida que aumenta el número de la clasificación se van restringiendo los usos hasta llegar a la Clase VIII que son suelos que, por sus muchas limitaciones, no deben utilizarse para ninguna actividad que no sea la de protección.

Los suelos del área de influencia directa del estudio pertenecen en su totalidad a la Clase VII (ver Figura 6-4 al final del capítulo), estos suelos son considerados pobres y una de las clases menos aptas para la producción agropecuaria, además se caracterizan por ser planos de poca profundidad y con niveles de fertilidad muy bajos, siendo esta su principal limitante. Otra limitante es la inundabilidad que se restringe a las llanuras de inundación de los ríos principales, sin embargo, para el área del proyecto las condiciones existentes asociadas a intervenciones humanas y la presencia de un sistema de manejo de agua de lluvia reducen la probabilidad de ocurrencia de inundaciones.

6.3. Topografía

El área de estudio posee actualmente una topografía plana sin mayores cambios en los polígonos que la conforman, tanto para el área de influencia directa como para su entorno inmediato, principalmente como resultado de la intervención a la cual a sido sometida y a su cercanía a la zona costera. En esta sección se describen las características topográficas en el área de influencia del proyecto.

6.3.1. Mapa Topográfico o Plano, Segundo Área a Desarrollar a Escala 1:50,000

En la Figura 6-5 al final del capítulo, se presenta la topografía del área de estudio en escala 1:50,000, donde se observa que el terreno posee una topografía plana sin mayores cambios, la altura máxima del terreno que será influenciado directamente por las obras de construcción del proyecto es de 10 msnm.

6.4. Clima

El conocimiento de las condiciones climáticas del área o zona a donde se va a desarrollar el proyecto es muy importante en el proceso de evaluación de impacto ambiental, debido a la influencia que estas condiciones puedan tener sobre los criterios a considerar en las diferentes fases del proyecto (diseño, construcción y operación); asimismo son un factor precursor de otras condiciones ambientales relacionadas con aspectos tales como la calidad de aire, hidrología, entre otros.

En términos generales, el comportamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) determina las variaciones climáticas generales en Panamá, las cuales luego sufren ciertas variaciones a nivel local, dependiendo de las características de cada región. La ZCIT se desplaza estacionalmente en sentido Norte - Sur provocando alteraciones periódicas en la tasa de precipitación, generando dos épocas bien diferenciadas. Entre los meses de mayo y noviembre se presentan las mayores precipitaciones (época lluviosa), las cuales se reducen a niveles bajos entre diciembre y abril (época seca).

En esta sección se presentan las características climáticas predominantes para la zona donde se desarrollará el proyecto. Esta descripción incluye las siguientes variables: precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, radiación solar y evaporación.

6.4.1. Metodología

La información climática obtenida en el Atlas Nacional de la República de Panamá (2010) fue la principal fuente de referencia para el desarrollo de esta sección, asimismo se han analizado los datos climáticos de la Estación Limón Bay ubicada en la provincia de Colón la cual forma parte de la red de estaciones hidrometeorológicas de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP). En la tabla a continuación, se presentan las principales características de la estación.

Tabla 6-5
Datos de la Estación Hidrometeorológica Limón Bay

| Nº | Nombre | Provincia | Elevación (m) | Coordenadas UTM | | Tipo de Estación | Río, Lago o Mar |
|----------------|----------------------|------------------|--------------------------|------------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | | | Este | Norte | | |
| 117-015 | Limon Bay | Colón | 3 | 619177 | 1034280 | Principal (Tipo A) Automática | Atlántico |

Fuente: ETESA. 2021.

6.4.2. Tipo de Clima

El tipo de clima presente en la zona donde se desarrollará el proyecto es un Clima Tropical Oceánico con Estación Seca Corta, según la clasificación de McKay¹, como se observa en la Figura 6-6 (al final del capítulo). Este tipo de clima se presenta en las tierras bajas y se caracteriza por temperaturas medias anuales de 26.5 en las costas y de 25.5 hacia el interior del continente y precipitaciones abundantes alrededor de los 4,760 mm; también posee una estación seca corta de cuatro a diez semanas de duración (febrero-marzo), con precipitaciones entre 40 y 90 mm.

¹ Dato obtenido de la sobreposición del área de estudio contra el mapa de climas del Atlas Nacional de la República de Panamá de 2010.

6.4.3. Precipitación

En la Tabla 6-6 y en la Gráfica 6-1 se presentan los datos promedios, máximos y mínimos de precipitación anual y mensual, registrados en la Estación Limon Bay. En base a estos datos la precipitación anual en el área de desarrollo del Proyecto varía entre 2,524 mm y 4,239 mm, con una media de 3,232.6 mm.

En los datos mensuales se observa que el período de mayor precipitación promedio es entre los meses de mayo a diciembre, el nivel más alto se registra en el mes de noviembre 652.1 mm. Por otra parte, entre los meses de menor precipitación (enero a abril), el máximo valor promedio registrado se reportó en el mes de abril con 124.2 mm, y en el mes de febrero se registró el menor promedio mensual con 18.3 mm. Tomando en cuenta los datos disponibles, se observa que el año 2012 fue el más lluvioso con una precipitación de 4,239.0 mm y el año con menor precipitación fue el 2013 con 2,524.0 mm.

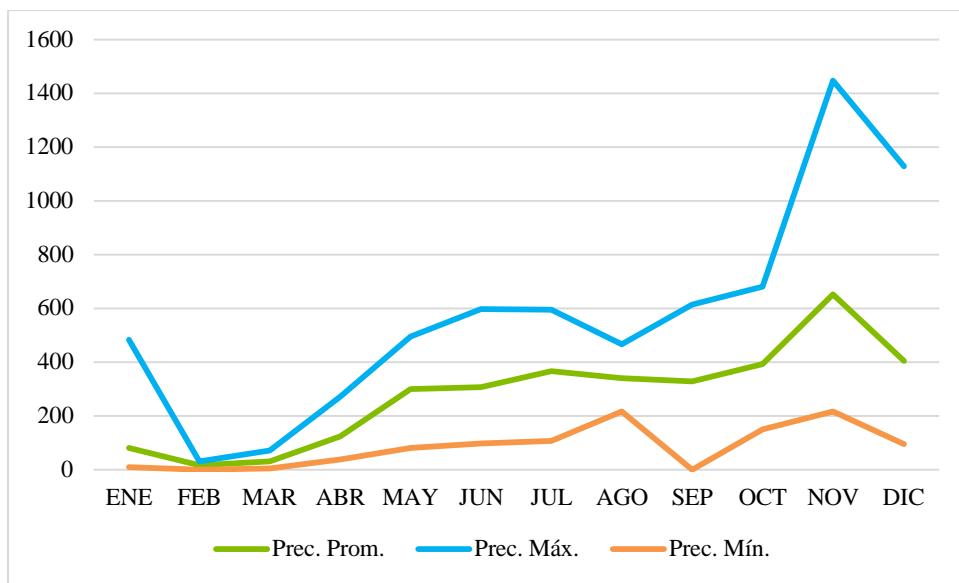
Tabla 6-6
Precipitación Mensual y Anual (mm) – Estación Limon Bay (2005-2019)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|--------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 2005 | 76.2 | 30.5 | 35.6 | 271.8 | 309.9 | 213.4 | 175.3 | 414.0 | 383.5 | 203.2 | 591.8 | 182.9 | 2888.0 |
| 2006 | 76.2 | 0.0 | 71.1 | 152.4 | 375.9 | 96.5 | 401.3 | 215.9 | 223.5 | 281.9 | 701.0 | 289.6 | 2885.4 |
| 2007 | 10.2 | 15.2 | 40.6 | 204.0 | 319.0 | 228.0 | 493.0 | 402.0 | 288.0 | 678.0 | 842.0 | SD | 3520.0 |
| 2008 | 13.0 | 28.0 | 8.0 | 138.0 | 366.0 | 393.0 | 382.0 | 320.0 | 123.0 | 332.0 | 885.0 | SD | 2988.0 |
| 2009 | 77.0 | 25.0 | 19.0 | 168.0 | 91.0 | 234.0 | 376.0 | 466.0 | 386.0 | 312.0 | 501.0 | 96.0 | 2751.0 |
| 2010 | 25.0 | 10.0 | 46.0 | 100.0 | 82.0 | 522.0 | 224.0 | 345.0 | 169.0 | 680.0 | 726.0 | 1129.0 | 4058.0 |
| 2011 | 283.0 | 27.0 | 42.0 | 95.0 | 212.0 | 369.0 | 420.0 | 327.0 | 335.0 | 295.0 | 873.0 | 452.0 | 3730.0 |
| 2012 | 19.0 | 17.0 | 60.0 | 183.0 | 348.0 | 226.0 | 400.0 | 250.0 | 440.0 | 334.0 | 1448.0 | 514.0 | 4239.0 |
| 2013 | 10.0 | 22.0 | 36.0 | 77.0 | 455.0 | 284.0 | 266.0 | 423.0 | 0.0 | 529.0 | 217.0 | 205.0 | 2524.0 |
| 2014 | 52.0 | 31.0 | 26.0 | 88.0 | 494.0 | 439.0 | 108.0 | 323.0 | 295.0 | 477.0 | 359.0 | 281.0 | 2973.0 |
| 2015 | 16.5 | 23 | 17.5 | 47.5 | 240.0 | 171.0 | 301.0 | 321.0 | 540.0 | 561.0 | 402.0 | 136.0 | 2776.5 |
| 2016 | 29.0 | 21.0 | 4.0 | 38.0 | 241.0 | 323.0 | 596.0 | 312.0 | 613.0 | 250.0 | 702.0 | 220.0 | 3349.0 |
| 2017 | 21.0 | 9.0 | 21.0 | 40.0 | 421.0 | 270.0 | 572.0 | 304.0 | 403.0 | 407.0 | 579.0 | 741.0 | 3788.0 |
| 2018 | 482.0 | 6.0 | 26.0 | 76.0 | 319.0 | 597.0 | 505.0 | SD | SD | SD | SD | SD | SD |
| 2019 | 22.0 | 10.0 | 17.0 | 184.0 | 217.0 | 253.0 | 286.0 | 329.0 | 396.0 | 150.0 | 303.0 | 619.0 | 2786.0 |
| Prec. Prom. | 80.8 | 18.3 | 31.3 | 124.2 | 299.4 | 307.9 | 367.0 | 339.4 | 328.2 | 392.2 | 652.1 | 405.5 | 3232.6 |
| Prec. Máx. | 482.0 | 31.0 | 71.1 | 271.8 | 494.0 | 597.0 | 596.0 | 466.0 | 613.0 | 680.0 | 1448.0 | 1129.0 | 4239.0 |
| Prec. Mín. | 10.0 | 0.0 | 4.0 | 38.0 | 82.0 | 96.5 | 108.0 | 215.9 | 0.0 | 150.0 | 217.0 | 96.0 | 2524.0 |

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Gráfica 6-1
Precipitación Promedio Mensual, Máxima y Mínima (mm)
Estación Limon Bay (2005-2019)



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.4.4. Temperatura

Los valores de temperatura también fueron analizados utilizando los datos disponibles de la Estación Limon Bay del período entre 2005 - 2019; los valores reportados durante este periodo se presentan en la Tabla 6-7 y en la Gráfica 6-2.

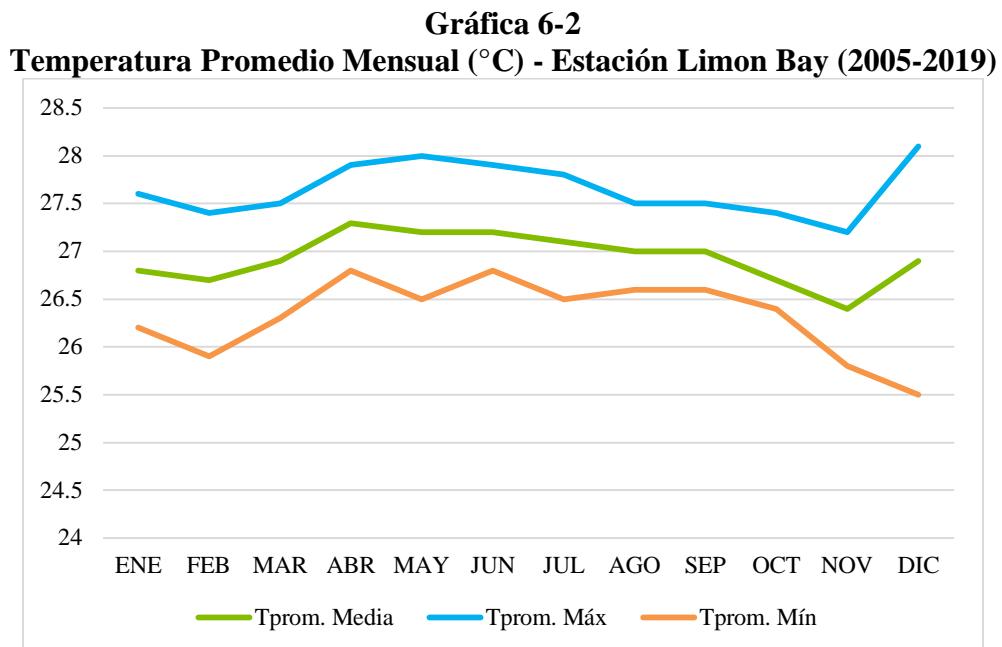
El promedio anual de temperatura registrado en la zona alcanza los 27.0°C con pocas variaciones a lo largo del año, la diferencia entre el mes más caliente y el más frío fue de 0.9°C oscilando entre 27.3° C (abril) y 26.4°C (noviembre), también se puede observar que el año más caluroso fue el 2015 con un promedio anual de 27.4°C y el año con menor temperatura fue el 2008 con 26.7°C, mostrando una diferencia entre ambos de apenas 0.7 °C. Estos datos confirman la poca variabilidad de este parámetro para la zona.

