

6. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

El presente capítulo contiene la descripción de los aspectos de línea base del ambiente físico para el área de estudio. La descripción del área de estudio, comprende tanto la revisión de fuentes secundarias, así como información primaria colectada en giras de campo a lo largo del alineamiento del proyecto; fotointerpretación de imágenes históricas del área; análisis físico-químico de agua superficial y suelo; monitoreos de calidad de aire, ruido ambiental y vibraciones; entre otros recursos metodológicos.

6.1 Formaciones geológicas regionales

Como parte de la información técnica presentada durante el proceso de licitación por parte del Consorcio Corredor de Las Playas Tramo 2, a quien fue adjudicada la construcción de la obra, se incluyó información sobre la geología regional relacionada con el proyecto. A continuación se describe la información sobre las formaciones geológicas obtenida del Documento 5.8 – Tomo 1 de la memoria que se presentó en la licitación.

El proyecto se sitúa dentro de la microplaca tectónica de Panamá, que limita al sur con la placa tectónica de Nazca, al norte con la placa Caribeña, al este con la placa Suramericana y al oeste con la de Cocos. En esta zona, estructuralmente muy compleja, impera un tectónica "en Escape" consecuencia de los movimientos relativos compresivos y transpresivos producidos entre las placas involucradas. Se produce la subducción normal de la Placa de Nazca y la indentación tectónica del Arco Panameño, influida por la cordillera volcánica submarina de Cocos.

Dentro de esta unidad tectónica, se distinguen dos bloques principales, el bloque de Chorotega al oeste y el de Chocó al Este, separados por la zona de fracturación de Pedro Miguel - Miraflores - Limón - Azota que abarca la cuenca del Canal de Panamá. La zona de estudio se encuentra, por tanto, situada en el bloque de Chorotega, el cual conforma una provincia geológica de edad Mesozoica - Cenozoica. Presenta materiales cuyos materiales más antiguos son de origen marino profundo y pertenecen al Jurásico. Su naturaleza es marina, involucrando principalmente materiales ígneos (andesitas, basaltos, dacitas, tobas etc.) entre los que aparecen unidades

sedimentarias asociadas de carácter detrítico principalmente (areniscas, limolitas) de edad Mioceno en adelante. A este sustrato relativo se superpone el denominado Arco Volcánico Centroamericano que, con una longitud total de 1500 km, se extiende a lo largo de la costa del Pacífico desde Guatemala hasta Panamá. Esta macrounidad es consecuencia directa de la subducción de la placa de Cocos y de Nazca bajo la placa Caribeña, y forma parte del Cinturón de Fuego Circumpacífico. En Panamá constituye la Cordillera Central, cuyos principales edificios volcánicos son de este a oeste, el volcán Barú, La Yeguada y el volcán El Valle. Este último se encuentra muy próximo a la zona de estudio, y es de gran influencia en la configuración geológica de la región.

El volcán El Valle presenta una estructura compleja iniciada durante el Mioceno, ya que se encuentra emplazado sobre materiales volcánicos pertenecientes a ese periodo. Actualmente es una caldera volcánica, presentando una altura 1185 m sobre el nivel del mar, y extendiéndose en un área de unos 600 km², de los cuales 20 km² los ocupa la caldera. Su formación es debida a la subducción de placa de Nazca bajo la microplaca de Panamá, que se considera finalizó en el Mioceno Superior, aunque el vulcanismo asociado ha continuado hasta prácticamente la actualidad.

Se distinguen dos periodos de actividad principal en el volcán El Valle, aunque entre ellos se han producido varios episodios volcánicos menores. El primero de ellos abarca desde hace 10 millones de años (m.a.) hasta hace 5 m.a., caracterizándose por la emisión de lavas andesíticas acompañadas por materiales pirocásticos de tipo básico e intermedio. El segundo periodo abarca desde hace 1,9 m.a. hasta hace aproximadamente 1,3 miles de años (k.a.), fecha de la última erupción conocida del volcán. Durante esta fase se formó la citada caldera, habiéndose reconocido en ella dos estructuras de colapso diferentes, denominadas La Mesa al norte del complejo volcánico y El Valle de Antón, que define la caldera propiamente dicha mediante un escarpe de unos 200 m de altura en su lado sur. Durante esta fase se generaron importantes depósitos de tipo dacítico, tanto lávicos como piroclásticos. De ellos el más importante es la Formación El Hato, de edad Pleistoceno, la cual define un manto ignimbrítico que ocupa una gran superficie alrededor del volcán, llegando los flujos piroclásticos hasta la costa del Pacífico con un espesor de varios cientos de metros. Estos materiales forman parte del

periodo más reciente de actividad, que dio lugar a importantes acumulaciones de piroclastos silíceos y al emplazamiento de domos durante el colapso de la caldera al final del mismo, en un escenario marcado por erupciones de tipo pliniano condicionadas por la acumulación de agua en la caldera.

En cuanto a la estratigrafía en la zona de estudio, se pueden distinguir cuatro unidades litoestratigráficas principales que a continuación se describen:

- **TL (Mioceno Inferior)**

Durante este periodo aparecieron grandes cuencas de sedimentación en las actuales tierras bajas de Panamá debido al levantamiento de la Cordillera Central. A este período corresponden las rocas sedimentarias más importantes encontradas en Panamá. De entre ellas, en el corredor se han observado limolitas de origen marino y gran influencia volcánica al inicio del trazado.

- **TM CA-Tu (Mioceno Superior)**

Corresponden con la Formación Tucué del Grupo Cañazas. Se trata de materiales de composición básica e intermedia, como Andesitas, basaltos, brechas y tobas.

- **QR-Aha (Plioceno-Pleistoceno)**

Arenas, tobas, areniscas, y pómez pertenecientes a la formación Río Hato del Grupo Aguadulce. Se compone principalmente de pómez y cenizas, aunque se han observado también depósitos de ignimbritas. En la zona se encuentra influenciado localmente por procesos litorales y fluviales.

- **Qal (Pleistoceno-Actual)**

Arcillas, Arenas y gravas de origen fluvial debidas a la evolución de los principales ríos de la zona (río Chame, Bejuco, Poroporo, Teta y Tetita).

6.1.2 Unidades geológicas locales

De acuerdo al Mapa Geológico 1:100,000 del Atlas Ambiental de la República de Panamá (ANAM, 2010), las formaciones geológicas en el área de estudio datan del Periodo Terciario y se encuentran representadas por dos formaciones geológicas, la formación Río Hato (QR-Aha) y la formación Tucué (TM-CATu). Ver Figura 6-1, al final del capítulo.

A continuación se exponen las características de cada una de las formaciones encontradas en el área de estudio.

- **Formación Tucué (TM-CATu)**

La formación Tucué es de origen volcánico perteneciente al Grupo Cañazas del Período Terciario. Se conforma principalmente por andesitas, basaltos, lavas, brechas, tobas y plugs. La formación tiene características favorables para recibir, almacenar y transmitir agua, por lo que cuenta con capacidad acuífera.

- **Formación Río Hato (QR-Aha)**

La formación Río Hato es de origen sedimentario y pertenece al grupo Aguadulce del período Terciario. La formación exhibe con frecuencia gran cantidad de materia orgánica y por lo general están saturados de agua. En algunos casos, la formación puede tener 60 metros de profundidad. Mucho del depósito se formó bajo pantanos costeros salinos, donde se les incorporó sedimentos del río Chagres. La formación está compuesta por conglomerados, areniscas, lutitas, tobas, areniscas semiconsolidadas y pómez. Corresponde a la formación de mayor representatividad en el área de estudio.

La formación Tucué (TM-CATu) ocupa 9.09 hectáreas, lo cual corresponde a 5.1% del área de influencia directa (AID) y 184.22 ha (7.4 %) del área de influencia indirecta (AII). La Formación Río Hato (QR-Aha) se encuentra ocupando 169.95 ha (94.5 %) del área de influencia directa y 2293.81 ha (91.7 %) del área de influencia indirecta.

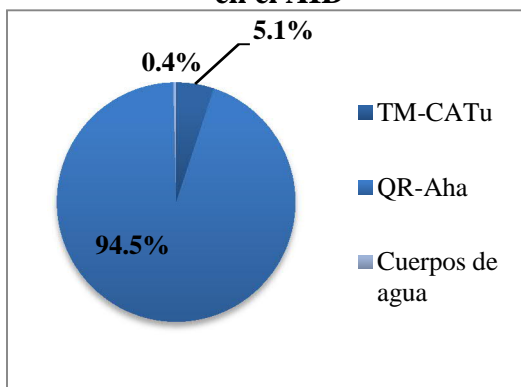
Tabla 6-1
Distribución de formaciones geológicas en el área de estudio

Formación	Unidad Geológica	AID		AII	
		ha	%	ha	%
Tucué	TM-CATu	9.09	5.1	184.22	7.4
Río Hato	QR-Aha	169.95	94.5	2293.81	91.7
Cuerpos de agua		0.78	0.4	23.01	0.9
TOTAL		179.82	100.0	2501.04	100.0

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc. 2019.

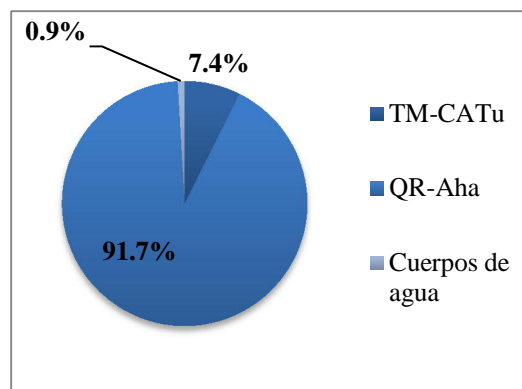
En la Gráfica 6-1 y Gráfica 6-2 se observa la distribución de las formaciones geológicas por área de influencia.

Gráfica 6-1
Formaciones geológicas en el AID



Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc., 2019

Gráfica 6-2
Formaciones geológicas en el AII



Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc., 2019

Por otra parte, la empresa contratista de la obra, realizó un estudio geológico particular para el proyecto. A continuación se presenta información sobre los resultados del estudio geológico realizado.

Para el estudio geológico particular se tomó como punto de partida las cartografías geológicas y artículos científico-técnicos. Posteriormente, durante la campaña de campo propuesta se cartografiaron los terrenos existentes y se definieron las unidades geológicas según criterios prácticos de acuerdo con la finalidad del proyecto. Teniendo en cuenta la información anterior, y tras el procesado de los datos obtenidos en la campaña geotécnica, se procedió a la ejecución de una planta geológica a escala 1:1.000 y a la realización de una serie de inventarios de campo, básicos para poder abordar la geotecnia del proyecto.

Se han distinguido los siguientes grupos de materiales en función de sus características litoestratigráficas, pero también prestando atención a su afinidad geotécnica dado el objetivo del proyecto. De más antiguo a más moderno son los siguientes:

- **Sustrato sedimentario (Unidad TL, Mioceno Inferior).**

Son materiales sedimentarios con gran influencia volcánica, que constituyen el sustrato relativo sobre el que se han dispuesto materiales asociados a la actividad volcánica posterior y a los procesos sedimentarios desarrollados. Son limolitas y areniscas de grano fino a muy fino, con abundantes fragmentos milimétricos líticos y monocristalinos de plagioclasa. Sobre ellos se dispone un manto de alteración de 2-3 m de espesor constituido por arcillas y limos arenoso pardos. Se disponen de forma tableada, aunque existen sectores donde el aspecto es en bancos decimétricos. Han sido retocadas por procesos térmicos, encontrándose plegadas y falladas por la tectónica compresiva imperante y la intrusión de los cuerpos volcánicos. En la zona entre las Estación 3+200 y 3+600 la estructura es de un sinclinal con eje ENE-OSO, convergencia al sur, fallado por lineamientos paralelos al pliegue, que han sido ocupados habitualmente por diques básicos que se presentan completamente alterados en afloramiento. Presentan abundante porosidad secundaria (fisural), lo que da lugar a manantiales de bajo caudal.

- **Formación Tucué/Formación El Valle (Unidad TAB, Mioceno Superior).**

Dado el alcance del proyecto, dentro de esta unidad se han englobado aquellos materiales rocosos de la formación Tucué y coetáneas. Así, se describen cuerpos andesíticos, basálticos, de aglomerados, tobas consolidadas e ignimbritas, definiendo materiales de origen volcánico y volcanosedimentarios antiguos. Habitualmente se disponen de forma masiva, presentando baja

permeabilidad de tipo fisural. En el caso particular del río Lajas, las andesitas aflorantes presentan marcada disyunción columnar. Salvo en los afloramientos que resaltan en la topografía, por lo general estos materiales han desarrollado en superficie mantos de alteración que puede alcanzar los 10 m de profundidad, entendiéndose como tal aquellos depósitos formados in situ donde la roca presenta un grado de meteorización GM=IV o superior. Estos depósitos son arcillosos con proporciones variables de arenas y fragmentos rocosos.

- **Formación Río Hato (Unidad TI, Pliocuaternalio).**

No se han observado afloramientos de esta unidad dentro del trazado. Forman el término inferior de la formación Río Hato en el corredor. Son materiales pétreos formados por oleadas piroclásticas de entidad regional asociadas a la actividad reciente del volcán El Valle, que afectó a una gran superficie generando depósitos de importante espesor sobre los que yacen las cenizas y pómez posteriores. Litológicamente son areniscas de naturaleza silícea con cantos constituidos por fragmentos rocosos depositados en caliente con morfología subesférica. Se presentan en cuerpos subhorizontales de espesor métrico, aunque de estructura interna masiva. Hidrogeológicamente se consideran de permeabilidad media-baja por porosidad primaria.