Tabla 6-7
Temperatura Promedio Mensual Anual, Máxima y Mínima (°C) – Estación Limon Bay (2005-2019)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM |
|---------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 2005 | 26.2 | 25.9 | 26.7 | 27.1 | 26.5 | 26.9 | 27.8 | 27.2 | 26.8 | 26.7 | 26.3 | 27.3 | 26.8 |
| 2006 | 27 | 26.7 | 27.5 | 26.9 | 27.2 | 27.3 | 27.2 | 27.4 | 27.1 | 26.8 | 26.5 | 27.2 | 27.1 |
| 2007 | 27.3 | 26.9 | 27.2 | 27.3 | 27 | 27.2 | 27 | 26.6 | 26.8 | 26.4 | 26.4 | 25.8 | 26.8 |
| 2008 | 26.8 | 26.6 | 26.7 | 27 | 27 | 27 | 26.5 | 26.8 | 27.2 | 26.8 | 25.9 | 26.4 | 26.7 |
| 2009 | 26.7 | 26.6 | 26.3 | 27.1 | 27.2 | 27.2 | 27.3 | 27.1 | 27.5 | 26.9 | 26.6 | 27.5 | 27.0 |
| 2010 | 27.3 | 27.4 | 27.5 | 27.9 | 28 | 27.2 | 26.9 | 26.8 | 26.7 | 26.4 | 25.8 | 25.5 | 26.9 |
| 2011 | 26.3 | 26.7 | 26.7 | 26.8 | 27.2 | 27 | 26.9 | 26.9 | 27 | 26.6 | 26.4 | 26.7 | 26.8 |
| 2012 | 27.1 | 26.4 | 26.7 | 26.9 | 27.1 | 27.4 | 27 | 26.7 | 26.9 | 26.5 | 26.3 | 26.7 | 26.8 |
| 2013 | 26.4 | 26.8 | 26.9 | 27.4 | 27 | 26.9 | 26.9 | 26.6 | 26.8 | 26.7 | 27.2 | 27.3 | 26.9 |
| 2014 | 26.9 | SD | 26.9 | 27.2 | 27.3 | SD | SD | SD | SD | 26.6 | 26.4 | SD | 26.9 |
| 2015 | SD | SD | 26.84 | 27.43 | 27.53 | 27.77 | 27.28 | 27.37 | 27.36 | 27.36 | 27.16 | 28.14 | 27.4 |
| 2016 | 27.6 | 27.3 | 27.2 | 27.7 | 27.9 | SD | 27.1 | 27.5 | 27.0 | 26.8 | 26.0 | 27.0 | 27.2 |
| 2017 | 26.8 | 26.9 | 27.1 | 27.6 | 27.2 | 27.3 | SD | 27.2 | 27.2 | 27.3 | 26.4 | 26.6 | 27.1 |
| 2018 | 26.2 | 26.6 | 26.8 | 27.1 | 27.0 | 26.8 | 27.1 | SD | 26.6 | 26.6 | SD | SD | 26.8 |
| 2019 | 26.9 | SD | SD | 27.4 | 27.4 | 27.9 | SD | SD | 26.9 | 26.6 | 26.9 | 27.1 | 27.1 |
| Tprom. Media | 26.8 | 26.7 | 26.9 | 27.3 | 27.2 | 27.2 | 27.1 | 27.0 | 27.0 | 26.7 | 26.4 | 26.9 | 27.0 |
| Tprom. Máx | 27.6 | 27.4 | 27.5 | 27.9 | 28.0 | 27.9 | 27.8 | 27.5 | 27.5 | 27.4 | 27.2 | 28.1 | 27.4 |
| Tprom. Mín | 26.2 | 25.9 | 26.3 | 26.8 | 26.5 | 26.8 | 26.5 | 26.6 | 26.6 | 26.4 | 25.8 | 25.5 | 26.7 |

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.4.5. Humedad Relativa

Los datos utilizados para el análisis de la humedad relativa, al igual que para los parámetros anteriores, fueron obtenidos de los registros de la Estación Limon Bay, para el período 2005 – 2019. Estos datos se presentan en la Tabla 6-8 y en la Gráfica 6-3.

Para el periodo analizado se observa que la humedad relativa presenta un promedio anual de 85.5% oscilando a nivel mensual entre 82.1%, valor reportado en el mes de febrero, y 88.2% en los meses de agosto y noviembre, estos datos corresponden en cierta forma con los cambios entre ambas temporadas (lluviosa y seca). Durante la temporada seca la humedad presentó niveles promedio que no pasan los 83.0% y durante la temporada lluviosa de mantuvo por encima de los 86.2%.

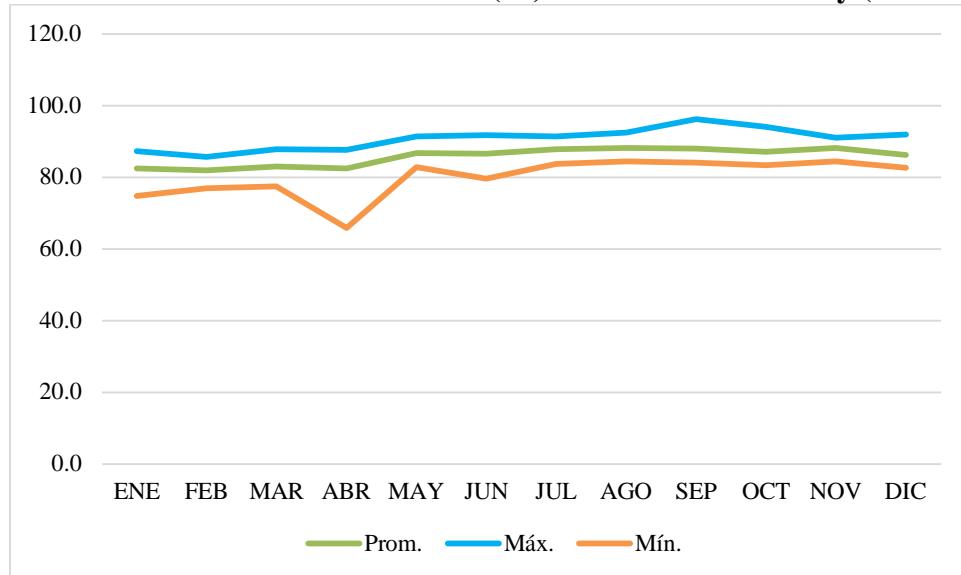
Tabla 6-8
Humedad Relativa Promedio Mensual y Anual (%) - Estación Limon Bay (2005-2019)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2005 | 87.3 | 85.6 | 86.8 | 87.6 | 91.4 | 91.8 | 89.8 | 92.5 | 96.3 | 94.1 | 91.1 | 83.1 | 89.8 |
| 2006 | 83.8 | 85.4 | 87.5 | SD | 91.3 | 89.8 | 90.2 | 89.1 | 90.1 | 91.1 | 90.5 | 88.4 | 88.8 |
| 2007 | 84.2 | 83.6 | 83.7 | 86.2 | 89.3 | 89.1 | 89.6 | 89.6 | 89.2 | 89.4 | 91 | 91.9 | 88.1 |
| 2008 | 82.8 | 83.4 | 82.6 | 84.1 | 86.5 | 88.6 | 89.5 | 88.8 | 87.1 | SD | SD | SD | SD |
| 2009 | 84.5 | 84 | 83.6 | 84.3 | 87.4 | 86.7 | SD | SD | SD | SD | 90.3 | 86.3 | 85.9 |
| 2010 | 83.9 | 85.2 | 85.3 | 85.9 | 85 | 79.7 | 83.7 | 86.0 | 84 | 83.3 | 84.4 | 83.7 | 84.2 |
| 2011 | 83.5 | 76.9 | 82.6 | 85.9 | 88 | 89 | 88.9 | 89.0 | SD | SD | SD | SD | SD |
| 2012 | SD | 83.5 | 85.6 | 66.0 | 83.7 | 81.2 | 86.4 | 87.5 | 86.8 | 87.3 | 89 | 90 | 84.3 |
| 2013 | 85.7 | 85.7 | 87.8 | 87.7 | 89.8 | 90.9 | 91.4 | 91.3 | 91 | 89.8 | 89 | 87.7 | 89.0 |
| 2014 | SD |
| 2015 | SD | SD | 77.4 | 82.1 | 84.9 | 85.4 | 86.0 | 86.5 | 87.1 | 85.5 | 85.3 | 82.7 | 84.3 |
| 2016 | 76.0 | 77.7 | 79.5 | 80.6 | 83.3 | SD | 85.5 | 84.6 | 84.9 | 84.9 | 87.4 | 82.6 | 82.5 |
| 2017 | 77.2 | 77.5 | 77.8 | 81.1 | 85.6 | 84.2 | SD | 85.2 | 84.5 | 83.5 | 85.7 | 84.2 | 82.4 |
| 2018 | 85.0 | 77.0 | 78.6 | 80.8 | 84.5 | 87.1 | 86.3 | SD | 87.0 | 83.7 | SD | SD | 83.3 |
| 2019 | 74.8 | SD | SD | 78.5 | 82.9 | 82.3 | SD | SD | 87.6 | 87.0 | 86.9 | 87.3 | 83.4 |
| HR Prom. | 82.4 | 82.1 | 83.0 | 82.4 | 86.7 | 86.6 | 87.9 | 88.2 | 88.0 | 87.2 | 88.2 | 86.2 | 85.5 |
| HR Prom. Máx. | 87.3 | 85.7 | 87.8 | 87.6 | 91.4 | 91.8 | 91.4 | 92.5 | 96.3 | 94.1 | 91.1 | 91.9 | 89.8 |
| HR Prom. Mín. | 74.8 | 76.9 | 77.4 | 66 | 82.9 | 79.7 | 83.7 | 84.6 | 84 | 83.3 | 4.4 | 82.6 | 82.4 |

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Gráfica 6-3
Humedad Relativa Promedio Mensual (%) – Estación Limon Bay (2005-2019)



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.4.6. Velocidad y Dirección del Viento

La velocidad promedio mensual del viento según los registros de la Estación Limon Bay en el periodo 2005 – 2019 (Tabla 6-9, Gráfica 6-4) oscila entre los 12.4 km/h (septiembre) y 27.6 km/h (febrero). Según la escala de Beaufort, estas velocidades se consideran desde muy débiles a brisas moderadas.

Durante la estación seca, entre los meses de enero a abril, se registran velocidades de viento promedio que oscilan entre 21.4 a 27.6 km/h, en cambio durante la temporada lluviosa estos valores de reducen, de tal manera que durante los meses de mayo a diciembre se presentaron velocidades de 12.4 a 20.2 km/h.

Además, se observa que el año que presentó la mayor velocidad fue 2018 en el cual se alcanza un promedio de 20.8 km/h, mientras que, en el año 2011 se obtiene la menor velocidad del viento promedio con 15.7 km/h.

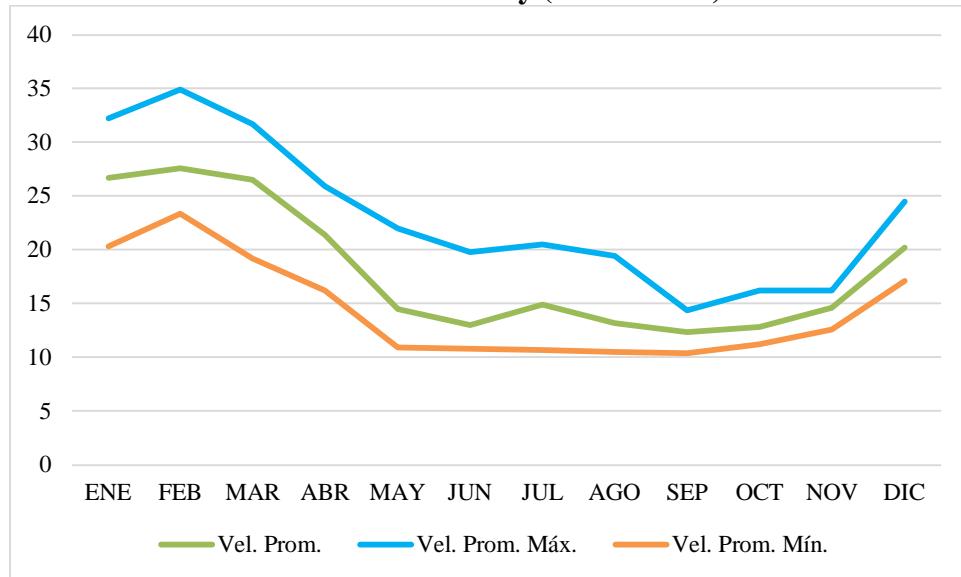
Tabla 6-9
Velocidad Mensual Promedio del Viento (km/h) - Estación Limon Bay (2005 – 2019)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| 2005 | 29.5 | 28.8 | 19.2 | 20 | 12.1 | 11.4 | 13.2 | 12.9 | 12.7 | 13.4 | 15.3 | 19 | 17.3 |
| 2006 | 25.7 | 29.1 | 29.5 | 20.1 | 14.8 | 14.5 | 13.5 | 15.3 | 11.7 | 12.7 | 15.9 | 18.8 | 18.5 |
| 2007 | 32.2 | 25.7 | 26.4 | 16.9 | 12.6 | 12.2 | 12.4 | 11.3 | 11.4 | 13.2 | 15.8 | 18.5 | n/d |
| 2008 | 29.1 | 24.5 | 25.3 | 22 | 15.8 | 12.2 | 12.2 | 11.4 | 11.7 | 13.4 | 13 | 20.6 | 17.6 |
| 2009 | 26.5 | 30 | 27.4 | 24.9 | 14.7 | 11.3 | 15.0 | 14.3 | 12.5 | 11.2 | 14.4 | 19.8 | 18.5 |
| 2010 | 24.7 | 23.4 | 22.7 | 19.4 | 14.2 | 10.8 | 10.7 | 10.5 | 12.5 | 12.2 | 13.2 | 21.6 | 16.3 |
| 2011 | 20.3 | 23.7 | 24 | 18.5 | 14 | 11 | 13.4 | 10.6 | 10.4 | 11.8 | 13.1 | 17.1 | 15.7 |
| 2012 | 27.2 | 26.1 | 28.9 | 16.2 | 10.9 | 11.7 | 15.5 | 11.7 | 12 | 11.8 | 15.4 | 18.9 | 17.2 |
| 2013 | 24.1 | 25.2 | 25.6 | 21.5 | 15.2 | 11.1 | 13.5 | 12.3 | 10.6 | 11.5 | 15.5 | 20.2 | 17.2 |
| 2014 | 23.8 | SD | 23.4 | 22.7 | 15.1 | SD | SD | SD | SD | 11.2 | 12.6 | SD | 17.1 |
| 2015 | SD | SD | 31.7 | 25.9 | 22.0 | 19.8 | 20.5 | 19.4 | 14.4 | 13.0 | 15.1 | 23.4 | 20.5 |
| 2016 | 27.4 | 33.1 | 27.4 | 22.7 | 16.6 | SD | 16.6 | 14.8 | 13.7 | 13.0 | 15.5 | 20.2 | 20.1 |
| 2017 | 28.1 | 27.0 | 29.9 | 22.3 | 11.9 | 12.6 | SD | 13.7 | 12.6 | 16.2 | 14.0 | 24.5 | 19.3 |
| 2018 | 24.8 | 34.9 | 29.9 | 22.7 | 14.4 | 13.7 | 19.4 | SD | 11.9 | 15.5 | SD | SD | 20.8 |
| 2019 | 29.9 | SD | SD | 24.5 | 13.7 | 16.9 | 17.6 | SD | 15.1 | 12.6 | 16.2 | 20.2 | 18.5 |
| Vel. Prom. | 26.7 | 27.6 | 26.5 | 21.4 | 14.5 | 13.0 | 14.9 | 13.2 | 12.4 | 12.8 | 14.6 | 20.2 | 18.2 |
| Vel. Prom. Máx. | 32.2 | 34.9 | 31.7 | 25.9 | 22.0 | 19.8 | 20.5 | 19.4 | 14.4 | 16.2 | 16.22 | 24.5 | 20.8 |
| Vel. Prom. Mín. | 20.3 | 23.4 | 19.2 | 16.2 | 10.9 | 10.8 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 11.2 | 12.6 | 17.1 | 15.7 |

SD: Sin datos.

Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP,
 Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología,
 2020.

Gráfica 6-4
Promedio Mensual de la Velocidad del Viento (km/h)
Estación Limon Bay (2005 – 2019)



Fuente: Datos 2005-2013 EsIA Costa Norte, (URS 2015). Datos 2014-2019 suministrados por ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

En cuanto a los datos relacionados con la dirección predominante del viento registrado en la Estación Limon Bay entre los años 2014 y 2019 (Tabla 6-10), se observa que, entre los meses de diciembre y abril, la dirección de los vientos varía principalmente entre 74. 2° y 319.3°, mientras que entre mayo y noviembre oscila entre 165.6° y 268.4°.

Tabla 6-10
Dirección Promedio Mensual del Viento (grados) Estación Limon Bay (2014-2019)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2014 | 114.1 | 74.2 | 128.3 | 138.2 | 165.6 | 221.3 | SD | SD | 204.3 | 197.7 | 219.0 | SD |
| 2015 | SD | 295.0 | 279.1 | 258.3 | 226.5 | 215.6 | 261.7 | 268.4 | 237.0 | 196.6 | 194.1 | 207.6 |
| 2016 | 271.9 | 301.8 | 288.6 | 265.7 | 217.6 | 195.6 | 232.8 | 216.5 | 211.7 | 183.7 | 204.1 | 163.8 |
| 2017 | 191.4 | 252.2 | 226.7 | 256.2 | 189.8 | 183.8 | 215.1 | 206.4 | 182.2 | 191.7 | 212.9 | 162.4 |
| 2018 | 248.0 | 171.5 | 294.5 | 246.2 | 207.4 | 214.9 | 223.8 | 236.3 | 212.3 | 192.1 | 204.8 | 291.0 |
| 2019 | 319.3 | 315.5 | 308.9 | 280.0 | 205.7 | 192.7 | 242.7 | 249.2 | 201.4 | 170.6 | 219.3 | 204.7 |

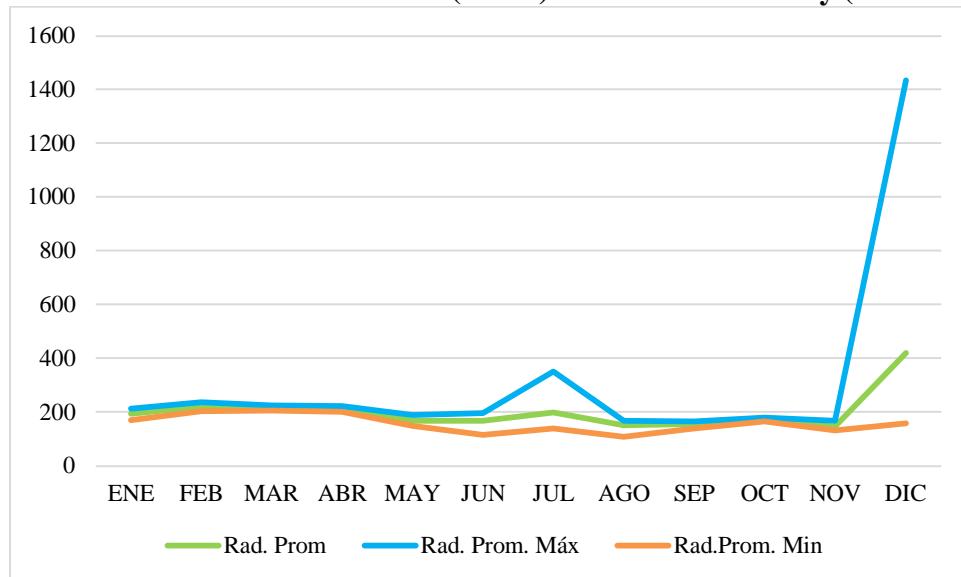
SD: Sin datos. Fuente: ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.4.7. Radiación Solar

La radiación solar según los registros obtenidos en la Estación Limon Bay (Gráfica 6-5, Tabla 6-11) entre los años 2015-2019, alcanza un promedio anual de 210.9 W/m², los promedios mensuales oscilan entre 147.3 W/m² (noviembre) y 420.2 W/m² (diciembre), este último valor es principalmente influenciado por una situación particular de altos niveles registrados en diciembre de 2018; año en el que también se refleja la misma situación en los datos del mes de julio, donde el valor promedio fue de 350.7 W/m², lo que difiere del patrón de valores registrados en el resto de los años para esta temporada del año.

El resto de los años analizados mostraron que la distribución mensual de los niveles de radiación solar durante la época seca fue mayor (enero-abril), a diferencia del resto del año en donde los valores de radiación descienden bajo la influencia de las lluvias.

**Gráfica 6-5
Radiación Solar Promedio Mensual (W/m²) Estación Limon Bay (2015 – 2019)**



Fuente:ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

Tabla 6-11
Promedio Mensual y Anual de la Radiación Solar (W/m²)
Estación Limon Bay (2015 – 2019)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | PROM |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2015 | SD | 216.6 | 221.6 | 213.3 | 149.0 | 197.1 | 158.2 | 161.4 | 148.3 | 167.0 | 149.7 | 169.4 | 177.4 |
| 2016 | 195.7 | 203.6 | 207.0 | 217.4 | 188.3 | 191.1 | 137.9 | 155.4 | 138.0 | 164.6 | 130.9 | 167.5 | 174.8 |
| 2017 | 213.7 | 232.7 | 223.8 | 215.1 | 163.9 | 165.0 | 145.4 | 168.2 | 165.6 | 171.1 | 140.7 | 158.7 | 180.3 |
| 2018 | 169.2 | 235.5 | 216.3 | 200.1 | 170.4 | 115.3 | 350.7 | 109.0 | SD | SD | SD | 1434.3 | 333.4 |
| 2019 | 198.9 | 215.5 | 214.0 | 221.6 | SD | SD | SD | 161.6 | 166.9 | 179.1 | 168.1 | 171.3 | 188.6 |
| Prom. | 194.4 | 220.8 | 216.5 | 213.5 | 167.9 | 167.1 | 198.0 | 151.1 | 154.7 | 170.4 | 147.3 | 420.2 | 210.9 |
| Prom. Máx. | 213.7 | 235.5 | 223.8 | 221.6 | 188.3 | 197.1 | 350.7 | 168.2 | 166.9 | 179.1 | 168.1 | 1434.3 | 333.4 |
| Prom. Mín. | 169.2 | 203.6 | 207.0 | 200.1 | 149.0 | 115.3 | 137.9 | 109.0 | 138.0 | 164.6 | 130.9 | 158.7 | 174.8 |

SD: Sin datos. Fuente: ACP, Vicepresidencia de Administración del Recurso Hídrico, División de Agua, Sección de Meteorología e Hidrología, 2020.

6.5. Hidrología

El área donde se va a desarrollar el proyecto está ubicada en la cuenca hidrográfica denominada Ríos entre el Chagres y Mandinga (Cuenca No. 117), la cual abarca una superficie total de 1,122 km². El río Cuango es el principal de la cuenca con una longitud de 34.1 km cuya cuenca ocupa el 13.53% del distrito Colón. Otros cursos de agua de esta cuenca son los ríos: Cascajal, Piedra, Viento Frío y Pato; sin embargo, ninguno de estos cuerpos de agua forma parte ni colinda con el polígono a desarrollar. Ver la Figura 6-5, al final de este capítulo.

El sistema hidrográfico de esta cuenca presenta los parámetros morfológicos característicos de regiones costeras, que como tal, conforman una unidad topográfica con laderas, pero débiles relieves de lomas y colinas bajas, y cordones litorales estrechos, que originalmente fueron afectados por abrasiones marinas, por ende serpentean corrientes superficiales, consecuentemente la escorrentía superficial, el patrón de descarga, la erosión y el transporte de sedimentos, está influenciado por la morfología del sector, las débiles pendientes y el tipo e intensidad de drenaje.

6.5.1. Calidad de las Aguas Superficiales

La cuenca de los ríos entre el Chagres y Mandinga (117) descrita anteriormente presenta diversas actividades humanas que alteran la calidad de las aguas superficiales, respecto a las condiciones

naturales originales. En el área se observa la presencia de proyectos de construcción, un vertedero de basura, áreas residenciales y vialidad.

En el Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la República de Panamá (ANAM, 2010-2030), se presentan los resultados de monitoreos realizados en diversos cursos de agua a nivel nacional. Para esta cuenca, se monitorearon los ríos Cascajal, Piedra, Viento Frío y Pato; y se analizó el Índice de Calidad del Agua (ICA) de dichos ríos para indicar el grado de contaminación del agua. Este índice es estimado en base a los niveles de Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Temperatura o Cambio de Temperatura, Fosfatos, Nitratos, Solidos Totales y Turbiedad. El ICA permite clasificar la calidad de las aguas según la escala indicada en la siguiente tabla.

Tabla 6-12
Calidad del Agua Según Rangos de Valores del ICA

| Rango | Calidad |
|--------|--------------------------------|
| 91-100 | No Contaminado (Excelente) |
| 71-90 | Aceptable (Buena) |
| 51-70 | Poco contaminada (Regular) |
| 26-50 | Contaminada (Mala) |
| 0-25 | Altamente Contaminada (Pésima) |

Fuente: Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).2013. Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá. Compendio de Resultados, Años 2009 – 2012.

En general, los resultados de dicho estudio señalan que los ríos Cascajal, Piedra y Viento Frío tuvieron un índice de calidad en el rango poco contaminado hasta la temporada seca 2007. Al año 2010, algunos puntos subieron su calidad de aceptable a no contaminado y en el río Pato, se alcanzó el rango de aceptable (Tabla 6-13).

Tabla 6-13
Índice de Calidad del Agua (ICA) de Algunos Ríos de la Cuenca 117 (Ríos entre el Chagres y Mandinga). Época Seca y Lluviosa 2006-2010

| Río | Punto de Muestreo | 2006 | | 2007 | | 2008 | | 2009 | | 2010 | |
|-------------|-------------------------------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| | | Seca | Lluviosa |
| Cascajal | Fca. Privada, sendero Cascajal | 63 | 65 | 63 | 89 | 69 | 82 | 88 | NM | 85 | 82 |
| | Puente salida de Portobelo | 59 | 58 | 60 | 87 | 70 | 79 | 92 | 77 | 82 | 83 |
| | Desembocadura en bahía de Portobelo | 56 | 55 | 62 | 86 | 67 | 78 | 80 | 76 | 82 | 82 |
| Piedra | Canopy Tour | 65 | 62 | 65 | 80 | 72 | 81 | 91 | 76 | 88 | 82 |
| | Aserrío | 65 | 59 | 56 | 81 | 76 | 82 | 93 | 75 | 86 | 86 |
| | Puente vía a Portobelo | 57 | 58 | 56 | 78 | 72 | 77 | 83 | 74 | 88 | 77 |
| Pató | Dos Bocas/El Silencio | - | - | 70 | 85 | 73 | 79 | 78 | NM | 89 | 68 |
| | La Montrecosa | - | - | 67 | 84 | 72 | 81 | 79 | 64 | 86 | 77 |
| | Puente Jerry Thomas, sobre río Pato | - | - | 54 | 81 | 71 | 79 | 81 | 61 | 88 | 74 |
| Viento Frío | Toma de agua/Qda. Dolores | 60 | 64 | 61 | 93 | 73 | 75 | 90 | NM | 81 | 83 |
| | Cuatro Caminos | 60 | 56 | 59 | 94 | 73 | 73 | 79 | 70 | 80 | 76 |
| | Puente vía a Viento Frío | 53 | 45 | 60 | 88 | 72 | 71 | 78 | 70 | 85 | 78 |

Fuente: ANAM, 2010.

Como parte del levantamiento de información de línea base, se realizó la verificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la presencia de ríos o quebradas, como resultado de esta verificación no se encontraron cuerpos de agua superficial en el área de estudio. En el área solo está presente un canal de drenaje de aguas de lluvia proveniente de terrenos ubicados al Sur y Sureste del proyecto, que para el momento de la elaboración del presente estudio no presentaba caudal de agua en el tramo ubicado en el área de estudio. En la tabla a continuación se listan las coordenadas de los sitios verificados en campo. Al final del capítulo en el registro fotográfico se incluyen evidencias de las condiciones encontradas en el área de estudio.

Tabla 6-14
Coordenadas UTM de los puntos de Verificación de Agua Superficial

| Sitio de Muestreo | Coordenadas UTM WGS 84 | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------|
| | Este | Norte |
| EXAS-1 | 619966.9 | 1022039 |
| EXAS-2 | 619857.3 | 1031847 |

Fuente: URS Holdings, Inc. 2021.