- **Formación Río Hato (Unidad TC, Pliocuaternalio).**

Son depósitos de cenizas y pómez de espesor variable entre métrico y decamétrico correspondientes a coladas piroclásticas procedentes del segundo periodo de actividad del volcán El Valle. Su composición es muy ácida, dispuestos en niveles centimétricos a decimétricos de cenizas blancas de granulometría arenosa y limoarcillosa que alternan con niveles de mayor espesor donde las cenizas presentan abundantes fragmentos de pómez y líticos de diferente naturaleza, predominantemente andesítica. Existen algunos niveles dispersos donde predominan las bombas volcánicas, las cuales presentan fracturación concoidal en algunos casos. Su permeabilidad es relativamente alta; en zonas superficiales no saturadas estos materiales pueden presentar endurecimientos a modo de costra, que se excava con cierta dificultad.

- **Depósitos aluviales y de fondo de vaguada (Unidad QAL, Pleistoceno – Actualidad).**

En los ríos principales se han desarrollado en la zona inicial y la ocupada por todo el trazado en variante valles de gran amplitud, rotos por las elevaciones constituidas por materiales de la

formación Tucué. En estas planicies se han depositado los materiales acarreados por los ríos importantes, dando lugar a acumulaciones de varios metros de espesor, decenas incluso, donde las facies de canal y de derrame conforma la arquitectura de estos materiales. Así, habitualmente se encuentran arcillas algo arenosas a techo, que pasan a gravas y bloque arenosos al profundizar. De esta manera, conforman un acuífero libre en conexión con los mantos eluviales. En cambio, sobre la formación Río Hato los ríos forman incisiones de hasta 30 m de profundidad donde los depósitos aluviales se encuentran a modo de terrazas aluviales de poco desarrollo.

- **Depósitos coluviales (Unidad QC, Holoceno – Actualidad).**

Se encuentran adosados a los relieves, fundamentalmente andesíticos, que rompen la homogeneidad morfológica del terreno en la primera parte del recorrido. Son materiales granulares gruesos con contenido variable en matriz arenoarcillosa que forman depósitos de tipo caótico generalmente de pequeña superficie, flojos y con alta permeabilidad. En el corredor son muy minoritarios debido a que no existen diferencias de pendiente acusadas y a la vegetación existente. Materiales de este tipo no serán atravesados con el trazado actual disponible.

- **Rellenos antrópicos (Unidades RC y RX, Actualidad).**

Se han distinguido dos tipos de rellenos antrópicos, los debidos a las infraestructuras y edificaciones existentes, unidad Rc, y los vertidos, unidad Rx. Los primeros de ellos corresponden principalmente a los rellenos de la carretera Panamericana y, en menor medida, a rellenos debidos a la edificación. Son rellenos que han sido compactados, constituidos por materiales elegidos de supuesta buena calidad. Los vertidos son rellenos procedentes de excavaciones cercanas y restos de construcción, es decir, de naturaleza heterogénea, dispuestos en zonas deprimidas del terreno o adosados a edificaciones. Son muy flojos, evolutivos, de mala calidad geotécnica.

6.1.3. Caracterización geotécnica

Para el desarrollo del proyecto, la empresa contratista seleccionada para la construcción de la obra, realizó un estudio geotécnico, cuyo objetivo fue el de analizar los condicionantes que los materiales atravesados, en función de su litología y características geotécnicas, de forma que se

exponen las propiedades geotécnicas de los materiales afectados, obteniéndose de esta manera los valores de cálculo adoptados. Además, se analizan los problemas de ejecución en relación con las características geotécnicas principales de los materiales presentes, como son la excavabilidad de los materiales presentes, la estabilidad de los taludes de excavación, así como los posibles riesgos geológicos y geotécnicos que pueden presentarse.

Como parte del estudio geotécnico efectuado por el contratista del proyecto, se realizó un análisis geotécnico de los materiales atravesados, mediante la realización de diferentes ensayos en muestras obtenidas a partir de los reconocimientos geotécnicos realizados, tales como granulometría, límites de Atterberg, densidad, humedad, sulfatos, carbonatos, materia orgánica, compresión simple, edómetro, hinchamiento, próctor y CBR (California Bearing Ratio por sus siglas en inglés, Ensayo de Relación de Soporte de California). De los resultados del estudio geotécnico se distinguieron principalmente las siguientes unidades geológico-geotécnicas:

Qc: Coluvial.

Muy minoritarios, dado el poco relieve de la zona. Se circunscriben a la ladera este de la loma sobre la que se ha construido la planta potabilizadora de Chame Son gravas con algunos bloques y matriz arcilloarenosa. De espesor métrico.

Qal: Llanura alluvial.

Esta unidad engloba los materiales en facies de derrame de los principales ríos de la zona. Mayoritariamente son arcillas, con limos y algunas arenas, entre los que se intercalan antiguos canales constituidos por gravas y bloques, que se han independizado en la siguiente unidad dado su muy diferente comportamiento geotécnico.

Tc: tobas consolidadas.

Correspondientes a la última erupción del volcán El Valle. Esta erupción, de carácter ácido, provocó leadas pirocásticas que cubrieron gran parte del área de estudio. Presentan abundantes fragmentos centimétricos líticos y pumíticos, que se encuentran en una matriz arenosa constituida por granos de sílice y de lapilli, acompañados con cierta proporción de cineritas.

Ti: Ignimbritas.

Se encuentran en la zona central de la variante, asociados a actividad extrusiva.

Tab: Coladas andesíticas y, en menor medida, basálticas, intercaladas entre los materiales piroclásticos.

Son rocas con cierta tendencia porfídica, con presencia de cristales de plagioclasa de hasta 3 mm.

Tl: Limolitas.

Son rocas sedimentarias, pero de gran influencia volcánica, con contaminación de fragmentos rocosos milimétricos y de tamaño arena de origen volcánico.

6.2 Geomorfología

De acuerdo al Atlas Ambiental de la República de Panamá (figura 6-2 al final del capítulo), los explayamientos hidro-volcánicos del cuaternario antiguo y medio ocupan 115.87 hectáreas lo cual corresponde a un 64.4% en el área de influencia directa (AID) y 1626.67 hectáreas (65.0%) del área de influencia indirecta (AII). Las rocas ígneas extrusivas (basalto, andesita, toba, ignibrita, etc.) se encuentran en 61.53 hectáreas (34.2%) del AID y en 816.44 hectáreas (32.6%) del AII. Solamente un 0.9% del AID (1.64 hectáreas) y 1.4% del AII (34.92 hectáreas) es ocupado por acumulación fluvio marina del cuaternario reciente actual. Los cuerpos de agua ocupan un 0.4% (0.78 hectáreas) del AID y un 0.9% (23.01 hectáreas) del AII.

Por otra parte, según el “*Documento 5.8 - Tomo 1 de la memoria del Anteproyecto para el Estudio, diseño, construcción y mantenimiento de obras para la ampliación y rehabilitación a seis (6) carriles – corredor de las playas, tramo: Santa Cruz – San Carlos. Provincia de Panamá Oeste (FCC, 2017)*”, dentro de las macrounidades geomorfológicas en las que se subdivide el territorio panameño, la zona de estudio se encuentra en las denominadas "regiones bajas y planicies litorales". En ellas, relieves asociados a los cuerpos intrusivos existentes rompen la monotonía del terreno, siendo un buen exponente de éstos en la región del cerro Chame, situado al este de Chame, y que alcanza los 560 m de altitud. Sin embargo, los principales relieves de la región son los debidos a la serranía conocida como los Altos de Campana, cuyo punto

culminante es el Pico Campana (1030 m.s.n.m.), el cual es una alineación montañosa de origen volcánico asociada a la actividad del volcán El Valle, en la que se observan numerosos edificios volcánicos desmantelados en forma de pitones y domos (plugs) que discurre de forma más o menos paralela a la costa, siguiendo las directrices morfoestructurales dominantes de la región. Entre las zonas más elevadas y el océano, el terreno desciende suavemente conformando la planicie litoral donde se encuentran las principales poblaciones e infraestructuras de la zona.

En la región se pueden encontrar tres zonas diferenciables desde un punto de vista geomorfológico:

Zona litoral:

Se caracteriza por presentar un relieve suave, ocupado por depósitos de costeros y de transición. Abarca desde el nivel del mar hasta la cota +50 m. Se ve abruptamente interrumpida por algunos edificios volcánicos de varias decenas de metros de altura.

Zona de transición:

Se trata de la zona donde se vence el desnivel existente entre la zona litoral y la montañosa mediante una morfología escalonada de pendiente total moderada, aunque puntalmente puede ser elevada.

Zona de Montaña:

Corresponde a las elevaciones debidas a los Altos de Campana. De estas zonas, el área del proyecto se sitúa en la primera, de manera que utilizando la clasificación topográfica de Murphy, se define geomorfológicamente como "superficies continentales de suaves pendientes, relieve local menor a 100 m.s.n.m., poca diferencia latitudinal y probabilidades de ser ondulados, horizontales, inclinados y escalonados".

Por otra parte, el área del proyecto, geomorfológicamente, se sitúa en la denominada Zona Litoral de Murphy, que se define geomorfológicamente como de superficies continentales de suaves pendientes, relieve local menor a 100 m.s.n.m., poca diferencia latitudinal y probabilidades de ser ondulados, horizontales, inclinados y escalonados.

6.3 Caracterización del suelo

De acuerdo con el “*Documento 5.8 - Tomo 1 de la memoria del Anteproyecto para el Estudio, diseño, construcción y mantenimiento de obras para la ampliación y rehabilitación a seis (6) carriles – corredor de las playas, tramo: Santa Cruz – San Carlos. Provincia de Panamá Oeste (FCC, 2017)*”, según las características de los materiales afectados por el trazado en relación con las excavaciones previstas en la misma, se han dividido los materiales del trazado del proyecto en los siguientes grupos:

Rellenos antrópicos y suelos evolutivos:

Corresponden a materiales de mala calidad (Unidades Rx, Qal arcilloso y cenizas finas de la unidad Tc).

Suelos neutros:

Son suelos que pueden ser utilizados para formar parte del cuerpo del terraplén (Unidad Tc, excepto los términos más arcillosos, unidad Qal cuando sean los materiales granulares los dominantes).

Materiales mixtos:

Son rocas blandas, fracturadas o fácilmente alterables que pueden servir para núcleo de terraplén. Son materiales excavables superficialmente, aunque pueden requerir martillo neumático o voladura puntual para su extracción (Unidad Ti y unidad Tab GM=IV).

Materiales pétreos:

Los materiales rocosos existentes en el trazado son las unidades Tab y Tl, las cuales son de mayor calidad geotécnica, pudiendo ser utilizados como, bases, sub-bases, pedraplén, etc. Los materiales rocosos pertenecientes a este último grupo suponen menos de un 5 % de los disponibles en la traza.

A nivel general, una parte (21.84 Km) del alineamiento del proyecto coincide con el alineamiento existente de la carretera Panamericana. No obstante, una parte (aproximadamente

13.873 km a 14.230 km, según se defina en el diseño final) tomará rutas que se alejan del trazado actual de dicha carretera (variante Chame – Punta Barco). Los suelos que se ubican aledaños al alineamiento de la carretera Panamericana, se encuentran altamente afectados por actividades antrópicas, principalmente debido a actividades de construcción y mantenimiento de la vía existente; así como también por la ubicación de locales comerciales y residencias adyacentes a la servidumbre. Todo lo anterior, genera la compactación de los suelos e incrementa el riesgo potencial de contaminación de los mismos.

A continuación, se describen las principales características de los suelos existentes en el área de estudio, sobre la base de la revisión de información bibliográfica disponible y los resultados obtenidos en muestras de suelos colectadas a lo largo del alineamiento del proyecto. Para mayor detalle en cuanto a la metodología de muestreo de suelos, ver el Capítulo 3 del presente estudio.

Tipo de suelos

En el área de estudio del proyecto se observan suelos que han sido históricamente perturbados por las acciones antrópicas llevadas a cabo para la construcción de la red vial y su servidumbre, y por la presencia de actividades humanas diversas (infraestructura de uso comercial, residencial y potreros). Estos suelos, desde el punto de vista edafológico, son clasificados como Antrosoles por ser suelos que han recibido un fuerte impacto antrópico en el proceso de conformación. No obstante, cabe destacar que de acuerdo con las vistas de imágenes satelitales de Google Earth®, la variante Chame-Punta Barco incide sobre superficies con menor grado de perturbación.

- **Calidad del suelo**

Para el caso del presente estudio, se tomaron muestras en seis (6) puntos distribuidos a lo largo del alineamiento del proyecto, específicamente en las zonas donde se darán intervenciones para la ampliación de la vía y la variante, ya que las actividades de rehabilitación tendrán lugar sobre la vía existente, los puntos se muestran en la Figura 6-3 (al final del capítulo). Posteriormente, se realizaron análisis de sus características físicas y químicas, siguiendo la metodología señalada en el Capítulo 3. En la Tabla 6-2 se presentan las coordenadas de los puntos de muestreo (UTM WGS-84).

Tabla 6-2
Coordenadas de los puntos de muestreo de suelo

Nomenclatura en campo	Referencia de ubicación	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Este	Norte
CPS-1	Corregimiento de Bejuco	623022	952460
CPS-2	Corregimiento de Bejuco	621447	950736
CPS-3	Corregimiento de Chame	621782	949508
CPS-4	Corregimiento Las Lajas	617705	945486
CPS-5	Corregimiento de San José	616180	942113
CPS-6	Corregimiento de San Carlos	614620	937178

Fuente: Elaborado por URS Holdings, 2019.

Según la Norma de Calidad Ambiental de Suelos de la ANAM (actualmente Ministerio de Ambiente), la contaminación de los suelos se evalúa a través de la actividad de la deshidrogenasa y el contenido de materia orgánica del suelo. Con estos niveles se calcula el Índice de Actividad Microbiana "I.A.M.". Para evaluar este aspecto, personal de URS realizó la toma de muestras y el laboratorio Centro de Investigaciones Químicas, S.A. (CIQSA) realizó el análisis de laboratorio en cada uno de los puntos antes mencionados. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6-3 y en el Anexo 6-1 se incluyen los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de suelos.