6.5.1.a Caudales (máximos, mínimos y promedios anuales)

En el área del proyecto no se identificaron cursos de agua natural, por lo tanto, esta sección no aplica para este estudio.

6.5.1.b Corrientes, Mareas y Oleajes

El área de influencia del proyecto no comprende zona marina, por lo tanto, esta sección no aplica para este estudio.

6.5.2. Aguas Subterráneas

Hasta la fecha se han realizado estudios en América Central y Panamá los cuales estiman que el volumen de agua subterránea aprovechable es de 3.31 km³/año, de los cuales el 87 % proviene de la vertiente del Pacífico y el 13 % restante de la vertiente del Atlántico. Además, indican que el uso más intensivo de las aguas subterráneas se encuentra en el Arco Seco (Los Santos y Herrera), específicamente en los sectores más apartados de los servicios de agua potable y riego. Tomando en cuenta esta información, se procede a presentar los datos relacionados con las aguas subterráneas en el área del proyecto.

The Louis Berger Group (2004), determinó que el nivel freático del área cercana a la desembocadura del Canal de Panamá evidencia un comportamiento estacional, que durante la temporada seca se deprime por debajo de los cinco metros de superficie. Sin embargo, debido a la textura de los suelos, que es de un alto contenido de arcillas plásticas y a que existe un horizonte

argílico (acumulación de arcillas), se produce un nivel freático colgante que se encuentra a menos de un metro de la superficie. Estos niveles suben en la temporada lluviosa a menos de 50 cm de la superficie, causando problemas de drenaje superficial, y en algunos casos, aflorando a la superficie.

La información existente respecto al agua subterránea en el área de influencia es muy limitada, esto debido principalmente a que los estudios realizados se han enfocado en los cuerpos superficiales como principales recursos de aprovechamiento.

Los niveles de agua subterránea pueden variar anualmente en función de los volúmenes de precipitación y con la fluctuación de las mareas, considerando la cercanía del área del proyecto a la Bahía Limón.

6.5.2.1 Calidad de Aguas Subterráneas

En un estudio realizado por el MINSA (2007), se destaca que en la República de Panamá una parte considerable de la población se abastece directamente de fuentes de aguas subterráneas, no obstante, es poco lo que se conoce sobre las capacidades de los acuíferos, los aforos y puntos de recarga, características hidrogeoquímicas, grado y percolación de fuentes de contaminación, instrucciones marinas, potencial de explotación, capacidad de abatimiento y recuperación del acuífero. Este desconocimiento y manejo descuidado de los acuíferos subterráneos está llevando a sensibles mermas en sus capacidades de producción y a la contaminación de estos, afectando el abastecimiento de la población y calidad de vida.

La calidad de las aguas subterráneas, según dicho estudio, puede estar perdiéndose debido al uso extensivo de fosas sépticas y letrinas (en zonas rurales), muchas de las cuales están localizadas cerca de los pozos de agua. Entre las causas del deterioro de las aguas se tienen:

- Deterioro de las cuencas hidrográficas y cursos de aguas superficiales.
- Prolongación y agudización de las sequías estacionales y del fenómeno.
- Fracturas geológicas y estratos mineralizados.

- Infiltración de lixiviados y fugas en las estructuras sépticas.
- Instrucción salina en acuíferos costeros e insulares por agotamiento de la lente de agua dulce.
- Derrame de sustancias contaminantes.
- Incremento en la demanda de aguas subterráneas, debido al crecimiento urbano desordenado.
- La no aplicación de normas técnicas de calidad ambiental, disposición y manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos (industriales, residenciales y hospitalarios).
- Carencia de estudios y programas de optimización del aprovechamiento del recurso.
- Desconocimiento de las características y potencialidades de los acuíferos.
- Sobreexplotación y contaminación de pozos en áreas insulares y costeras.
- Sobreexplotación y contaminación de pozos por actividades agrícolas y pecuarias.
- Consecuencias del deterioro de las aguas subterráneas.

Las consecuencias del deterioro de la calidad de las aguas subterráneas se relacionan con una disminución de la productividad industrial, agrícola y pecuaria, la afectación de la calidad de vida de la población dependiente del acuífero y una deficiencia en los sistemas de abastecimiento de agua.

A su vez, el estudio titulado Situación de los Recursos Hídricos de Panamá (Global Water Partnership Central América, 2015), indica que la gestión de las aguas subterráneas en Panamá presenta un notable rezago respecto a la correspondiente gestión de las aguas superficiales. Las Aguas Subterráneas han sido explotadas de una manera aislada, empírica y desordenada, sin estudios previos o simultáneos de exploración hidrogeológica y sin la aplicación de herramientas de gestión hidrogeológica que permitan garantizar la sostenibilidad del recurso, ante amenazas como contaminación, sobreexplotación e intrusión salina.

En el área del proyecto las principales fuentes de alteración de la calidad de las aguas subterráneas se relacionan con las infiltraciones al suelo desde la Bahía Limón por efecto de las mareas y corrientes litorales. En consecuencia, puede estimarse que el nivel freático recibe aportes de agua salobre con sustancias aportadas desde la columna de agua. En líneas generales, como se muestra

en la Figura 6-7 (al final del capítulo), el proyecto se localizará en áreas caracterizadas por la presencia de acuíferos de extensión regional limitada constituidos por aluviones, sedimentos marinos no consolidados y deposiciones tipo delta de granulometría variables en los cuales predominan secciones arenosas, limosas y arcillosas. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

6.6. Calidad del Aire

En Panamá se cuenta con una limitada disponibilidad de estaciones de monitoreo de calidad del aire que ofrezcan registros a lo largo del tiempo, para disponer de una caracterización histórica de la calidad del aire existente. El Instituto Especializado de Análisis de la Universidad de Panamá ha realizado mediciones continuas a lo largo de más de 10 años, mediante la instalación de estaciones fijas de medición de diversos parámetros como PM₁₀, CO₂, SO₂, sin embargo, el área evaluada no incluye la provincia de Colón.

Para efectos de esta evaluación se utilizarán los datos obtenidos durante la medición de calidad de aire para el Estudio de Impacto Ambiental Categoría I- Proyecto de Validación 5B Costa Norte (URS Holdings, 2020), se tomó esta decisión debido a que la ubicación del sitio de muestreo también aplica para este estudio, ya que dicha medición fue realizada en un área ubicada dentro de los terrenos de la Terminal Costa Norte y cercana al área de estudio, por un periodo de 24 horas iniciando el día 24 de agosto de 2020. En la Tabla 6-15 se indican las coordenadas UTM (Datum WGS 84) del punto de muestreo establecido en el estudio antes mencionado y la ubicación gráfica se visualiza en la Figura 6-3 al final del capítulo.

Tabla 6-15
Coordenadas UTM del Punto de Muestreo de Aire

| Ubicación de referencia | Coordenadas UTM (WGS 84) | |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------|
| | Este | Norte |
| Cerca de las oficinas del Promotor | 620086 | 1032446 |

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Categoría I- Proyecto de Validación 5B Costa Norte (URS Holdings, Inc. 2020).

Las mediciones de calidad del aire fueron realizadas con el objetivo de evaluar la presencia de material particulado y gases asociados a las actividades que se desarrollan en el área, las cuales, por su ubicación, proporcionan información de calidad del aire reciente para el área de estudio del presente proyecto. En la

Tabla 6-16 se presentan los resultados reportados en el EsIA mencionado y su comparación con los límites máximos señalados en normas de referencia.

Tabla 6-16
Resultados de Medición de Calidad de Aire

| Datos | Material particulado (24 horas) | | Monóxido de Carbono (8 horas) | Dióxido de Azufre (24 horas) | Dióxido de Nitrógeno |
|---|---|--|--|--|--|
| | PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| EsIA Cat. I. Proyecto de Validación 5B Costa Norte | 11.85 | 4.28 | 90.24 | 496 | 256.53 (1 h) 134.16 (24 h) |
| OMS* | 50 | 25 | No considerado | 20 | 200 (1 h) |
| Anteproyecto Panamá** | 150 | No considerado | 10000 | 365 | 150 (24 h) |

* Guías de Calidad del Aire de la OMS, 2005.

** Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire de la República de Panamá

Se resaltan valores que exceden el límite de la norma.

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Categoría I- Proyecto de Validación 5B Costa Norte (URS Holdings, Inc. 2020).

La información reciente disponible sobre calidad del aire para el área de estudio, presentada en la tabla anterior, muestra la ausencia de condiciones naturales o actividades antropogénicas que generen emisiones significativas de material particulado ya que los niveles se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos en las normas de referencia; en el caso de los gases propios de emisiones vehiculares o gases de combustión, se observa que el monóxido de carbono estuvo en un nivel por debajo del límite máximo indicado en el anteproyecto de norma de Panamá, en cambio el dióxido de azufre excede los límites de ambas normas de referencia.- El dióxido de nitrógeno por su parte, solamente excedió el límite establecido en la Guía de Calidad de Aire de la OMS el cual considera el resultado para un periodo de 1 hora.

Los valores que superan los límites establecidos pueden relacionarse con el paso frecuente de camiones en la carretera contigua al sitio de medición (carretera de acceso al Muelle 16).

6.6.1. Ruido y Vibraciones

En las secciones siguientes se presentará una descripción de las condiciones existentes en el área de estudio, relacionadas con ruido y vibraciones ambientales.

Ruido

Los niveles de ruido ambiental se caracterizaron mediante la medición de 2 puntos ubicados en diferentes sitios del área de influencia del proyecto (ver Figura 6-3), estas mediciones fueron realizadas en horario diurno el día 9 de febrero de 2021 durante un periodo de una hora en cada punto (la metodología empleada se describe en el Capítulo 3 del presente estudio); para así conocer cuáles son las condiciones existentes y el efecto del ruido a los receptores sensibles, que son aquellas actividades que podrían estar sujetas a efectos significativos debido al ruido, como es el caso de residencias y oficinas, entre otros.

En la tabla a continuación se indican los puntos de monitoreo y las coordenadas UTM (Datum WGS 84) donde estos fueron ubicados.

Tabla 6-17
Coordenadas UTM de los Puntos de Medición de Ruido Ambiental

| Punto | Referencia de ubicación | Coordenadas UTM (Datum WGS 84) | |
|--------------|---|---|--------------|
| | | Este | Norte |
| EXR-1 | Incineradora (STI S.A.), AES Costa Norte, camino de tierra. | 619952 | 1032072 |
| EXR-2 | Petroport, muro perimetral. | 619850 | 1031828 |

Fuente: URS Holdings, Inc. 2021.

Las condiciones climáticas durante todos los periodos de las mediciones en ambos puntos fueron constantes, sin lluvias en el sitio, temperatura entre los 27.0 y 33.7 °C y con un porcentaje de humedad alto. Las condiciones atmosféricas registradas durante las mediciones se muestran a continuación.

Tabla 6-18
Condiciones Climáticas en los Sitios de Medición

| Punto | Humedad Relativa (%) | Temperatura (°C) | Velocidad del Viento (km/h) |
|-------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| EXR-1 | 72.1 | 27.0 | 6.6 |
| EXR-2 | 52.4 | 33.7 | 1.5 |

Fuente: mediciones de campo realizadas por URS Holdings, Inc. 2021.

Por otra parte, en la Tabla 6-19 se presentan los resultados obtenidos en las mediciones de ruido ambiental, los cuales indican que solamente el punto identificado como EXR-1 presentó un valor de ruido equivalente (Leq) por encima del nivel recomendado en la norma. Asimismo, se observa que, a nivel general para el área evaluada, es decir, tomando en consideración ambas mediciones realizadas, los niveles de ruido oscilaron entre un mínimo (Lmin) de 46.5 dB(A) y un valor máximo (Lmax) de 87.9 dB(A).

Estos resultados son cónsonos con las actividades que se desarrollan en el área y eventos ocasionales, ya que durante las mediciones se pudo observar fuentes generadoras de ruido que incluían: toque de bocinas de vehículos, paso constante de camiones, ruido constante del tendido eléctrico de la línea de transmisión y ruido de un tráiler de carga acoplando a un contenedor ubicado en las cercanías de las mediciones.

Tabla 6-19
Resultados de las mediciones de Ruido Ambiental

| Punto | Niveles en dBA | | | Decreto Ejecutivo No. 1* (dBA) |
|-------|----------------|------|------|--------------------------------|
| | Leq | Lmax | Lmin | |
| EXR-1 | 62.0 | 88.6 | 52.6 | 60 (diurno) |
| EXR-2 | 56.4 | 87.9 | 46.5 | |

Leq: nivel de ruido equivalente. Lmáx: nivel máximo de ruido registrado. Lmín: nivel mínimo de ruido registrado.

* Por el cual se determina los niveles de ruido, para las áreas residenciales e industriales.

Fuente: mediciones de campo realizadas por URS Holdings, Inc. 2021.

En el Anexo 6-2 se presentan los formularios con la información recopilada en campo, el registro fotográfico, el informe generado por el equipo utilizado y su certificado de calibración.

Vibraciones

El levantamiento de información de línea base incluyó la medición de vibraciones ambientales en el área de estudio, lo cual fue realizado el día 9 de febrero de 2021, en dos sitios cuyas coordenadas UTM (Datum WGS 84) se muestran en la Tabla 6-20; se incluye una representación gráfica de la ubicación de los sitios en la Figura 6-3 así como un registro fotográfico de las actividades de medición, al final del capítulo. En el Anexo 6-3 se presentan los formularios con la información recopilada en campo, el informe generado por el equipo de medición utilizado y su certificado de calibración.

Tabla 6-20
Coordenadas UTM de los Puntos de Medición de Vibraciones Ambientales

| Punto | Referencia de ubicación | Coordenadas UTM (Datum WGS 84) | |
|--------------|--|---|--------------|
| | | Este | Norte |
| EXV-1 | Incineradora, Terminal Costa Norte, vialidad | 619952 | 1032072 |
| EXV-2 | Petroport | 619850 | 1031828 |

Fuente: URS Holdings, Inc. 2020.

Los resultados obtenidos se relacionan con las vibraciones generadas principalmente por el paso de vehículos, maquinarias y carga pesada. Tal y como se observa en la Tabla 6-21 las vibraciones existentes en el área de estudio se dispersan principalmente en el eje vertical y la Velocidad Pico de Partículas (VPP) oscila entre 0.095 y 0.349 mm/s, siendo estos valores muy por debajo al límite establecido en la norma de referencia. En base a estos resultados se puede concluir que las vibraciones ambientales presentes en el sitio no están afectando las estructuras existentes.