Tabla 6-3
Resultados de los Análisis en Muestras de Suelo

Parámetros	Puntos de muestreo						Límite normativa*
	CPS-1	CPS-2	CPS-3	CPS-4	CPS-5	CPS-6	
Actividad de la deshidrogenasa (µgTFF/g)	24.8	31.9	20.5	39.5	8.2	14.7	---
Materia orgánica (%)	3.1(M)	1.9(B)	1.1(B)	3.2(M)	0.4(B)	1.3(B)	---
pH	5.3 (Ácido)	5.1 (Muy ácido)	5.5 (Ácido)	6.5(PA)	6.4(PA)	6.4(PA)	---
Granulometría (% que pasa)	1.5	2.8	1.2	1.8	1.4	2.9	
Índice de la actividad microbológica**	8.0	16.7	18.6	12.3	20.5	11.3	0.5 – 22.0
Textura/Arena	48.0	58.0	64.0	--	72.0	--	---

Parámetros	Puntos de muestreo						Límite normativa*
	CPS-1	CPS-2	CPS-3	CPS-4	CPS-5	CPS-6	
(%)							
Textura/Limo (%)	15.0	20.0	15.0	--	14.0	--	---
Textura/Arcilla (%)	37.0	22.0	21.0	--	14.0	--	---
Tipo de suelo	Arcilla arenosa	Franco arcilla arenosa	Franco arcilla arenosa	--	Franco arenosa	--	---
Potasio (ppm)	46.5(B)	28.5(B)	16.5(B)	--	6.0(B)	--	---
Calcio (meq/100g)	7.0(A)	4.0(M)	3.0(M)	--	2.0 (B)	--	---
Magnesio (meq/100g)	8.0(A)	3.0(A)	2.0(A)	--	3.0(A)	--	---
Fósforo (ppm)	0.2(B)	0.2(B)	0.1(B)	--	12.2(M)	--	---
Hierro (ppm)	52.7(M)	232.1(A)	75.4(A)	--	77.8(A)	--	---
Manganeso (ppm)	73.3(A)	37.0(M)	35.8(M)	--	30.9(M)	--	---

*: Decreto Ejecutivo N° 2 del 14 de enero de 2009. "Calidad de Suelos para diversos usos".

**: Relación actividad deshidrogenasa / materia orgánica.

Para interpretar pH: B=Básico; MB=Muy Básico; PA=Poco Ácido.

Para interpretar otros elementos: A=Alto; M=Medio; B=Bajo; Tr=Trazas

Fuente: Elaboración de URS Holdings, Inc., basado en el informe del laboratorio CIQSA.

Los resultados obtenidos indican la presencia de deshidrogenasa entre valores de 8.2 y 39.5 $\mu\text{gTFF/g}$ para las muestras CPS-5 y CPS-4 respectivamente. En cuanto a la materia orgánica se registraron porcentajes bajos y medios cuyos valores oscilaron entre 0.4% y 3.2%.

Con respecto a los Índices de Actividad Microbiológica, se obtuvieron valores entre 8.0 y 20.5, los cuales se encuentran dentro del rango establecido en la normativa aplicable para la determinación de contaminación del suelo por sustancias químicas para proteger la salud humana y los ecosistemas.

Los suelos muestran condiciones de pH de muy ácido a poco ácido, registrando valores que oscilaron entre 5.1 - 6.5. En las muestras de suelo donde se realizaron análisis de la textura del mismo, se observa que en todas las muestras, el mayor valor obtenido fue del porcentaje de arena en el suelo, donde se registraron valores entre 72% y 48% en las muestras CPS-5 y CPS-1

respectivamente. Los resultados del porcentaje de arcilla en el suelo osciló entre 14.0% y 37%, mientras que el porcentaje de limo en las muestras de suelo registraron valores entre 14% y 20%.

En cuanto al tipo de suelo, según el informe de análisis de laboratorio, dos muestras de suelo resultaron en tipo franco arcilla arenosa, una muestra con tipo de suelo franco arenosa y una muestra con tipo de suelo arcilla arenosa. Se registraron niveles bajos de potasio en todas las muestras donde se analizó este parámetro. En cuanto a los resultados de Calcio en el suelo, los mismos fueron variables con un valor alto, dos valores medio y un valor bajo. Para el magnesio todos los valores resultaron en niveles altos. Respecto al parámetro fósforo tres valores resultaron bajos y uno con valor medio. La mayoría de los resultados del parámetro hierro resultaron en valores altos y en una muestra se registró un valor medio. En cuanto al manganeso se registraron tres valores medios y un valor alto. Del análisis de granulometría realizado, todas las muestras de suelo contienen, en mayor porcentaje, partículas de arena media y arena muy gruesa.

6.3.1 La descripción del uso del suelo

El desarrollo de las obras se realizará en áreas de uso público y privado como son las vías de circulación vehicular, servidumbre vial y fincas privadas. Las áreas adyacentes a la carretera Panamericana, en casi todo el tramo del proyecto objeto de este estudio, se encuentran urbanizadas con asentamientos aledaños, tanto habitacional, industrial y de servicios. También existen en el área gran cantidad de accesos de calles, viales urbanos, urbanizaciones y complejos hoteleros.

Debido a que el área de influencia directa del Proyecto, si bien abarca parte de la servidumbre vial de la carretera Panamericana, en las zonas de ampliación se recorren espacios con desarrollo urbano, por lo cual se debe tener en cuenta que el proyecto conlleva un Plan Marco de Indemnizaciones y Relocalización y debe cumplir con lo establecido en la ***Resolución No. 009-11 de 20 de enero de 2011, por medio de la cual se establece el procedimiento de pago de afectaciones de propiedades por la ejecución de proyectos del Ministerio de Obras Públicas a nivel nacional***, para aquellos casos en que surgiera la necesidad de afectar estructuras o

propiedad privada, tal como se describe en el capítulo 10, correspondiente al Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Los usos actuales de los suelos en el área de influencia del presente proyecto se establecieron a partir de las imágenes actualizadas del área de influencia, el análisis del Sistema de Información Geográfico y verificaciones en campo. La descripción de los diferentes usos del suelo, se presenta a detalle en los capítulos 7 y 8 del presente estudio.

En líneas generales, se observa que en el área de influencia directa del proyecto están presentes áreas de gramíneas, rastrojos, potreros, cruces de cuerpos de agua y vías existentes e infraestructuras asociadas a uso comercial y residencial (más detalle se presenta en el capítulo 7 y 8 del presente estudio).

6.3.2 Deslinde de la propiedad

El proyecto se desarrollará en los distritos de Chame y San Carlos, en la provincia de Panamá Oeste, y comprende obras en la carretera Panamericana (ampliación y rehabilitación), que en su mayoría se desarrollan sobre la carretera existente y su servidumbre; así como, la construcción de la Variante Chame – Punta Barco que transcurre por áreas que en su mayor parte se encuentran desprovistas de algún tipo de construcción (aproximadamente 13.873 km a 14.230 km, según se defina en el diseño final), este componente abarca terrenos con diferente tipo de tenencia como son: servidumbre vial, terrenos de propiedad privada, terrenos municipales, entre los cuales se encuentran las vías públicas y el área de servidumbre de estas vías.

Dentro de los terrenos a ser intervenidos, fuera de servidumbre vial y en ocasiones dentro de estas, están presentes algunas estructuras de tipo permanente y semi-permanente, predios y/o cercas, las cuales se relacionan con diversos tipos de usos y que pueden ser afectadas de forma parcial o total. Para atender estos casos, se realizó un inventario preliminar de estructuras establecidas en las áreas a ser ocupadas por el proyecto, identificándose el tipo de estructura existente y usos asociados. Los resultados de dicho levantamiento se presentan en el capítulo 8 del presente estudio. Cabe resaltar que el promotor o el contratista deben cumplir con lo

establecido en la Resolución No. 009-11 de 20 de enero de 2011, por medio de la cual se establece el procedimiento de pago de afectaciones de propiedades por la ejecución de proyectos del Ministerio de Obras Públicas a nivel nacional. Ver en capítulo 10.

6.3.3 Capacidad de uso y aptitud del suelo

La capacidad de uso se define como el potencial que tiene una unidad de suelo para ser utilizada de una manera sostenida sin sufrir deterioro en su capacidad productiva. Para la caracterización de la capacidad de uso de los suelos se utilizó el método del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América "U.S.D.A." que establece la capacidad en base a parámetros agrológicos como: pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, salinidad; toxicidad, drenaje e inundabilidad. Esta clasificación establece ocho clases que van de la I a la VIII, en función de las limitaciones que presentan para su uso, así como los riesgos a las inundaciones y erosión, entre otras. A continuación se presentan las características generales de las diferentes categorías de uso de suelos.

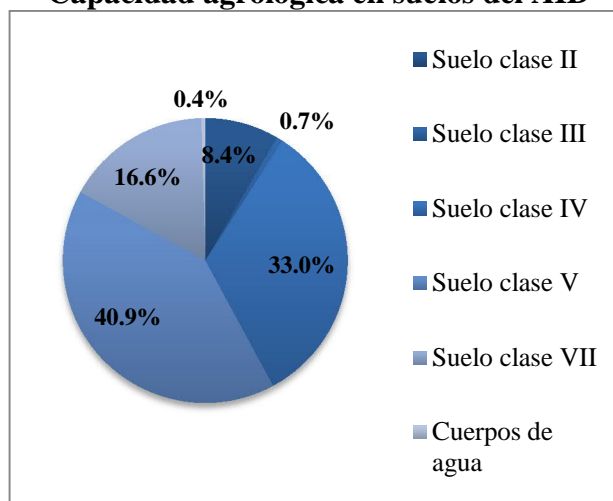
- **Suelos Clase I:** Estos suelos corresponden a suelos arables, prácticamente sin restricciones de uso.
- **Suelos Clase II:** Estos suelos son arables, con algunas limitaciones en la selección de plantas y que requieren de una conservación moderada.
- **Suelos Clase III:** Son suelos con pendientes de hasta 5 por ciento, moderadamente profundos, de mediana a baja fertilidad y riesgo de inundación bajo. Se encuentran en áreas de depósitos fluviales de la red hidrográfica. Su aptitud de uso máxima son los cultivos semi-permanentes y permanentes.
- **Suelos Clase IV:** Son suelos relativamente planos con pendientes de hasta 9 por ciento, moderadamente profundos, de mediana a baja fertilidad y riesgo de inundación moderado. Se encuentran en áreas de depósitos fluviales de la red hidrográfica y en suelos calcáreos. Su aptitud de uso máxima son los cultivos semi-permanentes y permanentes.
- **Suelos Clase V:** Los suelos Clase V son los suelos de aptitud principalmente para la actividad ganadera y los cultivos permanentes. Los suelos Clase V tienen pendientes de

hasta 25% con alguna o varias de las siguientes limitantes: suelos someros, pedregosidad fuerte, problemas de erosión moderada, o riesgo de inundación severo. Su capacidad de uso máximo es el pastoreo y los cultivos permanentes, pudiéndose utilizar sistemas de manejo de agricultura sostenible. En áreas boscosas, el manejo del bosque natural es permitido.

- **Suelos Clase VI:** Los suelos clasificados como Clase VI son aptos para la producción forestal, tales como los sistemas de manejo sostenible como la agro forestería con frutales y café. Los suelos Clase VI presentan pendientes de hasta 35% con alguna o varias de las siguientes limitaciones: pedregosidad fuerte, problemas de erosión severos o intensidad de vientos moderada.
- **Suelos Clase VII:** Los suelos Clase VII tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en áreas con cobertura boscosa, siempre que se garantice la preservación del bosque. Si el uso actual del suelo no es bosque, se debe propiciar la restauración forestal por regeneración natural. Los suelos Clase VII tienen pendientes de hasta 60% y profundidad mayor a 30 centímetros.
- **Suelos Clase VIII:** Los suelos identificados como Clase VIII son áreas estrictamente restringidas a la preservación de la flora y fauna y la protección de áreas de recarga de acuíferos. Son suelos con pendientes mayores de 75% y menos de 30 centímetros de profundidad efectiva, los suelos con problemas de erosión muy severos son incluidos en esta categoría. También se incluyen en esta categoría los suelos dentro de las áreas protegidas. Se ubican en las áreas más escarpadas y de difícil acceso.

En el área de influencia directa del proyecto se observan suelos Clase II, III, IV, V y VII siendo los suelos Clase V los que ocupan la mayor extensión con 73.49 hectáreas (40.9%) en el área de influencia directa, seguido de los suelos Clase IV con un área de 59.35 hectáreas (33.0%), luego le siguen los suelos clase VII con un área de 29.84 hectáreas (16.6%), los suelos clase II con un área de 15.10 hectáreas (8.4%) y en menor extensión, se presentan los suelos tipo III con un área de 1.26 hectáreas (0.7%) como se muestra en la Gráfica 6-3 (Ver Figura 6-4 incluida al final del capítulo).

Gráfica 6-3
Capacidad agrológica en suelos del AID



Fuente: Elaborado por URS Holdings, 2019.

Los resultados obtenidos del análisis de capacidad agrológica para el área de influencia se muestran en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4
Capacidad agrológica de los suelos en el área de influencia

Categorías de capacidad agrológica	Área de Influencia Directa		Área de Influencia Indirecta	
	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
II	15.10	8.4	305.08	12.2
III	1.26	0.7	18.17	0.7
IV	59.35	33.0	1015.65	40.6
V	73.49	40.9	880.76	35.2
VII	29.84	16.6	258.37	10.3
Cuerpos de agua	0.78	0.4	23.01	0.9
Total	179.82	100.0	2501.04	100.0

Fuente: Generado por URS Holdings, Inc. con Cobertura de Suelo y el SIG, 2019.

Los resultados también muestran que en el área de influencia indirecta predominan los suelos de clase IV y V de capacidad agrológica, lo cual se corresponde con la intervención existente en el área, mencionada anteriormente, por la presencia de vías de circulación, servidumbres públicas y terrenos privados, algunos con estructuras de uso residencial y comercial.

6.4 Topografía

La carretera Panamericana (CPA), en el tramo objeto de proyecto, discurre paralela a la costa pacífica de la República de Panamá, por un terreno ondulado correspondiente a la ladera final del volcán El Valle, situado 20 km al noroeste de la zona.

Para describir la topografía de los suelos en el área de estudio se utilizó el Mapa Topográfico Escala 1:50,000 de la cartografía base del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” y el Sistema de Información Geográfico SIG de URS (Mapa Topográfico 1:50,000) y el mapa de pendientes del Atlas Ambiental de la República de Panamá (Ver figuras 6-5 y 6-6 al final del capítulo). El alineamiento del proyecto atraviesa una zona de orografía plana a ondulada, lo cual se ha tenido en cuenta para el trazado del perfil longitudinal de la vía.

En la mayor parte del área de estudio, las pendientes se encuentran en un rango de pendiente entre 0° - 2° . En el área de influencia directa, se presentan 126.36 hectáreas (70.3%) con pendientes de 0° - 2° , 44.50 hectáreas (24.7%) con pendientes de 2.1° - 5° , 7.65 hectáreas (4.3%) tienen pendientes entre 5.1° y 10° y 0.53 hectáreas (0.3%) de áreas con pendientes entre 10.1° y 15° .

En el área de influencia indirecta se presentan áreas de 1,755.99 hectáreas (70.2%) con pendientes de 0° - 2° , 554.58 hectáreas (22.2%) presentan pendientes entre 2.1° y 5° , un área de 146.32 hectáreas (5.9%) cuentan con pendientes de 5.1° a 10° y en menor porcentaje se presentan pendientes entre 10.1° - 15° (0.8%) y mayores de 15° (0.1%).

- **Componente CPA**

Tramo ampliación inicial (Estación 36 + 200 y Estación 37 + 437)

El tramo de la carretera a ser ampliada (en el área de Santa Cruz) cuenta con una topografía relativamente plana que presenta elevaciones entre los 10 m.s.n.m y los 15 m.s.n.m.

Tramo rehabilitación y mantenimiento (Estación 38+000 y Estación 50+500)

En el tramo de la carretera Panamericana a ser rehabilitada, las elevaciones del terreno presentan valores que van desde los 20 m.s.n.m en el área de Bejuco hasta los 35 m.s.n.m en área adyacente al aeropuerto de Chame. En el tramo de carretera ubicado entre el río Las Lajas y el río Poroporo se observan elevaciones que van desde los 40 m.s.n.m hasta los 60 m.s.n.m.

Tramo ampliación final (Estación 51+700 y Estación 57 + 900)

El tramo de la carretera Panamericana a ser ampliada (San Carlos), en el tramo entre el río Poroporo y río Tetita se presentan elevaciones de 60 m.s.n.m. hasta 50 m.s.n.m., luego desde el río Tetita hasta el río Teta se cuenta con elevaciones entre 50 y 55 m.s.n.m. Entre el río Teta, quebrada Blanca y quebrada Las Hermanas existen elevaciones que oscilan entre 55 y 60 m.s.n.m. Luego las elevaciones disminuyen de 60 m.s.n.m. hasta 35 m.s.n.m. en el tramo comprendido entre la quebrada Las Hermanas y la quebrada Arenal. Por último, el tramo entre la quebrada Arenal y quebrada Pueblo, las elevaciones descienden de 35-40 m.s.n.m. hasta los 20 m.s.n.m.

- **Componente Variante Chame – Punta Barco**

El área donde se ubicará el alineamiento de la Variante de Chame – Punta Barco, en dirección suroeste, presenta elevaciones entre 15 m.s.n.m. y 20 m.s.n.m.; así como, un sector donde se observa un incremento en las elevaciones entre 25 m.s.n.m. y 30 m.s.n.m. hasta llegar al futuro intercambiador cerca del río Bejuco. Posteriormente, se observa un incremento de las elevaciones hasta aproximadamente 40 m.s.n.m. y luego una disminución hasta 30 m.s.n.m. cerca de un afluente del río Bejuco (donde se ubicará un intercambiador). A partir de allí, continúa un área relativamente plana, ubicada al oeste del aeropuerto de Chame, con elevaciones aproximadas de 40 m.s.n.m. Luego se observa una disminución en las elevaciones hasta alcanzar una elevación de 20 m.s.n.m. en la intersección del alineamiento de la variante de Chame – Punta Barco con el río Chame.

En el tramo del alineamiento de la variante Chame – Punta barco entre el río Chame y la quebrada Barreto se presenta un aumento en las elevaciones de 20 m.s.n.m. hasta llegar a aproximadamente 40 m.s.n.m. Por otro lado, en el tramo de la variante comprendido entre las Dos Cruces con la quebrada Barreto, se presentan elevaciones que aumentan de 40 m.s.n.m. a 70 m.s.n.m. De allí se inicia una sección plana que cuenta con una elevación aproximada de 65 m.s.n.m. entre la quebrada Barreto y la quebrada Piedra. Entre la quebrada Piedra y la quebrada Agua Mina se mantiene una elevación aproximada de 70 m.s.n.m. a partir de este punto se disminuye la elevación hasta 60 m.s.n.m. en la intersección con la quebrada Las Lajas. En el tramo entre la quebrada Las Lajas y el río Poroporo, se presenta un aumento de las elevaciones de 60 m.s.n.m. (estación 11 + 500) a 80 m.s.n.m. (estación 12 + 500) y luego una disminución de la elevación hasta los 60 m.s.n.m. en la conexión de la variante Chame – Punta Barco con la carretera Panamericana en el área de San Carlos.

6.4.1 Mapa topográfico o plano según área a desarrollar a escala 1:500,000

En la Figura 6-5, al final del documento, se representa la topografía del área de estudio en escala 1:50,000.

6.5 Clima

La descripción climatológica del área de estudio incluyó el análisis de los siguientes parámetros: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, radiación solar y evaporación. Con este propósito, se utilizaron los datos históricos disponibles en la página web de ETESA (<http://www.hidromet.com.pa>). En la Tabla 6-5, se presentan las dos (2) estaciones meteorológicas seleccionadas, utilizando como principal criterio de selección la cercanía de las mismas al área del proyecto y la cantidad de años de registro. Adicionalmente se incluyeron otras estaciones meteorológicas a modo de referencia, dado que están alejadas del proyecto pero son las únicas con información disponible.

Tabla 6-5
Datos climáticos históricos. Estaciones meteorológicas seleccionadas

N°	Nombre	Período disponible	Elevación (msnm)	Coordenadas		Tipo de Estación
				Latitud	Longitud	
138-005	Chame	1/12/1970	30	8° 35' 35"	79° 52' 41"	Tipo C Convencional
138-013	Gorgona	1/09/1992	5	8° 33' 00"	79° 53' 00"	Tipo C Convencional

Fuente: www.hidromet.com.pa.

6.5.1 Tipo de clima

La zona donde se desarrollará el Proyecto, según la clasificación de McKay¹, se caracteriza por presentar un Clima Tropical con Estación Seca Prolongada (Ver Figura 6-7 al final del capítulo). Este tipo de clima se caracteriza por presentar temperaturas medias de 27 a 28 °C y un nivel de precipitación anual menor a 2,500 mm. Asimismo, se caracteriza por presentar fuertes vientos durante la estación de sequía, con predominio de nubes medias y altas, baja humedad relativa y fuerte evaporación.

6.5.1.1 Precipitación

Los datos mensuales del histórico de precipitación, obtenidos de la estación Chame son presentados en la Tabla 6-6. Se registra un promedio anual de 126.7 mm/año. Los promedios mensuales muestran los valores más bajos entre enero y marzo (oscilando entre 3.7 y 18.9 mm). Posteriormente, se observa un incremento gradual en la precipitación alcanzando su valor máximo en octubre (253.5 mm), con una disminución al final de año (noviembre y diciembre). El menor valor se presentó en febrero (3.7 mm).

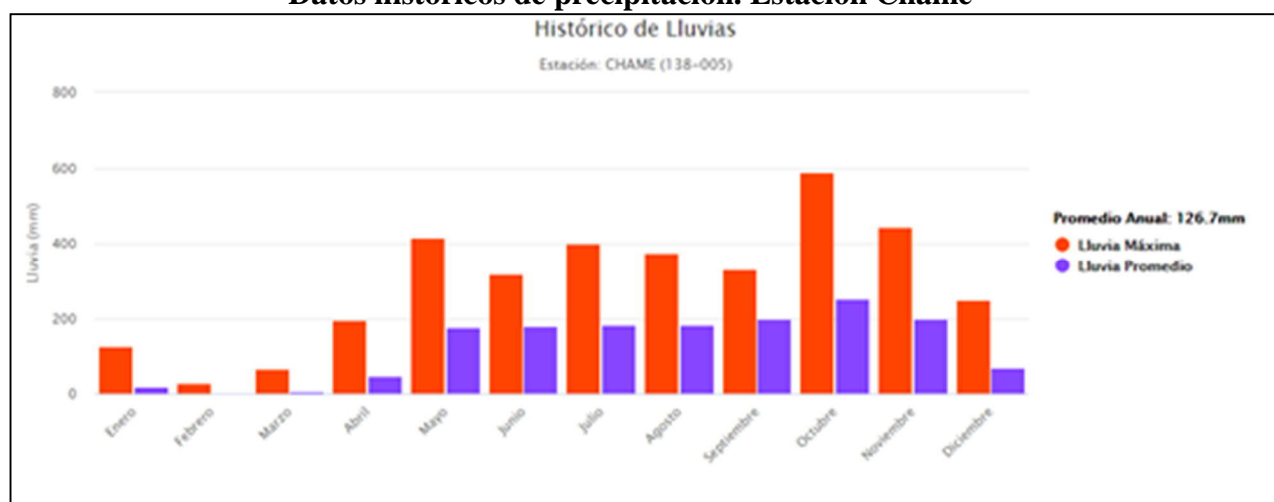
¹ Dato obtenido de la superposición del área de estudio contra el mapa de climas del Atlas Nacional de la República de Panamá de 2010.

Tabla 6-6
Datos históricos de precipitación. Estación Chame

Precipitación	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo (mm)	125.5	29.6	64.6	194.1	415.1	318.2	401	375.4	331.1	588.2	442.9	247.9
Promedio Mensual (mm)	18.9	3.7	7.8	45.7	177.7	179.0	183.9	183.8	197.1	253.5	199.8	69.1
Promedio Anual (mm)	126.7											

Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

Gráfica 6-4
Datos históricos de precipitación. Estación Chame



Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

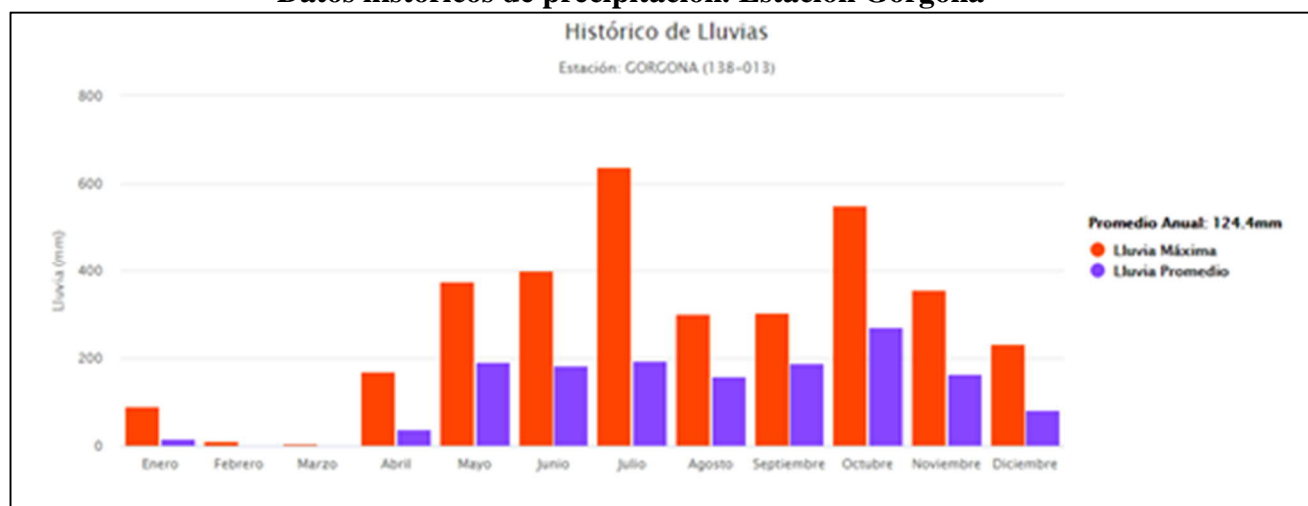
En cuanto a los datos mensuales del histórico de precipitación, obtenidos de la estación Gorgona, los mismos son presentados en la Tabla 6-7 y en la Gráfica 6-5. Se observa un promedio anual de 124.4 mm. A lo largo del año, se observan que en los meses de enero, febrero y marzo se registraron los menores valores de precipitación con valores que oscilaron entre 0.6 mm a 16.3 mm. A partir del mes de abril se incrementan los valores del promedio mensual de la precipitación registrándose valores que oscilaron entre 39.7 mm (abril) y 270.7 mm (octubre).