Tabla 6-21
Resultados de las Mediciones de Vibraciones Ambientales

| Punto de Medición | Receptor más Cercano | Eje de Medición-Receptor | Velocidad Pico de Partículas (VPP) (mm/s) / Frecuencia (Hz) | | Límite Anteproyecto de Norma de Vibraciones Ambientales de Panamá VPP (mm/s) |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|-----------|---|
| | | | mm/s | Hz | |
| NG-V1 | Instalaciones de Petro Port. | Eje Transversal | 0.143 | 15 | 50 mm/s |
| | | Eje Vertical | 0.349 | 16 | |
| | | Eje Longitudinal | 0.111 | 26 | |
| NG-V2 | Vialidad, instalaciones de concreto. | Eje Transversal | 0.095 | >100 | 50 mm/s |
| | | Eje Vertical | 0.159 | >100 | |
| | | Eje Longitudinal | 0.095 | 73 | |

Se resalta el eje en el cual se registró la mayor velocidad de partículas.

Fuente: mediciones de campo realizadas por URS Holdings, Inc. 2020.

6.6.2. Olores

El olor es definido como “una sensación percibida al interactuar moléculas volátiles que están presentes en el aire, con las células receptoras de la nariz”. La existencia de olores molestos es percibida por el sentido del olfato y transmitida a través de la membrana olfatoria a las células olfatorias del sistema nervioso central. El olor puede convertirse en un elemento molesto o perturbador, en la medida que interfiera con el bienestar físico, mental y social del ser humano².

Para la evaluación de este parámetro URS procedió a realizar la caracterización general de los olores percibidos en el área del proyecto y su entorno inmediato, las cuales se realizaron mediante inspecciones de reconocimiento para identificar las fuentes de olor. En términos generales, como resultado de dichas inspecciones en el área de estudio, no se percibieron olores molestos, fueron áreas muy puntuales en donde se identificaron olores y los resultados obtenidos son presentados en la Tabla 6-22, para cada sector evaluado:

² OMS, 1994.

Tabla 6-22
Olores Percibidos a lo largo del Alineamiento del Proyecto

| No | Sector | Características Percibidas |
|----|---|--|
| 1 | <i>Vegetación natural que había sido cortada</i> | El área del proyecto, en la sección ubicada fuera de la Terminal Costa Norte, está ocupada por vegetación principalmente gramíneas y bosque secundario joven. Durante la visita a campo se identificó la presencia de olores asociados con actividades de corte de la vegetación herbácea. |
| 2 | <i>Entorno de la incineradora y la Terminal Costa Norte</i> | Durante las inspecciones de reconocimiento se encontró que en el entorno del punto seleccionado para la medición de ruido ambiental identificado como EXR-1, se percibió un olor fuerte proveniente del vertedero cercano (vertedero de Monte Esperanza). |

Fuente: URS Holdings, Inc. 2020.

6.7. Antecedentes sobre la Vulnerabilidad Frente a Amenazas Naturales en el Área

La Organización de Estados Americanos “OEA” define amenazas naturales como “aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él”. El término “amenazas naturales”, se refiere específicamente, a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y a los incendios que, por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades.

En esta sección se describe la situación relacionada con las amenazas naturales en el área de estudio. Entre las cuales se incluye el riesgo sísmico, las inundaciones, la erosión y deslizamientos.

6.7.1. Riesgo Sísmico

El Istmo de Panamá está situado sobre una miniplaca tectónica a la cual se ha denominado el Bloque de Panamá. Esta miniplaca está rodeada por cuatro grandes placas tectónicas: la Placa Caribe al Norte, la Placa de Nazca al Sur, la Placa del Coco al Sudoeste y la Placa Suramericana al Este. El Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá mantiene un monitoreo sísmico ininterrumpido a nivel nacional, manteniendo a su vez contacto directo con la Red Sismológica Mundial y Regional. A pesar de existir fallas corticales activas en la región como lo son las fallas de Río Gatún, Pedro Miguel y Limón, el Mapa de Amenaza Sísmica para la República de Panamá

(Figura 6-8 al final del capítulo), indica que el sector específico donde se ubica el proyecto es considerado de bajo riesgo sísmico con una aceleración menor a 3.0 m/s^2 en una escala que llega hasta 6.2 m/s^2 .

Dentro de los eventos sísmicos recientes que se mantienen registrados en la provincia de Colón o su cercanía se encuentran:

- 13 de mayo de 2019- Sismo de 5.4 Mw con epicentro al noreste de la ciudad de Colón en el mar Caribe, a 28 km de la costa.
- 26 de enero de 2016- Sismo de 3.1 Mw con epicentro al Noreste de Colón, a 19 km de la costa.
- 24 de noviembre de 2015- Sismo de 2.9 Mw con epicentro al nor-noreste de Nuevo Paraíso en el mar Caribe, a 35 km de la costa.
- 18 de noviembre de 2015- Sismo de 3.1 Mw con epicentro al sureste de Colón a 21 km de la ciudad.

Es importante mencionar que ninguno de los eventos mencionados anteriormente tuvo su epicentro en el área de influencia del proyecto.

6.8. Identificación de los Sitios Propensos a Inundaciones

Las características presentes en el área del proyecto asociadas a la hidrología y geomorfología le otorgan cierta susceptibilidad a inundaciones, debido a la pendiente plana existente, la cercanía a la zona litoral y la baja altitud del sector. Sin embargo, la intervención existente y la presencia del canal de drenaje en el área han generado la presencia de condiciones que reducen la probabilidad de ocurrencia de estos eventos.

En nuestro país, el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), es el ente encargado de ayudar a proteger a la población de los daños ocasionados por desastres de cualquier origen; esta entidad ha estado trabajando en conjunto con diferentes estamentos estatales y asociaciones no gubernamentales en la planificación de acciones de prevención encaminadas a reducir las afectaciones producidas por las inundaciones en diferentes lugares a nivel nacional.

El SINAPROC mantiene un inventario de desastres naturales disponible vía web a través del Sistema DesInventar (<http://online.desinventar.org/>). Si bien es cierto en los últimos años algunas regiones del distrito de Colón han presentado eventos de inundaciones, en el área donde se ubica la huella del proyecto no hay registro de la ocurrencia de desastres por inundación.

En el Atlas Ambiental de la República de Panamá del año 2010 se muestran los resultados de un análisis de datos históricos y estadísticos, así como de información recabada en las comunidades respecto a la susceptibilidad a inundaciones a nivel de cuencas hidrográficas en el país. En este sentido y tal como se muestra en la Figura 6-9 (al final del capítulo), la cuenca No. 117 de los ríos entre Chagres y Mandinga, dentro de la cual se localiza el área del proyecto, mantiene una susceptibilidad de inundación de nivel bajo.

6.9. Identificación de los Sitios Propensos a Erosión y Deslizamientos

La erosión se define como un proceso natural complejo que se modifica gravemente debido a las actividades humanas tales como limpieza de terrenos, agricultura, construcción, etc. La misma se distribuye de forma muy irregular en tiempo y espacio. La pérdida de la vegetación protectora a través de la deforestación, fuegos y ganadería hacen al suelo vulnerable, al ser levantado y removido por la acción del viento y del agua. Adicionalmente, el sobre-cultivo y la compactación hacen que el suelo pierda su estructura y cohesión y se erosione con más facilidad.

Las pérdidas de suelo por erosión y deslizamientos son importantes debido a que estos son transportados por la escorrentía superficial hacia las corrientes naturales (ríos, quebradas y lagos) como sedimentos en suspensión. Los sedimentos tienen el potencial de contaminar las aguas, colmatar lagos y afectar ecosistemas sensibles aguas abajo de su fuente.

A través del sistema DesInventar, el SINAPROC se identifican en los últimos 5 años ciertos eventos de deslizamientos en el distrito de Colón, sin embargo, ninguno se localiza en el área del proyecto. La Figura 6-10 (al final del capítulo), presenta el resultado de un análisis de susceptibilidad a deslizamientos a nivel de distritos (Atlas Ambiental, 2010), en la cual se puede observar que, en el distrito de Colón, la susceptibilidad a deslizamientos es alta. No obstante, la baja pendiente existente en el área del proyecto, así como la intervención y compactación existente

en el entorno, reducen considerablemente la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos en dicha zona.

6.10. Cambio Climático

Referente a lo indicado en las secciones 6.7.2 y 6.7.3, es conveniente mencionar que las zonas costeras por sus características físico/naturales y los hechos humanos que en ellas concurren, son altamente vulnerables a los impactos adversos de los fenómenos climáticos, no sólo en la dirección del ascenso acelerado del nivel del mar, sino también por los impactos sobre los recursos hídricos, las actividades agropecuarias, ecoturísticas y los asentamientos humanos.

Según registros locales, en las costas panameñas del mar Caribe, el ascenso del nivel del mar, para el periodo 1909-1984, registró una tasa de 1.3 mm/año (Cubit, 1985), cifra comparable con los valores observados a nivel global. Además, se pronostica un incremento en un orden de magnitud, para los próximos 50 a 100 años, con lo cual se estima que el ascenso del nivel del mar sufrirá un aceleramiento significativo durante el próximo siglo (Wigley y Raper, 1992).

De acuerdo con estudios realizados sobre la vulnerabilidad de las zonas costeras al cambio climático, según la metodología descrita por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), se identificaron ocho zonas donde se observan los efectos del aumento acelerado del nivel del mar, el cual provocaría inundaciones, erosión, crecidas y marejadas, de acuerdo con los escenarios previstos para Panamá.

Estas zonas fueron seleccionadas según los siguientes criterios:

- Características topográficas y de relieve (geográficas y geomorfológicas).
- Población (número total de habitantes y densidad de población).
- Características sociales/económicas e infraestructuras existentes.
- Actividades económicas desarrolladas o proyecciones de desarrollo.
- Recursos económicos disponibles para la realización del estudio.

Los resultados muestran que las principales consecuencias previstas para la variación en el nivel mar son la ocurrencia de inundaciones debido al desplazamiento de humedales y costas bajas; así como, la erosión de la línea costera. Otros de los impactos asociados fueron el aumento de la salinidad en los estuarios y la amenaza a los acuíferos de agua dulce; el incremento de las inundaciones por tormenta; la alteración de la amplitud de la marea en ríos y bahías; la alteración de los patrones de sedimentación y el decrecimiento de la cantidad de luz que reciben los fondos marinos.

Se identificaron como las zonas más vulnerables, aquellas áreas costeras del Pacífico. El área del proyecto se ubica casi en su totalidad dentro una de zonas vulnerables como se observa en la Figura 6-11, específicamente en la zona 6 del Mar Caribe la cual abarca un área total de vulnerabilidad de 25,619 ha, dicha área incluye Colón Centro y la Zona Libre de Colón.

Proyecto:

Estudio de Impacto Ambiental Categoría II Proyecto de Expansión de la Capacidad de Regasificación y Distribución de Gas Natural de Costa Norte LNG Terminal.

MUESTREO DE SUELO**Foto:**

No. 1

Fecha:

9-febrero-2021

Descripción:

Muestreo de suelo en el sitio identificado como **EXS-1**.

- Toma de muestra en cuadrantes definidos por una malla 3x4.
- Muestras colectadas se colocaron en una bolsa estéril para obtener una muestra compuesta
- Al finalizar la colecta de las submuestras, estas se homogenizan.

**Foto:**

No. 2

Fecha:

9-febrero-2021

Descripción:

Muestreo de suelo en el sitio identificado como **EXS-2**.

- Toma de muestra
- Muestras colectadas se colocaron en una bolsa estéril para obtener una muestra compuesta
- Al finalizar la colecta de las submuestras, estas se homogenizan.



Proyecto:

Estudio de Impacto Ambiental Categoría II Proyecto de Expansión de la Capacidad de Regasificación y Distribución de Gas Natural de Costa Norte LNG Terminal

MUESTREO DE AGUA**Foto:**

No. 3

Fecha:

9-febrero-2021

Ubicación:

Provincia de Colón

Descripción:

Vista del canal de aguas de lluvia existente en el área de estudio (a), el cual no presentaba agua. También se muestra el punto en el cual el canal sale de los terrenos de Petroport hacia el área de estudio (b).



a



b

Foto:

No. 4

Fecha:

9-febrero-2021

Descripción:

Vista del eje del canal de aguas de lluvia con ausencia de agua.



Proyecto:

Estudio de Impacto Ambiental Categoría II Proyecto de Expansión de la Capacidad de Regasificación y Distribución de Gas Natural de Costa Norte LNG Terminal

MEDICIONES DE RUIDO AMBIENTAL

| Foto: | Fecha: |
|--------------|----------------|
| No. 5 | 9-febrero-2021 |

Descripción:

Mediciones de ruido ambiental en el sitio identificado como **EXR-1**.

- a. Medición de condiciones ambientales.
- b. Instalación y calibración del equipo.
- c. Vista del sonómetro mientras registra los niveles de ruido ambiental.

**a****b****c**

| Foto: | Fecha: |
|--------------|----------------|
| No. 6 | 9-febrero-2021 |

Descripción:

Mediciones de ruido ambiental en el sitio identificado como **EXR-2**.

- a. Medición de condiciones ambientales.
- b. Instalación y calibración del equipo.
- c. Vista del sonómetro mientras registra los niveles de ruido ambiental.

**a****b****c**

Proyecto:

Estudio de Impacto Ambiental Categoría II Proyecto de Expansión de la Capacidad de Regasificación y Distribución de Gas Natural de Costa Norte LNG Terminal

Ubicación:
Provincia de Colón

MEDICIONES DE VIBRACIÓN AMBIENTAL

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| Foto: No. 7 | Fecha: 9-febrero-2021 |
|-----------------------|---------------------------------|

Descripción:

Medición de vibración ambiental en el sitio identificado como **EXV-1**.

Instalación del equipo por parte del personal técnico de URS.



| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| Foto: No. 8 | Fecha: 9-febrero-2021 |
|-----------------------|---------------------------------|

Descripción:

Medición de vibración ambiental en el sitio identificado como **EXV-2**.

Instalación del equipo por parte del personal técnico de URS.