Tabla 6-7
Datos históricos de precipitación. Estación Gorgona

Precipitación	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo (mm)	89.5	10.6	4.6	171	376.3	399.6	638.7	301.2	303.0	549.6	355.4	232.0
Promedio Mensual (mm)	16.3	1.4	0.6	39.7	192.6	182.5	194.6	159.4	187.7	270.7	164.9	82.3
Promedio Anual (mm)	124.4											

Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

Gráfica 6-5
Datos históricos de precipitación. Estación Gorgona



Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

6.5.1.2 Temperatura

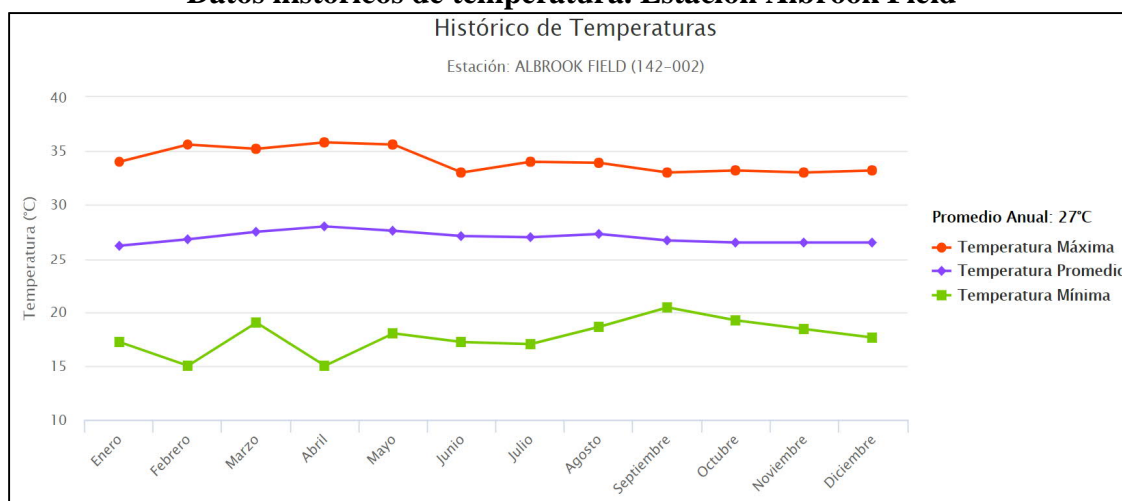
Los datos históricos de la estación más cercana al área del proyecto corresponden a la estación Albbrook Field. Los datos analizados se presentan en la Tabla 6-8. La temperatura promedio anual es de 27 °C, con valores promedios mensuales con variaciones a lo largo del año entre 26.2 y 28.0 °C. Por su parte, el valor máximo de temperatura corresponde a 35.8 °C en abril, mientras que los valores mínimos mensuales descienden hasta los 15.0 °C en febrero y abril.

Tabla 6-8
Datos históricos de temperatura. Estación Albrook Field

Temperatura	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo (°C)	34.0	35.6	35.2	35.8	35.6	33.0	34.0	33.9	33.0	33.2	33.0	33.2
Mínimo (°C)	17.2	15.0	19.0	15.0	18.0	17.2	17.0	18.6	20.4	19.2	18.4	17.6
Promedio Mensual (°C)	26.2	26.8	27.5	28.0	27.6	27.1	27.0	27.3	26.7	26.5	26.5	26.5
Promedio Anual (°C)	27											

Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

Gráfica 6-6
Datos históricos de temperatura. Estación Albrook Field



Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

Adicionalmente, se analizaron los registros de temperatura de la estación climatológica SE Chorrera (Tabla 6-9), los cuales indican que en los años de registro la temperatura media anual osciló entre 24.73 y 26.05°C, donde las temperaturas más bajas y más altas promedio (diarias) oscilaron entre 21.63-22.87 °C y 29.66-30.92 °C, respectivamente. Mientras que a nivel anual, la temperatura mínima absoluta fue de 19.30 a 21.10 °C y la temperatura máxima absoluta varió entre 32.00 y 34.00 °C.

Tabla 6-9
Registros de temperatura. Estación SE Chorrera

Año	Valores de Temperatura (°C)				
	Media	Mínima promedio	Máxima promedio	Mínima absoluta	Máxima absoluta
2011	25.73	22.79	30.45	21.10	33.30
2012	25.70	22.79	30.45	19.30	33.70
2013	26.05	22.87	30.92	19.70	33.30
2014	25.54	22.40	30.38	20.40	34.00
2015	24.73	21.63	29.66	19.80	32.10
2016	25.59	22.04	29.95	19.80	32.00

Fuente: ICEACSA, 2018. Información generada para la licitación del proyecto Estudio, Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras para la Ampliación y Rehabilitación a Seis (6) Carriles – Corredor de las Playas, Tramo: La Chorrera - Santa Cruz. Anexo N° 4: climatología e hidrología.

Asimismo, de acuerdo con los registros climatológicos mensuales (Tabla 6-10), la temperatura media anual es de 25.47 °C, oscilando entre los 24.94 °C del mes de octubre y los 26.01 °C de abril. Las temperaturas extremas son de 34.00 °C para la máxima absoluta, registrada en el mes de mayo, y 19.30 °C para la mínima absoluta, en el mes de noviembre (ICEACSA, 2018). La temperatura media de las máximas (Tabla 6-11) se mantiene entre los 29.86 y los 31.15 °C, mientras que la temperatura media de las mínimas se encuentra en el rango que va de los 21.77 a los 22.85 °C, con una variación entre las medias máximas y mínimas de 7.61 a 8.30 °C (ICEACSA, 2018).

Tabla 6-10
Valores de temperaturas mensuales (°C)

Mes	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima absoluta (°C)	Temperatura máxima absoluta (°C)
Enero	25.56	19.70	33.30
Febrero	25.61	20.50	32.90
Marzo	25.80	20.10	33.30
Abril	26.01	20.50	32.90
Mayo	25.84	20.30	34.00
Junio	25.51	20.70	33.70
Julio	25.81	20.00	33.20
Agosto	25.03	20.40	32.10
Septiembre	24.98	20.30	32.70

Mes	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima absoluta (°C)	Temperatura máxima absoluta (°C)
Octubre	24.94	19.80	32.30
Noviembre	24.98	19.30	32.80
Diciembre	25.57	19.50	32.60

Fuente: ICEACSA, 2018. Información generada para la licitación del proyecto Estudio, Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras para la Ampliación y Rehabilitación a Seis (6) Carriles – Corredor de las Playas, Tramo: La Chorrera - Santa Cruz. Anexo N° 4: climatología e hidrología.

Tabla 6-11
Valores de temperaturas extremas y oscilación térmica (°C)

Mes	Temperatura media de las mínimas (°C)	Temperatura media de las máximas (°C)	Oscilación (C°)
Enero	22.78	30.45	7.67
Febrero	22.78	30.83	8.05
Marzo	22.69	30.30	7.61
Abril	22.85	31.15	8.30
Mayo	22.55	30.53	7.98
Junio	22.50	30.45	7.94
Julio	22.63	30.29	7.66
Agosto	22.36	30.02	7.66
Septiembre	22.00	29.86	7.85
Octubre	21.77	29.95	8.18
Noviembre	22.08	30.12	8.04
Diciembre	22.32	30.21	7.89

Fuente: ICEACSA, 2018. Información generada para la licitación del proyecto Estudio, Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras para la Ampliación y Rehabilitación a Seis (6) Carriles – Corredor de las Playas, Tramo: La Chorrera - Santa Cruz. Anexo N° 4: climatología e hidrología.

6.5.1.3 Humedad Relativa

La estación Albrook Field (Tabla 6-12, Gráfica 6-7) presenta un registro de valores históricos, en los meses donde hubo registros, con bajas variaciones a lo largo del año aunque se observa la correspondencia de los niveles de humedad con la tasa de precipitación, obteniéndose los

mayores valores de humedad en los meses de octubre y noviembre (88.7-89.2 %) y menores valores entre diciembre y enero con niveles de 85.0 y 86.8%.

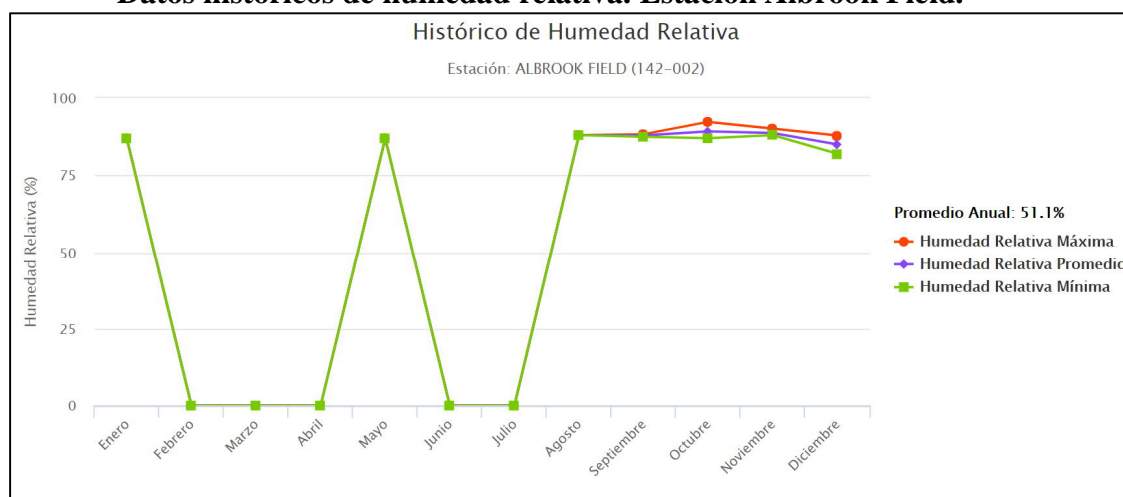
Tabla 6-12
Datos históricos de humedad relativa. Estación Albrook Field

Humedad relativa	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo (°C)	86.8	0	0	0	87	S/N	S/N	88	88.3	92.3	90.1	87.9
Mínimo (°C)	86.8	0	0	0	87	S/N	S/N	88	87.5	87.0	88.0	82.0
Promedio Mensual (°C)	86.8	0	0	0	87	S/N	S/N	88	87.9	89.2	88.7	85.0
Promedio Anual (°C)	51.1											

Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

S/N: Valor señalado en la fuente con 0, sin embargo se asume que corresponde a un período sin registro.

Gráfica 6-7
Datos históricos de humedad relativa. Estación Albrook Field.



Fuente: <http://www.hidromet.com.pa/>

6.5.1.4 Velocidad y Dirección del Viento

Los promedios mensuales de la velocidad del viento medidos en la estación meteorológica de Balboa AFAA / ACP, se presentan en la Tabla 6-13. Como se puede observar los vientos son de intensidad moderada, con una velocidad media anual de 6.3 a 8.3 km/h. Durante la temporada seca (enero – abril) se presentan los mayores valores de velocidad promedio mensual del viento entre 7.9 a 9.6 km/h. Mientras que para la temporada lluviosa, la velocidad promedio mensual del viento oscila entre 5.7 km/h a 6.9 km/h, siendo los meses de junio y septiembre los que presentan las menores velocidades con 5.8 y 5.7 km/h respectivamente.

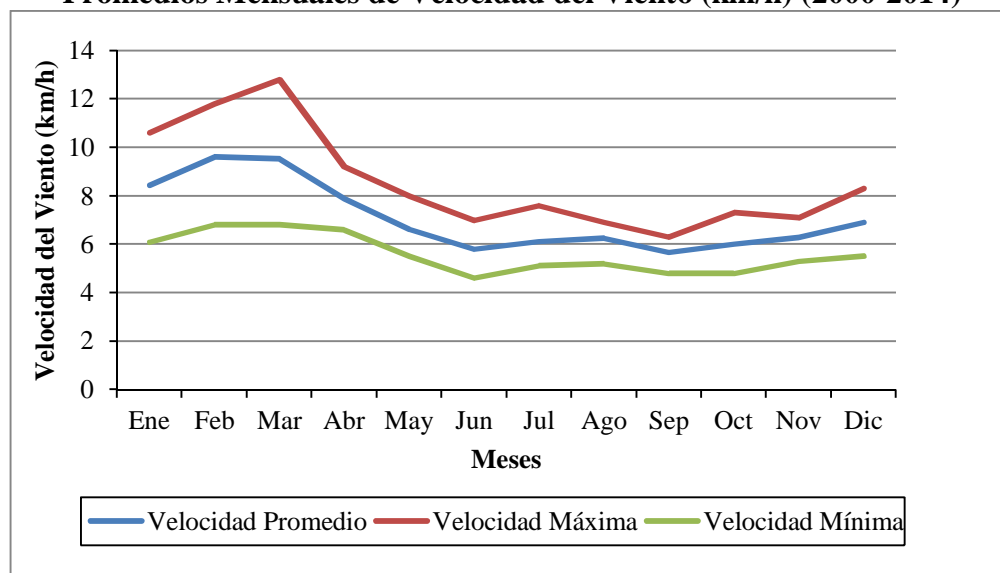
A partir del mes de diciembre se evidencia un aumento en la velocidad máxima del viento que se incrementa hasta abril, meses en el que se registran las velocidades máximas más altas de viento, lo cual coincide con la temporada seca, siendo característico de la misma. (Tabla 6-14 y Gráfica 6-8).

Tabla 6-13
Promedios Mensuales de la Velocidad del Viento (km/h)
Periodo de años 2000-2014. Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
2000	6.1	6.8	6.8	7.4	6.3	5.6	6.3	6.0	5.5	6.6	5.3	6.9	6.3
2001	8.7	10.6	9.8	9.2	7.2	5.5	6.3	6.6	5.3	5.3	6.9	6.6	7.3
2002	8.0	9.5	9.7	6.9	8.0	6.6	5.8	6.4	4.8	5.3	5.5	7.2	7.0
2003	10.6	9.8	9.0	8.2	6.1	5.8	5.5	6.9	5.1	4.8	5.6	5.5	6.9
2004	7.2	8.9	10.1	8.2	6.8	6.4	6.4	6.9	6.3	5.3	6.3	7.6	7.2
2005	8.2	10.5	9.0	9.0	6.8	5.6	5.5	6.8	6.1	6.9	7.1	6.4	7.3
2006	6.9	9.8	9.2	7.6	6.1	5.8	6.1	6.0	6.0	6.6	6.6	6.9	7.0
2007	9.2	10.8	10.1	6.9	5.5	5.8	6.3	5.6	5.6	6.8	6.3	6.3	7.1
2008	8.2	8.7	8.9	8.5	7.1	5.3	5.8	6.0	5.8	6.1	6.6	6.0	6.9
2009	7.7	9.3	8.7	8.3	5.7	4.6	5.9	6.1	6.2	5.6	5.8	6.9	6.7
2010	9.3	9.4	9.7	6.6	6.8	5.7	5.1	5.2	6.2	5.5	5.9	8.3	7.0
2011	9.4	9.0	9.9	7.8	6.6	7.0	7.0	6.6	5.3	7.3	6.6	8.2	7.5
2012	10.3	11.8	12.8	7.8	7.0	5.8	7.6	6.0	5.6	6.1	7.0	7.1	7.9
2013	10.5	10.7	11.5	9.5	7.9	6.1	6.2	6.0	4.7	5.3	5.4	6.8	7.5
2014	10.2	11.9	11.2	10.9	6.4	7.3	8.3	6.9	5.5	7.1	6.6	7.9	8.3
Promedio	8.5	9.6	9.5	7.9	6.6	5.8	6.1	6.2	5.7	6.0	6.3	6.9	7.1
Máximo	10.6	11.8	12.8	9.2	8.0	7.0	7.6	6.9	6.3	7.3	7.1	8.3	8.3
Mínimo	6.1	6.8	6.8	6.6	5.5	4.6	5.1	5.2	4.8	4.8	5.3	5.5	6.3

Fuente: Datos proporcionados por Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología de ACP y descargados de la web del Instituto Smithsonian, 2017.

Gráfica 6-8
Promedios Mensuales de Velocidad del Viento (km/h) (2000-2014)



Fuente: URS Holdings, en base a Información proporcionada por ACP, Dpto. Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología y descargados de la web del Instituto Smithsonian, 2017.

Tabla 6-14
Velocidad Máxima Mensual del Viento (km/h)
Periodo de años 2000-2012. Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	54	41	40	43	43	35	41	54	45	37	40	40
2001	39	42	41	39	39	49	36	47	47	36	36	39
2002	37	41	39	46	35	43	34	40	32	35	50	41
2003	38	46	41	43	41	35	30	41	55	34	44	38
2004	39	39	46	35	54	46	62	44	33	35	32	38
2005	38	42	39	41	37	42	33	43	39	36	38	40
2006	34	41	39	38	35	36	46	44	32	40	38	44
2007	40	41	41	35	26	43	34	32	42	27	34	39
2008	39	38	40	39	37	39	41	40	30	37	36	34
2009	34	39	45	37	37	52	36	38	39	44	30	29
2010	40	39	42	32	34	29	34	40	38	38	36	38
2011	38	42	43	36	30	35	35	40	37	43	41	41
2012	41	41	47	sd	sd	44	47	47	51	48	37	41
Promedio	39	41	42	39	37	41	39	42	40	38	38	39

Fuente: Datos proporcionados por Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología de ACP. Nota: sd – sin datos.

La dirección de los vientos, de acuerdo con la información obtenida de la ACP (Tabla 6-15, Gráfica 6-9), presenta como componente predominante los vientos del Noroeste. Utilizando los promedios mensuales se observa que durante los meses de enero hasta abril y diciembre, los

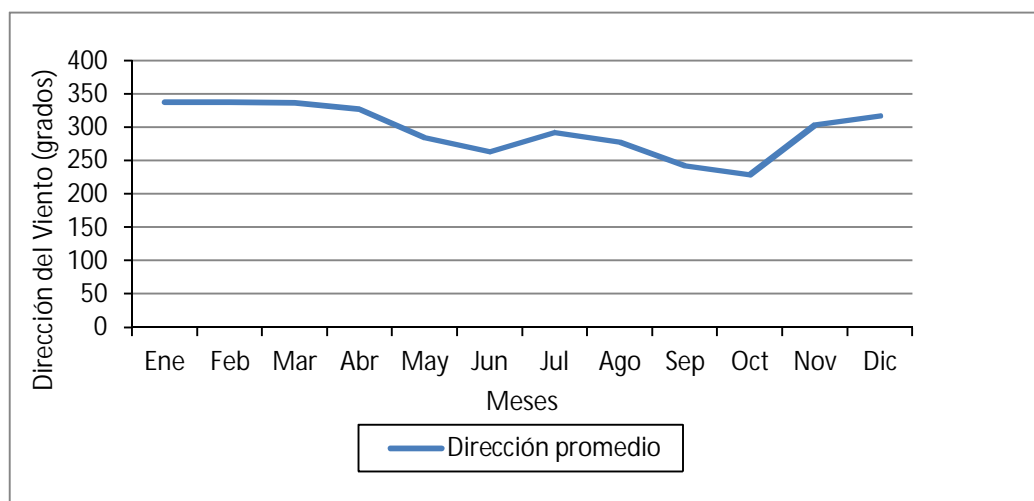
vientos provienen del Noroeste, de mayo hasta agosto y noviembre son predominantemente Oeste y Oeste-Noroeste, en tanto que entre septiembre y octubre predominan aquellos provenientes del Suroeste.

Tabla 6-15
Dirección del Viento en Grados (2000-2012). Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	352	353	355	355	321	303	312	299	185	302	296	313
2001	329	333	326	336	296	296	298	303	268	268	304	319
2002	340	352	349	347	293	257	320	313	239	288	323	331
2003	355	348	353	337	317	191	312	284	191	174	312	328
2004	348	348	359	343	318	318	322	321	210	204	314	337
2005	351	352	336	336	300	191	290	291	294	187	314	329
2006	338	352	354	333	311	294	312	314	324	256	312	331
2007	352	346	348	325	271	286	320	263	301	191	305	319
2008	344	342	344	334	287	316	302	253	201	208	293	322
2009	330	337	342	328	309	287	309	305	305	249	306	313
2010	329	329	329	303	227	186	177	180	164	278	280	293
2011	sd	298	294	290	214	232	236	231	190	174	302	300
2012	286	292	291	288	231	267	298	255	277	204	294	293

Fuente: Datos proporcionados por Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología de ACP. Nota: sd - sin datos.

Gráfica 6-9
Dirección del Viento (2008-2012)



Fuente: URS Holdings, en base a Información proporcionada por ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos Sección de Meteorología e Hidrología.

6.5.1.5 Radiación Solar

Los registros de la Estación Balboa AFAA / ACP (2000 al 2012), indican que la radiación solar acumulada mensual tiene un promedio de 9293 Langleys (Tabla 6-16, Gráfica 6-10). La distribución mensual de este parámetro muestra que la temporada seca oscila entre 10976 y 12569 Langleys, mientras que en la época de lluvia se reduce hasta 8375 a 9994 Langleys. El mes de mayor radiación solar es marzo con 12569 Langleys y la menor radiación se registró en noviembre con 8375 Langleys.

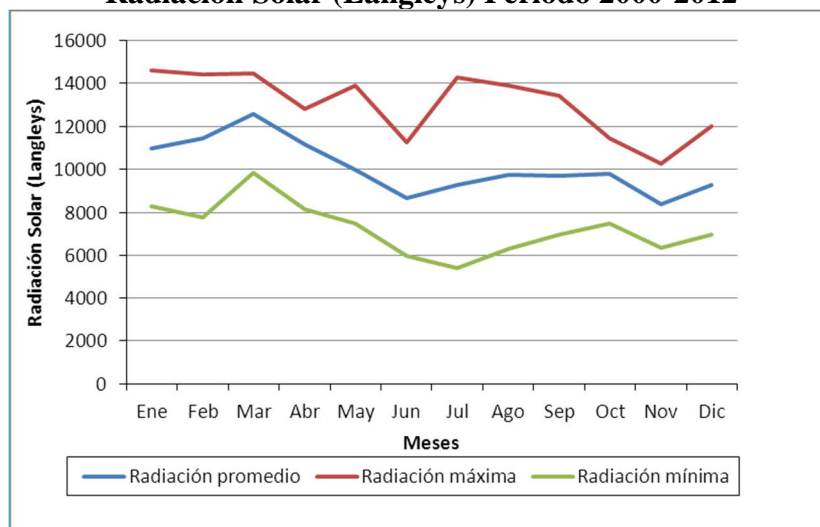
Tabla 6-16
Radiación Solar Acumulada Mensual (Langleys) (2000-2012)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	10144	11552	12004	11716	9819	8938	9319	9480	10350	9689	9445	8681
2001	12431	12712	13570	12135	10766	9944	10055	10188	8875	9568	8523	8495
2002	10688	12523	13703	11543	11654	7774	9482	9914	10001	8670	7726	9255
2003	9672	10095	11421	9961	8661	7579	14295	13904	13437	10639	9112	9482
2004	12099	13467	13484	11893	9764	9596	10095	9412	12073	11436	9939	9969
2005	11700	12362	13297	12832	11606	10736	10692	9945	9533	9175	7296	7825
2006	8319	9698	10311	9511	8015	7383	7813	8138	7611	9548	8206	9087
2007	11373	11688	12560	8148	8832	6808	6024	6317	7373	7506	6452	6972
2008	8852	7795	9844	8959	7508	6014	6413	7361	7853	7747	6385	7592
2009	8381	8077	10826	12501	7870	6665	5435	6469	6985	11215	8761	12007
2010	13469	12770	14446	12527	13922	11287	11075	13173	11775	10288	10280	sd
2011	sd	sd	13625	11971	sd	8773	9747	11210	9899	10701	sd	11411
2012	14588	14435	14304	11739	11514	11103	10073	11232	10276	11426	sd	10745
Promedio	10976	11431	12569	11187	9994	8662	9271	9749	9695	9816	8375	9293
Máximo	14588	14435	14446	12832	13922	11287	14295	13904	13437	11436	10280	12007
Mínimo	8319	7795	9844	8148	7508	6014	5435	6317	6985	7506	6385	6972

Fuente: Datos proporcionados por Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología de ACP.

Nota: sd - sin datos.

Gráfica 6-10
Radiación Solar (Langleys) Periodo 2000-2012

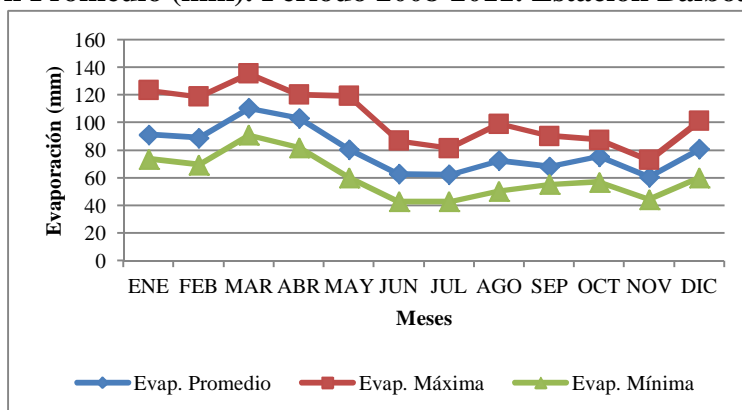


Fuente: Datos proporcionados por Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología ACP. 2012.

6.5.1.6 Evaporación

La evaporación promedio anual del periodo 2008 – 2011 es de 79 mm y oscila entre 62 y 101 mm, de acuerdo a la información disponible. El período de mayor evaporación promedio se registró entre los meses de enero y abril, coincidiendo con la época de sequía, oscilando entre 89 y 110 mm con el mayor valor alcanzado en el mes de marzo. El período de menor evaporación promedio se extiende entre los meses de mayo y diciembre, variando entre 61 y 81 mm, donde el menor valor se encontró en el mes de noviembre (Gráfica 6-11).

Gráfica 6-11.
Evaporación Promedio (mm). Periodo 2008-2011. Estación Balboa AFAA/ACP



Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología.

6.6 Hidrología

El alineamiento del proyecto se localiza dentro de la región hídrica del Pacífico Central, específicamente en la cuenca No. 138, entre ríos Antón y Caimito. En esta región hídrica, los cursos de agua desembocan en el Océano Pacífico y sus cuencas hidrográficas presentan menores intensidades de lluvia respecto a otras regiones, sus niveles de precipitación predominan entre los rangos de 1000 y 2000 mm/año (Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010).

La cuenca No. 138, entre ríos Antón y Caimito, tiene un área total de 1476 km² hasta la desembocadura al mar. Los ríos principales son el Chame, con una longitud de 36.1 km, y el río Perequeté. En cuanto a las áreas de drenaje son de 194 km² y 156 km², respectivamente. La elevación media de la cuenca es de 120 msnm y el punto más alto se encuentra ubicado al norte de la cuenca a una elevación de 1,100 msnm (<http://www.etsa.com.pa>, ANAM, 2013²). Cabe destacar que el río Perequeté se encuentra fuera del área de estudio. Según levantamiento realizado a lo largo del alineamiento del proyecto, se presentan diversos puntos de cruce con cursos de agua, destacándose los ríos Bejuco, Chame, quebrada Barreto, quebrada Piedra, quebrada Agua Mina, río Lajas, río Poroporo, río Tetita, río Teta, quebrada Blanca, quebrada Las

² ANAM, 2013. Informe de monitoreo de la calidad del agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá. Compendio de resultados, años 2009-2012.

Hermanas y quebrada Arenal cuya calidad de las aguas de algunos de estos cuerpos de agua fue caracterizada en el presente estudio.

De acuerdo a la información incluida en la memoria del Anteproyecto del Consorcio Corredor de Las Playas Tramo 2, la red fluvial es extensa en el área del proyecto, siendo localizados los cruces con los ríos indicados en la Tabla 6-17.

Tabla 6-17
Estaciones de los ríos o quebradas que cruzan el alineamiento del proyecto

Nombre del río o quebrada	Estación
Río Bejuco	Estación 36+800
Río S/N	Estación 45+100
Río S/N	Estación 46+800
Río Lajas	Estación 48+400
Río Poroporo	Estación 50+500
Río Tetita	Estación 51+700
Río Teta	Estación 52+500
Quebrada Arena	Estación 55+700

Fuente: Información obtenida de la memoria del Anteproyecto del Consorcio Corredor de Las Playas Tramo 2.

Los ríos y quebradas localizados entre el inicio del tramo comprendido entre la estación 36+200 y la estación 50+700 de la carretera Panamericana aproximadamente, se presentan con cauces bastante definidos, pero poco encajados en sus llanuras aluviales. Sin embargo, los ríos localizados en el tramo final (Tetita y Teta) si se encuentran encajados en cauces profundos. Adicionalmente, se localizan pequeñas vaguadas (línea que marca la parte más honda de un valle, y es el camino por donde van las aguas de las corrientes naturales) que cruzan la carretera Panamericana mediante alcantarillas (tubos o marcos), especialmente en el tramo final.