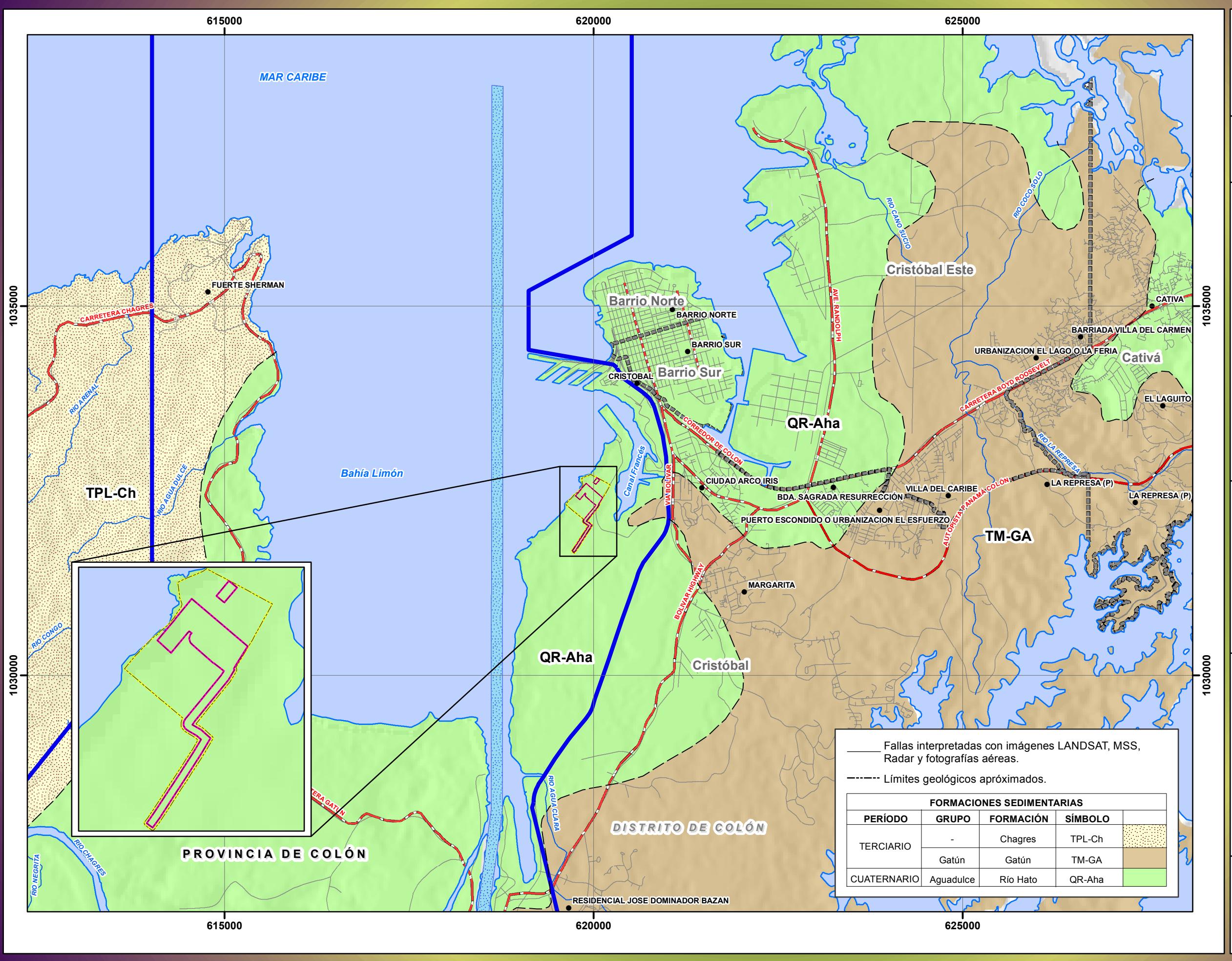


FIGURA N° 6-2

GEOLOGÍA

LEYENDA

- Lugares Poblados
- Límite de Costa
- Red de drenajes

— Vía Vial

- Vía Principal
- Vía Secundarias

— Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá

■ Canal de navegación

■ Límite de Corregimientos

■ Areas de influencia del proyecto

- Área directa
- Área indirecta



**Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17**

Escala:
1:50,000

0.45 0.9 1.8 2.7
K_{ms}

Localización Regional



Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá /Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. /Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

Consultor:

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CATEGORÍA II**
**PROYECTO DE EXPANSIÓN DE LA CAPACIDAD DE
REGASIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL
DE COSTA NORTE LNG TERMINAL**

FIGURA N° 6-3**UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREOS
Y MEDICIONES AMBIENTALES****LEYENDA**

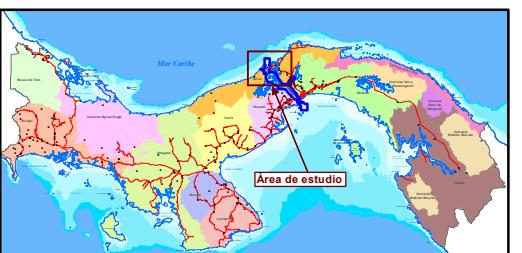
- Vía Principal
- Áreas de influencia del proyecto
 - Área de Influencia Directa
 - Área de Influencia Indirecta



Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:7,452

0 0.05 0.1 0.2 0.3 Kms.

Localización Regional

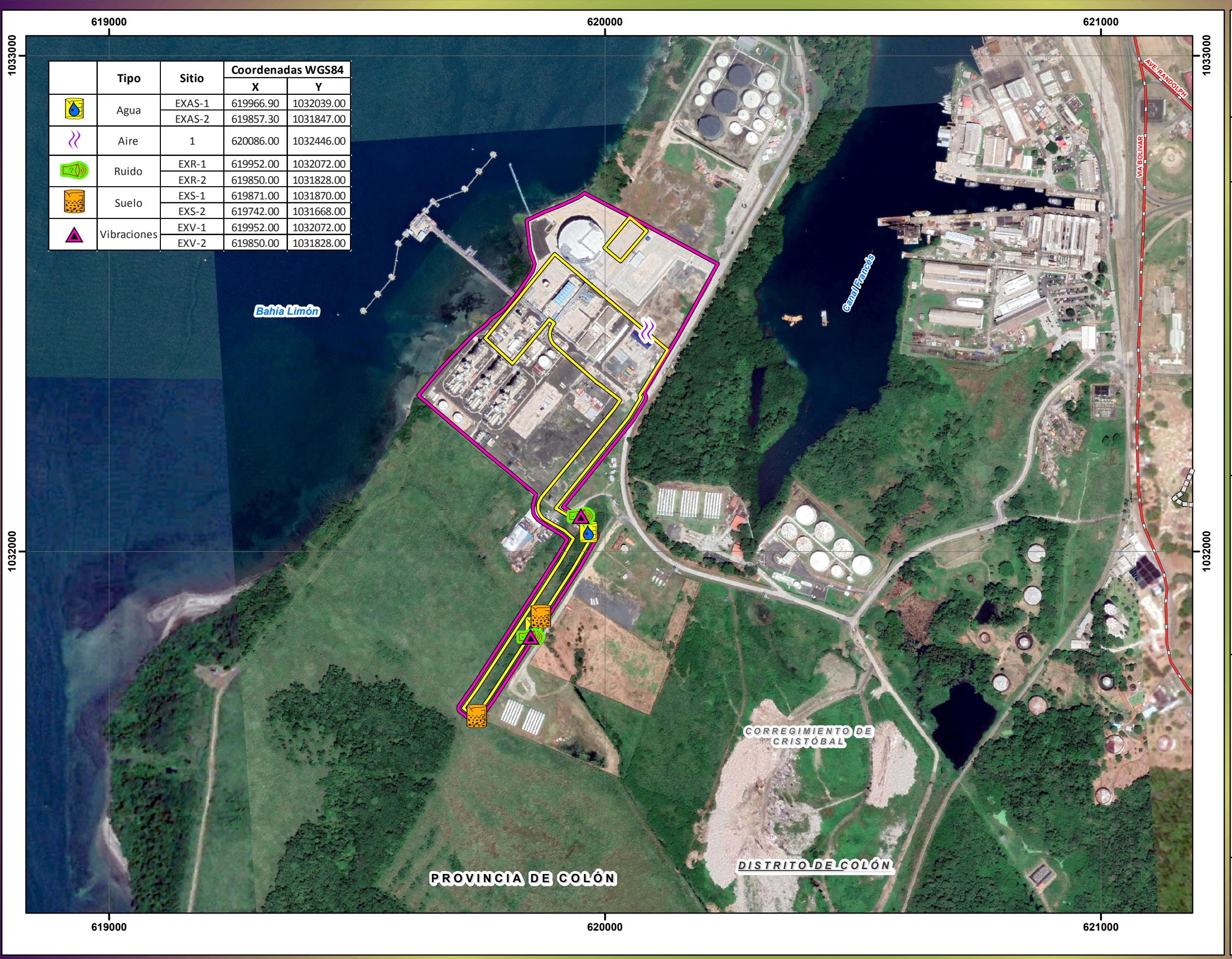
Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

AES
Costa Norte LNG Terminal

Consultor:

URS



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CATEGORÍA II
PROYECTO DE EXPANSIÓN DE LA CAPACIDAD DE
REGASIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL
DE COSTA NORTE LNG TERMINAL**

FIGURA N° 6-4**CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS****LEYENDA**

- Lugares Poblados
 - Límite de Costa
 - Red de drenajes
 - Red Vial**
 - Vía Principal
 - Vía Secundarias
 - Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá
 - Canal de navegación
 - Límite de Corregimientos
- Áreas de influencia del proyecto
- Área directa
 - Área indirecta



Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:40,000

0 0.35 0.7 1.4 2.1 Kms.

Localización Regional

Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

AES
Costa Norte LNG Terminal

Consultor:

URS

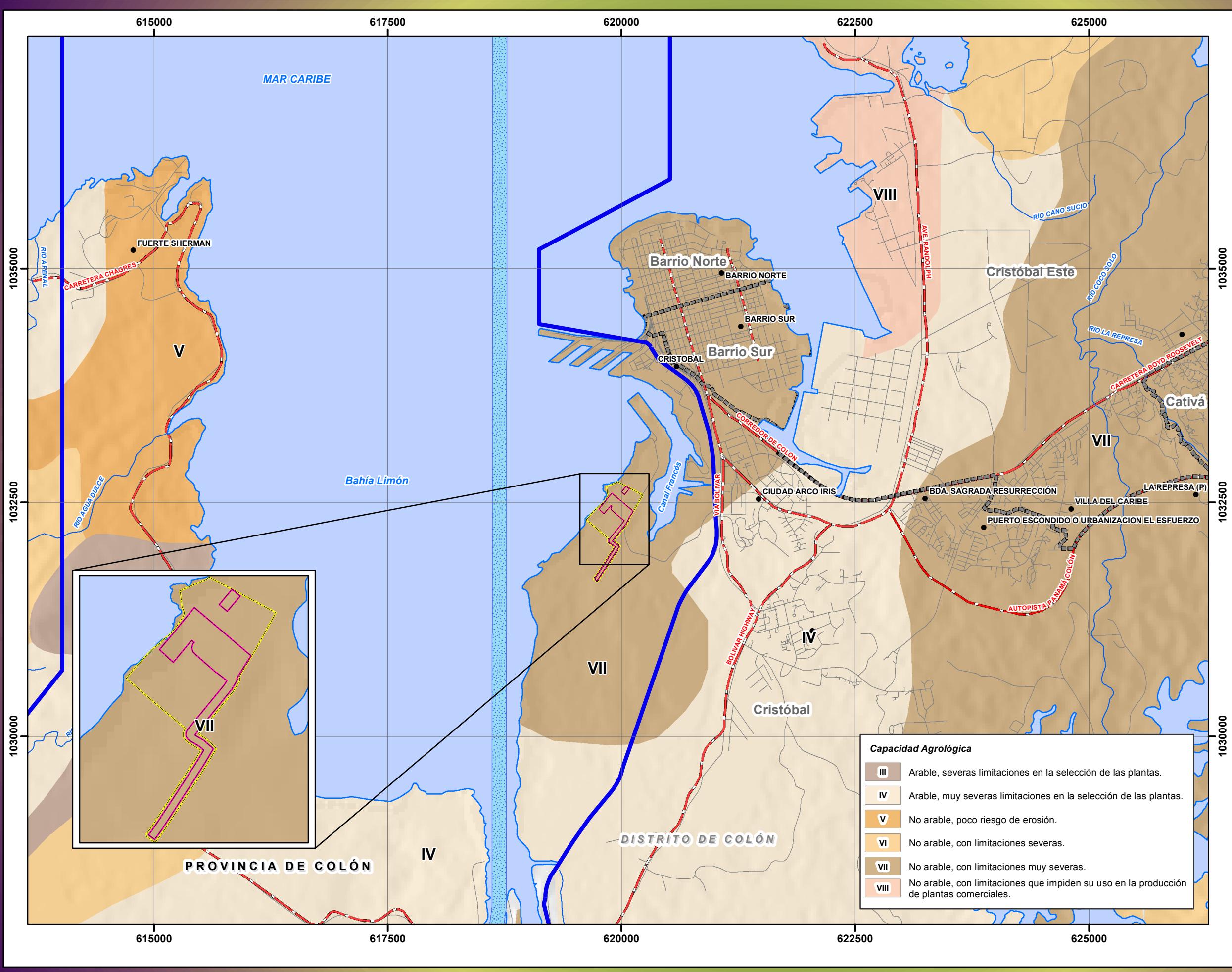


FIGURA N° 6-5

TOPOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA

LEYENDA

- Lugares Poblados
- Límite de Costa
- Red de drenajes
- Red Vial
 - Vía Principal
 - Vía Secundarias
 - Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá
- Canal de navegación
- Límite de Corregimientos
- Áreas de influencia del proyecto
 - Área directa
 - Área indirecta
- Curvas de nivel (m.s.n.m.)
 - Curvas de nivel cada 20 mts.
 - Curvas de nivel cada 10 mts.

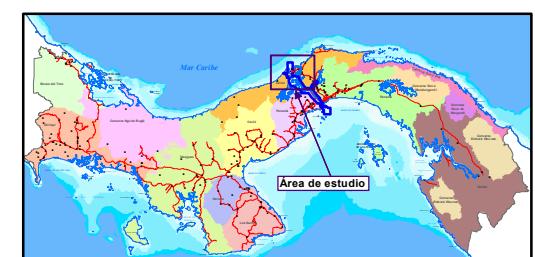


Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:50,000

0 0.3 0.6 1.2 1.8 Kms.

Localización Regional



Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

AES
Costa Norte LNG Terminal

Consultor:

URS

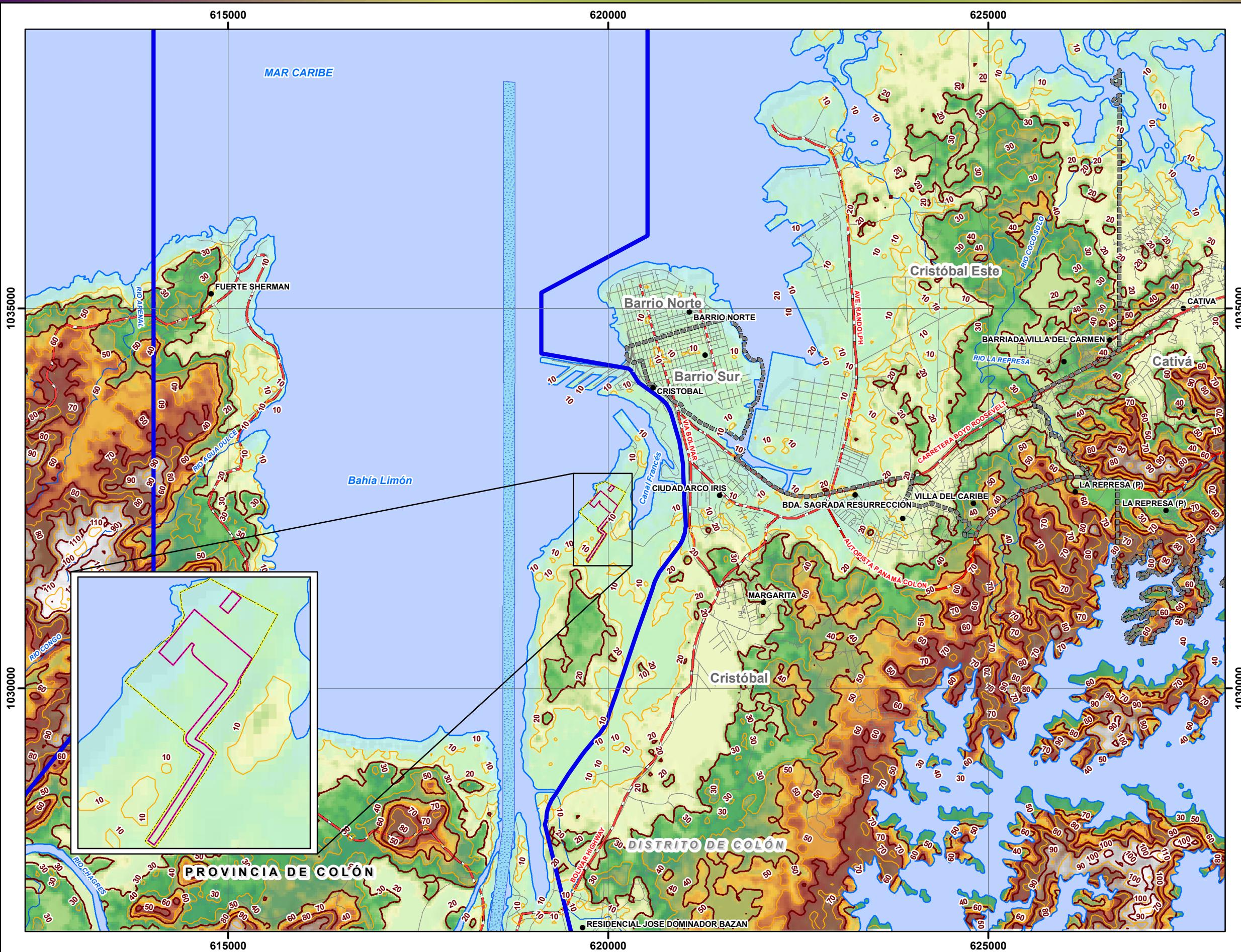


FIGURA N° 6-8

TIPOS DE CLIMA SEGÚN MCKAY

LEYENDA

- Lugares Poblados
- Límite de Costa
- Red de drenajes
- Red Vial**
 - Vía Principal
 - Vía Secundarias
 - Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá
- Canal de navegación
- Límite de Corregimientos
- Áreas de influencia del proyecto**
 - Área directa
 - Área indirecta
- Clasificación Climática segun McKay:**
 - Clima Tropical Oceánico con Estación Seca Corta
 - Sin categoría

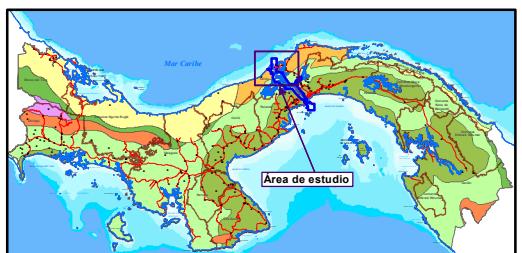


Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:50,000

0 0.3 0.6 1.2 1.8 Kms.

Localización Regional



Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

AES
Costa Norte LNG Terminal

Consultor:

URS

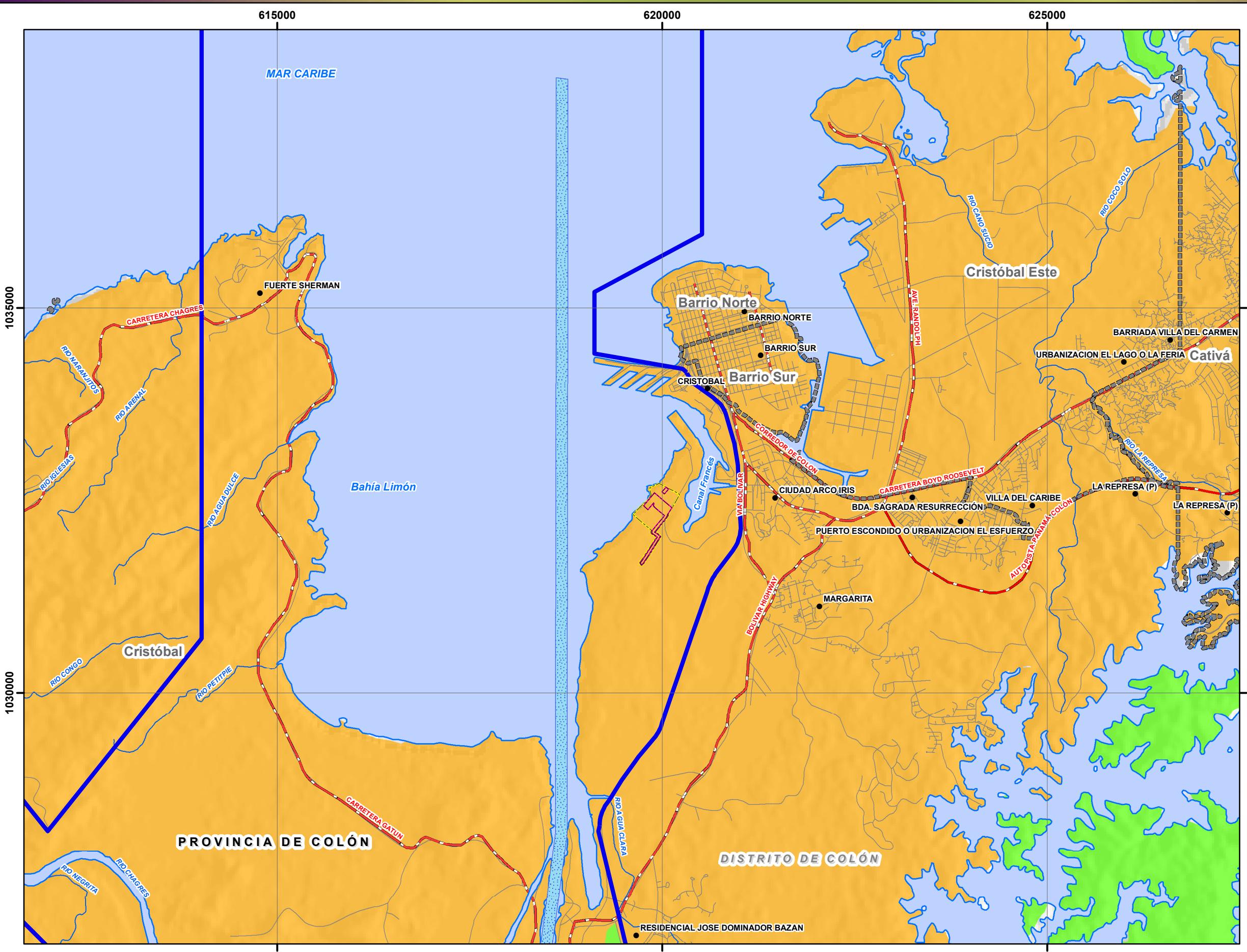


FIGURA N° 6-7

HIDROGEOLOGÍA

LEYENDA

- Lugares Poblados
 - Límite de Costa
 - Red de drenajes
 - Red Vial**
 - Vía Principal
 - Vía Secundarias
 - Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá
 - Canal de navegación
 - Límite de Corregimientos
- Áreas de influencia del proyecto
- Área directa
 - Área indirecta

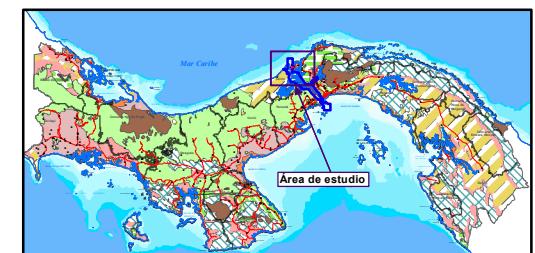


Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:40,000

0 0.35 0.7 1.4 2.1 Kms.

Localización Regional



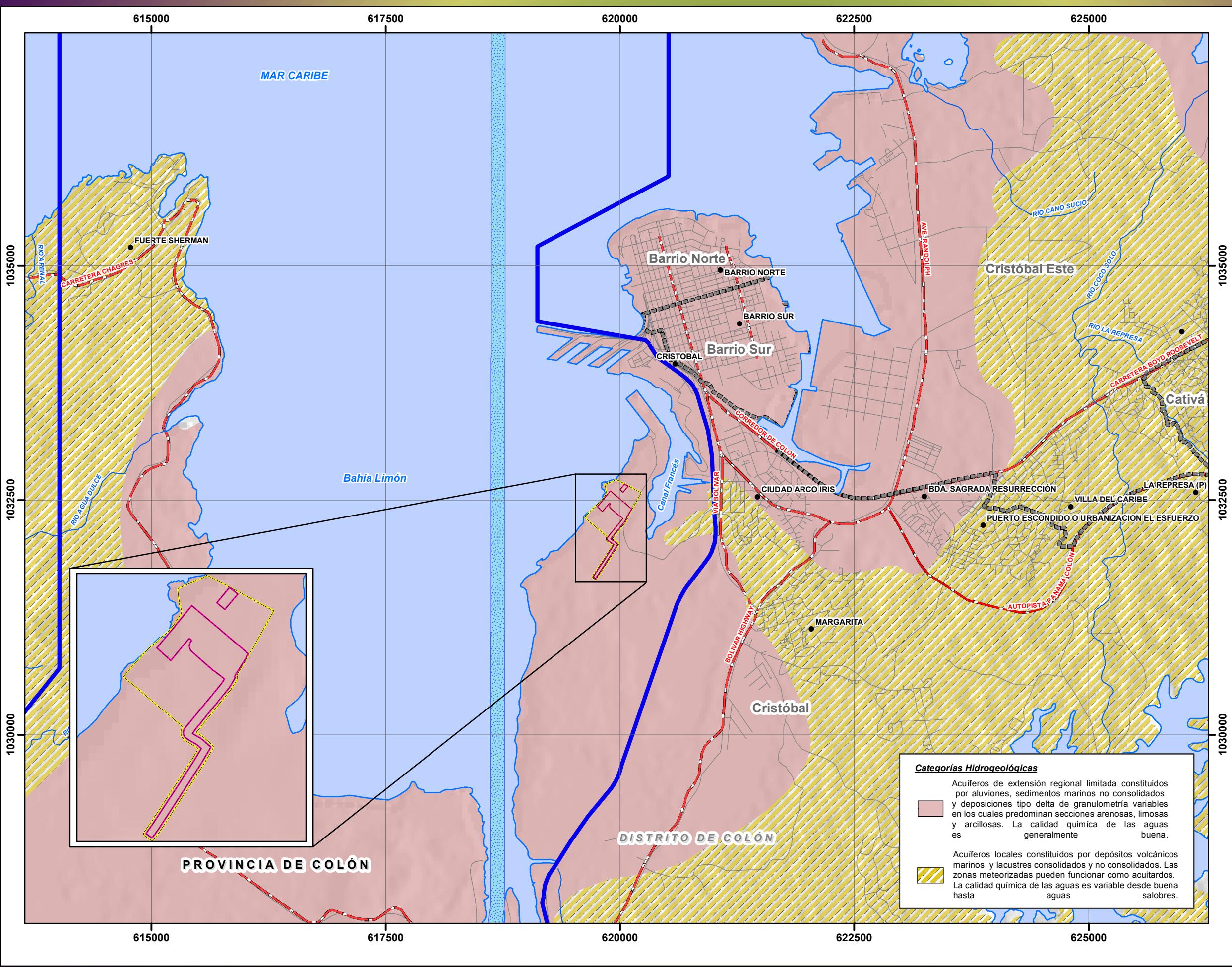
Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