En la sección 7.2 del capítulo 7, se presenta información sobre la descripción de los cursos de agua donde se realizó el muestreo para caracterizar la calidad del agua superficial. De acuerdo a las observaciones realizadas en campo, se constata que los cuerpos de agua estudiados cuentan

con un ancho aproximado que varían de 2 a 40 metros y presentaban cauces secos con algunas pozas, con flujo de corriente lentos, con bajas profundidades del agua, siendo los más grandes el río Chame y el río Teta. En general, los bosques asociados a las riberas de los ríos están formados por una hilera de árboles y sustituido por pastizales, con excepción del río Cabuya, ya que todo el bosque asociado a la ribera del río fue talado, solo hay algunos árboles muy puntuales, la mayor parte ha sido sustituida por pastizales. El río Teta cuenta con un acantilado de más de 10 m de altura formado por rocas sólidas y el fondo es de rocas combinadas con cantos rodados mixtos.

6.6.1 Calidad de aguas superficiales

A continuación se presenta información sobre calidad de aguas superficiales de la Cuenca No. 138 de acuerdo a la información bibliográfica revisada como parte de este estudio.

En el Tercer Informe de Monitoreo de la Calidad de Agua de las Cuencas Hidrográficas de Panamá 2006-2007 (ANAM, 2009), se evaluó la calidad de las aguas en la cuenca No.138, donde se localiza el área de estudio del proyecto. Para la determinación de la calidad de agua en dicha cuenca, se recopiló la información relacionada con monitoreos en la temporada seca y lluviosa en tres estaciones a saber:

- Río Chame (1 punto de monitoreo),
- Río Capira (3 puntos de monitoreo) , y
- Río Perequeté (3 puntos de monitoreo)

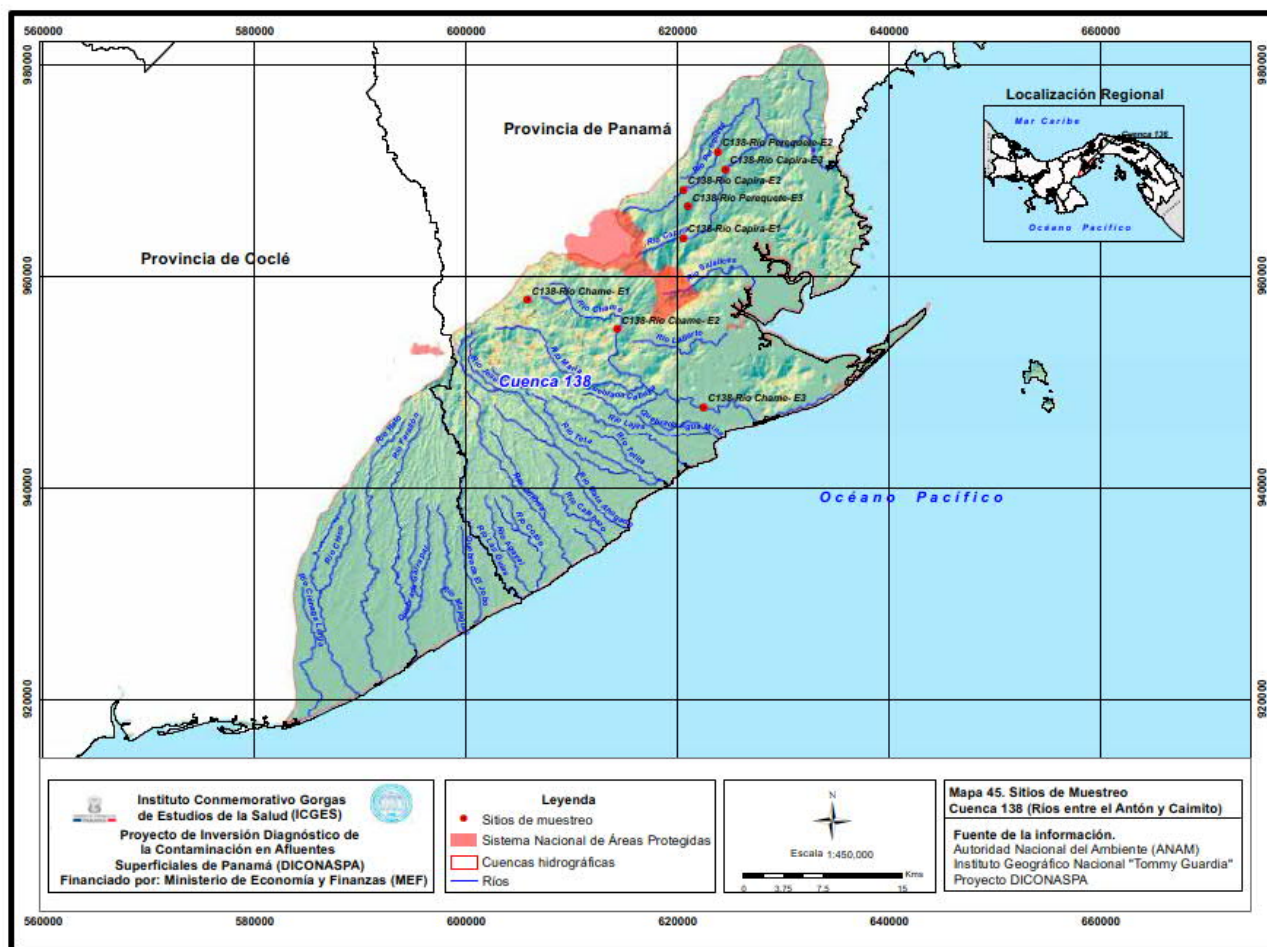
Según los resultados de estos tres ríos, ANAM (2009), hoy día Ministerio de Ambiente, indica que la calidad de agua de la cuenca es regular o de aguas poco contaminadas. La calidad de agua de la cuenca se puede ver afectada principalmente por la extracción mineral, extracción de mangle, proyectos turísticos residenciales mal desarrollados, y mayor demanda de agua para consumo humano en áreas rurales. Estos ríos no presentan los niveles de contaminación de los cursos de agua que atraviesan la ciudad de Panamá, pero el aumento de la población en el entorno puede influir negativamente en su calidad futura. La parte media y baja de los ríos de la

cuenca reciben las presiones de ciudades con alta densidad de población, como la disposición inadecuada de desechos sólidos, aguas servidas, desechos de talleres y desechos industriales.

Por otra parte, de acuerdo al documento “Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá, 2017 (SENACYT, Instituto Gorgas, MiAMBIENTE, MEF)”, en la cuenca No. 138 se evaluaron nueve estaciones de muestreo durante la época seca del año 2015 en los ríos Chame, Capiro y Perequeté (Ver Figura 6-8 sobre Sitios de muestreo en la cuenca No. 138).

A continuación se presenta un breve resumen de los resultados de calidad del agua para la cuenca No. 138 durante la realización del diagnóstico mencionado en el párrafo anterior, en cuanto a parámetros físico-químicos y microbiológicos, calidad del hábitat y calidad biológica (abundancia y riqueza de macroinvertebrados dulceacuícolas y calidad biológica de acuerdo al puntaje BMWP/PAN).

Figura 6-8
Sitios de muestreo en la cuenca No. 138



Fuente: Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá, 2017.

Para la clasificación de la calidad del agua en cuanto a la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua se utilizó el Índice de Calidad del Agua (ICA) el cual provee una clasificación que expresa la calidad global del agua en una ubicación y tiempo específico, ya que agrupa los parámetros más representativos, permitiendo identificar el deterioro o mejora de la calidad en un cuerpo de agua. Posteriormente al cálculo del ICA, se clasifica la calidad del agua en una escala de 0 a 100 conforme a su estado como no contaminado, aceptable, poco contaminado, contaminado y altamente contaminado de acuerdo a los valores indicados en la Tabla 6-18

Tabla 6-18
Categorías de calidad de agua del ICA

Rangos del ICA	Calidad de Agua
91-100	No contaminada
71-90	Aceptable
51-70	Poco contaminada
26-50	Contaminada
0-25	Altamente contaminada

Fuente: “Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá, 2017”

Los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados para las nueve estaciones de muestreo en la cuenca No. 138 se muestran en la Tabla 6-19. Las estaciones C138-Chame-E3, C138-Perequeté-E1 y C138-Perequeté-E2, fueron las estaciones con los valores de ICA más bajos correspondientes a la categoría de aguas poco contaminadas. Las demás estaciones mostraron valores de ICA entre 71 y 78, lo que corresponde a aguas de calidad aceptable.

Tabla 6-19
Resultados de la calidad fisicoquímica y microbiológica en la cuenca No. 138.

Parámetro	Sitios de muestreo								
	C138- □ ira-E1	C138- Capira -E2	C138- Capira -E3	C138- Chame -E1	C138- Chame -E2	C138- Chame -E3	C138- Perequeté- E1	C138- Perequeté- -E2	C138- Perequeté- -E3
Temperatura (°C)	26.7	29.5	27.7	23.3	26.8	28.9	26.5	26.5	26.8
pH	7.71	7.44	7.45	7.94	7.65	7.56	7.54	7.6	8.1
Conductividad (mS/m)	18.22	19.76	20.58	7.86	13.17	14	ND	ND	ND
Turbiedad	6	6	13	10	7	9	8.00	7	6
Oxígeno Disuelto (mg/l)	7.39	6.93	5.42	7.93	8.02	7.04	5.92	5.3	8.03
O.D. sat (mg/l)	8.01	7.63	7.87	8.53	8.00	7.7	8.40	8.4	8
O.D. (% Sat)	92.2	90.80	68.90	92.9	100	109	70.48	63.09	99.63
DBO₅ (mg/L)	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Sólidos Totales (mg/L)	118	151	143.5	79	99.5	89.5	194.50	151.5	152
Sólidos suspendidos	ND	2	ND	1.25	1.25	0.88	1.50	0.75	0.75

Parámetro	Sitios de muestreo								
	C138-Capira-E1	C138-Capira-E2	C138-Capira-E3	C138-Chame-E1	C138-Chame-E2	C138-Chame-E3	C138-Perequeté-E1	C138-Perequeté-E2	C138-Perequeté-E3
(mg/L)									
Sólidos Disueltos (mg/L)	ND	149	ND	77.75	98.25	88.62	193.00	150.75	151.25
NO3 (mg/L)	0.93	0.7	1.07	0.73	1.14	2.42	1.56	1.78	1.62
PO4 (mg/L)	0.03	0.2	0.18	0.22	0.24	0.58	0.73	0.54	0.32
Coliformes Fecales (UFC/100 mL)	600	400	300	200	1000	200	200	300	400
Coliformes Totales (UFC/100 mL)	7000	11000	8300	4800	27000	6400	8200	7900	9300
ICA	78	74	74	74	71	69	67	65	71

Fuente: “Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá, 2017”

Calidad del hábitat en el río Chame

Por otra parte, para la caracterización de hábitat se utilizó el protocolo propuesto por Barbour et al., (1999), que consiste en clasificar 10 parámetros en Óptimo, Sub-óptimo, Marginal o Pobre (Ver Tabla 6-20); evaluándolos y clasificándolos en una escala numérica de 0 a 20 (máximo) para cada estación de muestreo.

Tabla 6-20
Categorías de calidad de hábitat

Rango	Calificación	Categoría
0-5	59-0	Pobre
6-10	112-60	Marginal
11-15	165-113	Sub-Óptimo
16-20	200-166	Óptimo

Fuente: “Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá, 2017”

De los resultados de las tres estaciones en el río Chame, la estación C138-Chame-E3 presentó un puntaje de 99, lo que corresponde a calidad de hábitats marginal. Las estaciones C138-Chame-

E1 y C138-Chame-E2, presentaron puntajes de 140 y 124 respectivamente, lo que corresponde a la categoría de calidad de hábitats sub-óptimo.

Calidad biológica del agua en la cuenca No. 138

De acuerdo con el BMWP/PAN, en la cuenca 138 se registraron cuatro categorías de calidad biológica de las aguas y se observó un deterioro gradual en las estaciones ubicadas en la parte media y baja de la cuenca donde se centra la población y las actividades económicas (Ver tabla 6-21). Para la categoría de aguas de calidad buena, cinco de las estaciones evaluadas presentaron puntajes de 80 y 89. La estación C138-Capira-E3 obtuvo un puntaje de 77 que corresponde a la categoría de aguas de calidad regular. Las estaciones C138-Perequeté-E2 y C138-Perequeté-E3, presentaron puntajes de 42 y 58, lo que corresponde a la categoría de aguas contaminadas. La estación C138-Chame-E3 (Puente en la carretera Interamericana) presentó la menor riqueza de familias y obtuvo un puntaje de 7, lo que corresponde a aguas extremadamente contaminadas.

Tabla 6-21
Calidad biológica del agua en la cuenca No. 138

Estación de muestreo	Riqueza de familias	Número de individuos	Puntaje BMWP/PAN	Significado de la calidad del agua
C138-Capira-E1	23	1008	89	Buena
C138-Capira-E2	22	1242	84	Buena
C138-Capira-E3	20	667	77	Regular
C138-Chame-E1	20	216	80	Buena
C138-Chame-E2	21	868	83	Buena
C138-Chame-E3	3	14	7	Extremadamente contaminada
C138-Perequeté-E1	20	559	83	Buena
C138-Perequeté-E2	12	97	42	Contaminada
C138-Perequeté-E3	16	97	58	Contaminada

Fuente: Diagnóstico de la condición ambiental de los afluentes superficiales de Panamá, 2017.

- Resultados de análisis de calidad de agua superficial**

Como parte del presente estudio, personal de URS realizó la toma de muestras de agua superficial en cursos de agua existentes a lo largo del alineamiento del proyecto. Los análisis de las muestras de agua fueron realizadas por el laboratorio CIQSA (ver informe de los análisis de laboratorio en el Anexo 6-2). Cabe resaltar que en algunos de los cuerpos de agua no se encontró agua al momento de la campaña de monitoreo, por lo cual no se pudo realizar la toma de muestras de agua para su análisis.