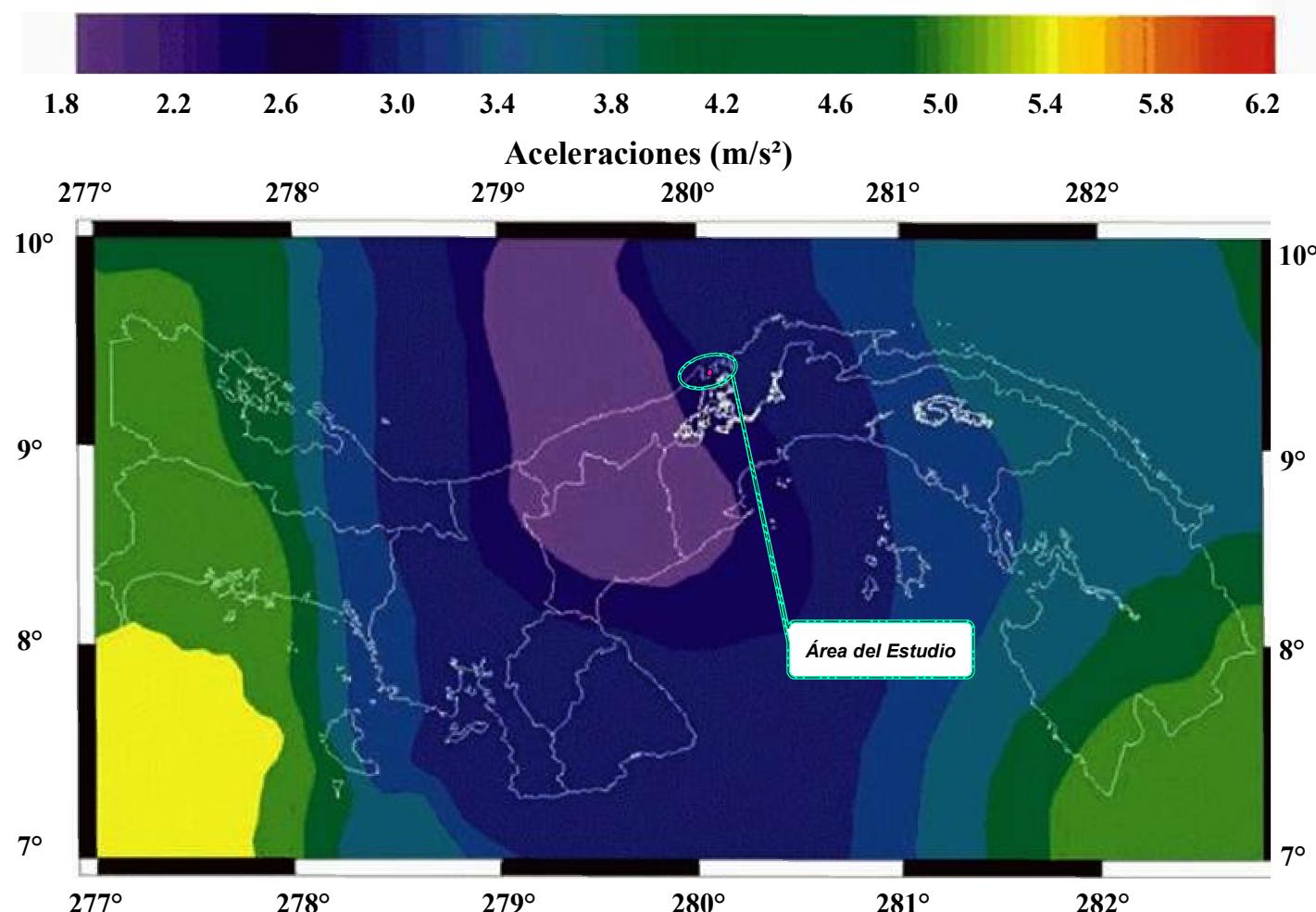
AES
Costa Norte LNG Terminal

Consultor:

URS



Mapa de Amenaza con 10% de probabilidad de excedencia en 25 años



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
CATEGORÍA II
PROYECTO DE EXPANSIÓN DE LA CAPACIDAD DE
REGASIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL
DE COSTA NORTE LNG TERMINAL

Promotor:
AES
Costa Norte LNG Terminal
Consultor:
URS

FUENTE:
INSTITUTO DE GEOCIENCIAS
Red Sismológica Nacional



FIGURA N° 6-8
AMENAZA SÍSMICA A NIVEL NACIONAL

FIGURA N° 6-9

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES
A NIVEL DE CUENCA

LEYENDA

- Lugares Poblados
- Límite de Costa
- Red de drenajes

Red Vial

- Vía Principal
- Vía Secundarias
- Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá

Canal de navegación

Límite de Corregimientos

Áreas de influencia del proyecto

- Área directa
- Área indirecta

Susceptibilidad a inundaciones por cuencas

- Muy baja
- Baja

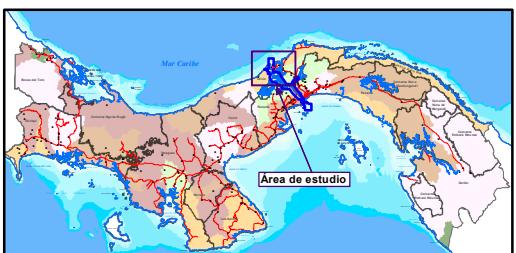


Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:40,000

0 0.35 0.7 1.4 2.1 Kms.

Localización Regional



Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:



Consultor:

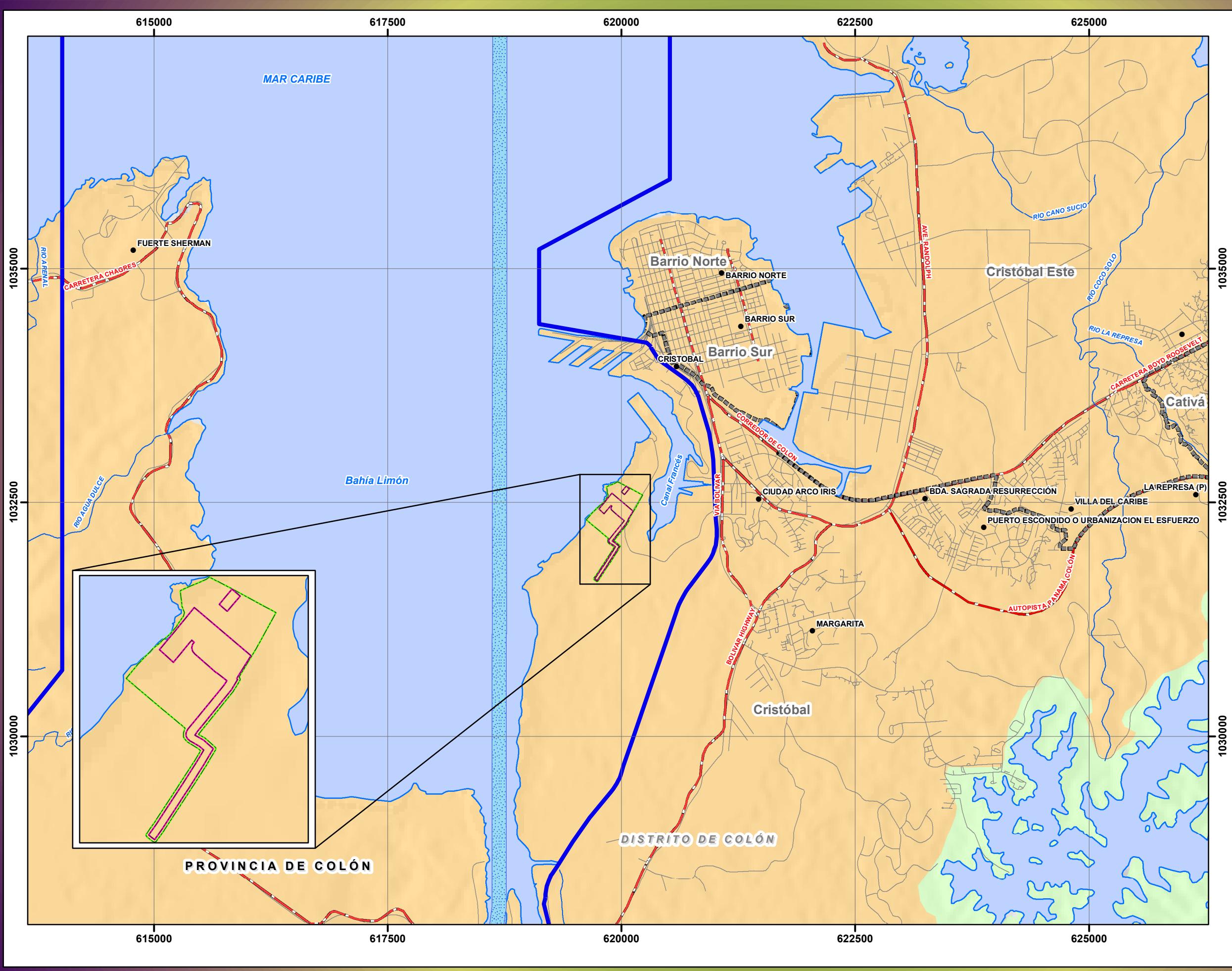


FIGURA N° 6-10

SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS
A NIVEL DE DISTRITOS

LEYENDA

- Lugares Poblados
 - Límite de Costa
 - Red de drenajes
 - Red Vial**
 - Vía Principal
 - Vía Secundarias
 - Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá
 - Canal de navegación
 - Límite de Corregimientos
- Áreas de influencia del proyecto
- Área directa
 - Área indirecta
- Susceptibilidad a deslizamientos por distritos
- Alta



Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:40,000

0 0.35 0.7 1.4 2.1 Kms.

Localización Regional



Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

AES
Costa Norte LNG Terminal

Consultor:

URS

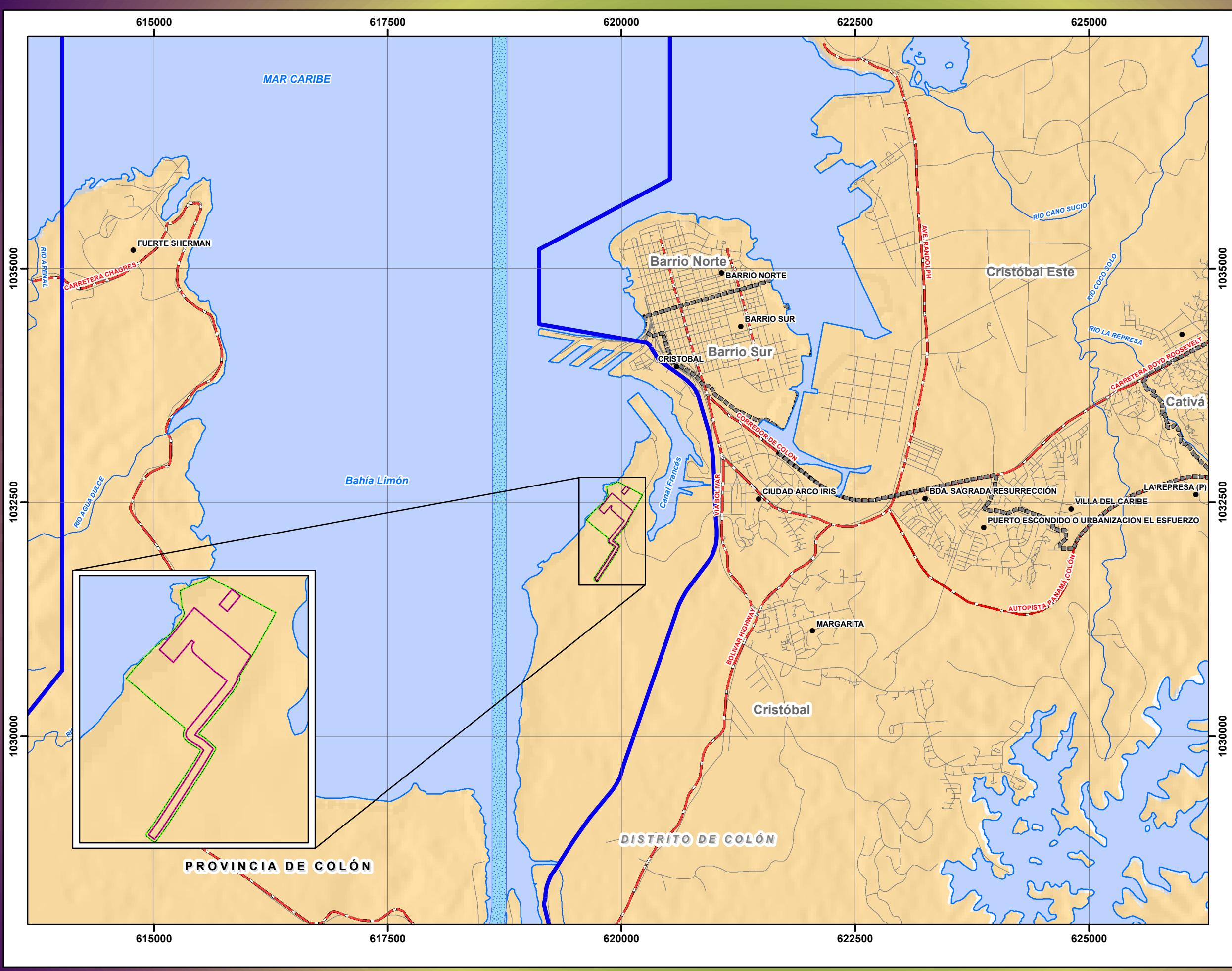


FIGURA N° 6-11

ZONAS MARINO - COSTERAS VULNERABLES
AL CAMBIO CLIMÁTICO

LEYENDA

- Lugares Poblados
- Límite de Costa
- Red de drenajes
- Red Vial**
 - Vía Principal
 - Vía Secundarias
 - Límite de Compatibilidad del Canal de Panamá
- Canal de navegación
- Límite de Corregimientos
- Áreas de influencia del proyecto**
 - Área directa
 - Área indirecta
- Zonas marino- costeras vulnerables

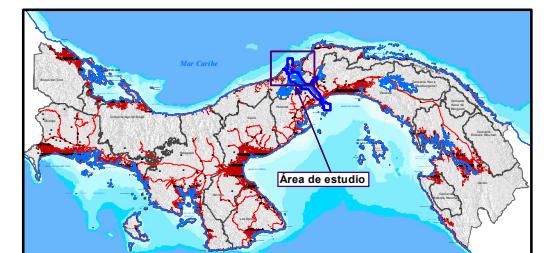


Norte de Cuadrícula U.T.M.
Datum WGS84
Zona 17

Escala:
1:50,000

0 0.45 0.9 1.8 2.7 Kms.

Localización Regional



Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

Promotor:

AES
Costa Norte LNG Terminal

Consultor:

URS