En la Tabla 6-22 se presentan las coordenadas UTM (WGS 84) de los puntos de muestreo seleccionados y en la Figura 6-3 (al final del capítulo), se muestra la ubicación de dichos puntos.

Tabla 6-22
Puntos para la toma de muestras de agua superficial

Punto de muestreo	Referencia de ubicación	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Este	Norte
CPW-2	Río Bejuco al nivel de la carretera Panamericana	623144	953475
CPW-3	Río Bejuco a la altura de Chame	622786	952092
CPW-4	Río Bejuco a la altura de Sorá	621398	951784
CPW-5	Río Bejuco al oeste de Sorá	621325	951568
CPW-6	Afluente del río Bejuco al norte de Pueblo Nuevo	621429	950755
CPW-7	Río Chame al noroeste del aeropuerto	621455	948081
CPW-8	Quebrada Barreto	620238	947118
CPW-9	Quebrada Piedra	618445	946060
CPW-10	Quebrada Agua Mina	617873	945696
CPW-11	Río Lajas	617495	944749
CPW-12	Quebrada sin nombre	617076	944014
CPW-13	Río Poroporo	617073	943135
CPW-14	Brazo del río Poroporo	616992	942854
CPW-15	Quebrada del creol	616719	942603
CPW-16	Río Tetita	616266	942185

Punto de muestreo	Referencia de ubicación	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Este	Norte
CPW-17	Río Teta	615706	941860
CPW-18	Quebrada Blanca	615447	941415
CPW-19	Quebrada Las Hermanas	615268	940672
CPW-20	Quebrada Arenal	614670	938878
CPW-21	Quebrada Pueblo	614541	937043
CPW-23	Río Chame en la carretera Panamericana	622750	947721
CPW-24	Río Lajas en la carretera Panamericana	619004	944042

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc. con información de datos de campo.

Los resultados obtenidos de las mediciones en campo (datos in situ) y de los análisis de laboratorio de calidad de agua se presentan de forma resumida en las Tabla 6-23 y en la Tabla 6-24 respectivamente (el informe completo del laboratorio se incluye en el anexo 6-3), donde se señalan los límites establecidos en el Anteproyecto de Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales de la República de Panamá, considerándose los cuerpos de agua Clase 2-C, destinadas a la pesca artesanal, protección de comunidades acuáticas, abrevadero para ganado, entre otros usos.

Tabla 6-23
Resultados de campo en muestras de agua superficial

Límite normativa*/Puntos	Parámetros				
	pH	Conductividad (mS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Temperatura (°C)	Salinidad (%)
	6.0 a 9.0	---	> 5.0	$\Delta T < 3$	---
CPW-2	8.14	1.01	6.49	26.9	0.04
CPW-3	7.76	0.311	6.05	26.5	0.01
CPW-4	8.52	0.182	7.38	29.6	0.00
CPW-5	7.87	0.303	5.24	27.2	0.01
CPW-6	7.92	0.260	3.11	26.7	0.01
CPW-7	8.22	0.215	6.69	28.6	0.0
CPW-8	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-9	ND	ND	ND	ND	ND

Límite normativa*/ Puntos	Parámetros				
	pH	Conductividad (mS/cm)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Temperatura (°C)	Salinidad (%)
	6.0 a 9.0	---	> 5.0	$\Delta T < 3$	---
CPW-10	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-11	8.27	0.312	6.2	31.5	0.01
CPW-12	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-13	8.21	0.298	4.74	26.4	0.01
CPW-14	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-15	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-16	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-17	8.26	0.128	7.56	26.8	0.0
CPW-18	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-19	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-20	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-21	ND	ND	ND	ND	ND
CPW-23	8.06	0.257	5.68	29.4	0.01
CPW-24	8.08	0.370	3.34	26.0	0.01

ND: No disponible debido a que el cuerpo de agua se encontraba sin agua al momento de la toma de la muestra.

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc. con datos de campo. Los valores fuera de norma se resaltan en negrita.

Tabla 6-24
Resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de agua superficial

Límite normativa*/ Puntos	Parámetros					
	Turb. (NTU)	ST (mg/l)	SS (mg/l)	DBO (mg/l)	AyG (mg/l)	CF (UFC/100 ml)
	<100	---	---	< 5.0	< 10	< 1000
CPW-2	24.5	592.0	28.0	1.0	<0.1	11500
CPW-3	2.0	242.0	2.0	1.0	<0.1	400
CPW-4	9.4	340.0	4.0	4.4	<0.1	600
CPW-5	7.3	258.0	2.0	1.9	<0.1	2000
CPW-6	13.0	224.0	22.0	<1.0	<0.1	4100
CPW-7	4.7	192.0	6.0	2.3	<0.1	5800
CPW-8	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-9	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-10	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-11	4.8	246.0	2.0	4.6	<0.1	700
CPW-12	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-13	2.6	234.00	1.0	1.0	<0.1	1500
CPW-14	ND	ND	ND	ND	ND	

Límite normativa*/ Puntos	Parámetros					
	Turb. (NTU)	ST (mg/l)	SS (mg/l)	DBO (mg/l)	AyG (mg/l)	CF (UFC/100 ml)
	<100	---	---	< 5.0	< 10	< 1000
CPW-15	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-16	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-17	1.5	94.0	1.0	1.0	<0.1	2600
CPW-18	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-19	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-20	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-21	ND	ND	ND	ND	ND	
CPW-23	3.6	194.0	2.0	2.1	<0.1	1000
CPW-24	1.6	294.0	2.0	2.0	<0.1	1700

Turb: turbiedad; ST: sólidos totales; SS: sólidos suspendidos; DBO: Demanda bioquímica de oxígeno; AyG: Aceites y grasas; CF: coliformes fecales. ND: No disponible debido a que el cuerpo de agua se encontraba sin agua al momento de la toma de la muestra.

*: Anteproyecto de normas de calidad ambiental para aguas naturales de la república de Panamá. Aguas Clase 2-C.

Los valores fuera de norma se resaltan en negrita.

Fuente: Elaboración propia basado en el informe del Laboratorio CIQSA.

Los resultados presentados, al compararlos con los límites máximos señalados en la norma de referencia, indican que la mayor parte de los parámetros se adecúan a lo establecido en la misma, excepto en los niveles de Oxígeno Disuelto (OD), los cuales son bajos para tres (3) de los puntos de muestreo. Estos puntos corresponden a CPW-6, CPW-13 y CPW-24. Lo anterior pudiera ser indicativo de prevalencia de materia orgánica en los cuerpos de agua, lo cual consume oxígeno durante la degradación microbiana.

Para el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se observa que todas las muestras analizadas presentaron valores de DBO menores a los valores establecidos en la normativa de referencia (5 mg/l).

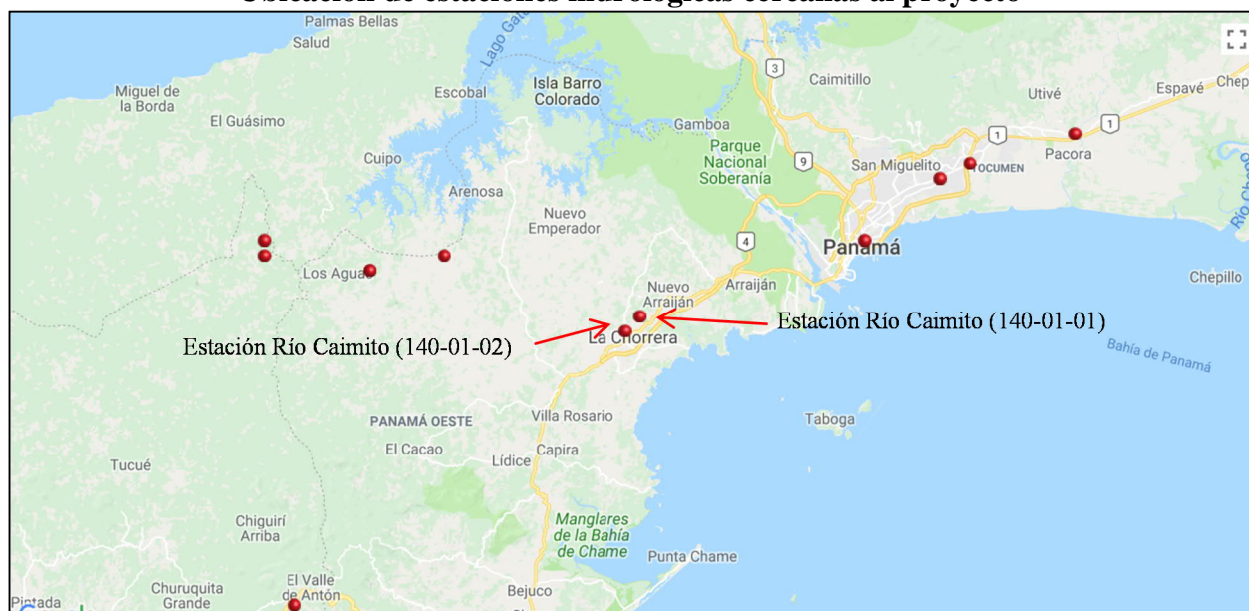
En cuanto a los parámetros biológicos, se observa que las concentraciones de bacterias coliformes fecales en la mayoría de los cuerpos de agua muestreados sobrepasan el límite máximo permisible de referencia. El mayor valor registrado de este parámetro fue de 11500 UFC/100 ml en el sitio CPW-2. Altas concentraciones de coliformes fecales, pueden deberse a aportes de escorrentías procedentes de áreas con presencia de ganado y descargas de aguas residuales domésticas.

Adicionalmente, en cuanto a las variables no consideradas en la normativa, tenemos que se encontraron niveles de temperatura esperados y asociados a la incidencia directa de la luz solar sobre cursos de agua, algunos de ellos con bajo caudal. Las concentraciones de sólidos totales oscilaron entre 94.0 mg/l y 592.0 mg/l. En cuanto a los sólidos suspendidos se registraron valores entre 1 mg/l y 28 mg/l. También se registraron valores de conductividad entre 0.128 mS/cm y 1.01 mS/cm y de salinidad de 0.01 hasta 0.04 %.

6.6.1.a Caudales (máximo, mínimo y promedio anual)

La empresa ETESA posee una red de estaciones hidrológicas a nivel nacional, las cuales fueron consultadas a través de su página web (<http://www.hidromet.com.pa>), identificándose a las estaciones río Caimito (140-01-01) y río Caimito (140-01-02) como las más cercanas al proyecto, como se observa en la Figura 6-9. Cabe resaltar que no se identificaron estaciones hidrológicas de ETESA para la cuenca No. 138.

Figura 6-9
Ubicación de estaciones hidrológicas cercanas al proyecto



Fuente: <http://www.hidromet.com.pa>.

En la Tabla 6-25 y la gráfica 6-12 se presentan los registros de la estación 140-01-01, los cuales indican un promedio anual de 7.1 m³/s, donde los caudales mensuales presentan dos períodos

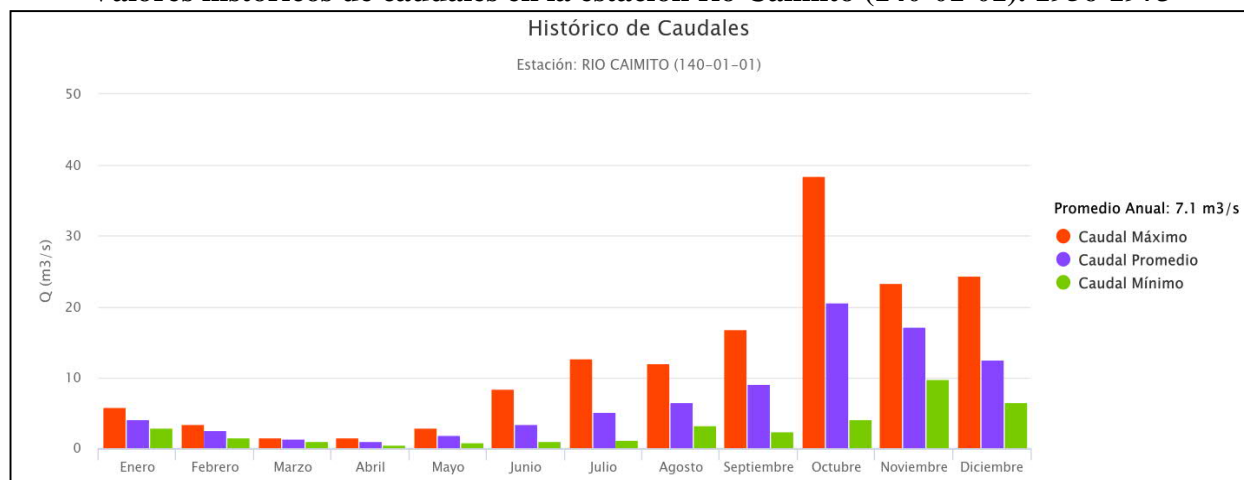
relacionados con la tasa de precipitación, donde los caudales promedio que se registran entre los meses de enero y mayo oscilan entre 1.1 y 4.1 m³/s, mientras que entre los meses de junio y diciembre se registran caudales promedio de 3.5 a 20.7 m³/s.

Tabla 6-25
Valores históricos de caudales en la estación río Caimito (140-01-01). 1956-1973

Caudal	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo (m ³ /s)	5.9	3.4	1.6	1.5	3.0	8.4	12.7	12.1	16.8	38.5	23.3	24.4
Mínimo (m ³ /s)	3.0	1.5	1.0	0.6	0.9	1.1	1.2	3.3	2.4	4.2	9.8	6.5
Promedio Mensual (m ³ /s)	4.1	2.5	1.3	1.1	1.9	3.5	5.1	6.5	9.1	20.7	17.1	12.6
Promedio Anual (m ³ /s)	7.1											

Fuente: <http://www.hidromet.com.pa>.

Gráfica 6-12
Valores históricos de caudales en la estación río Caimito (140-01-01). 1956-1973



<http://www.hidromet.com.pa>

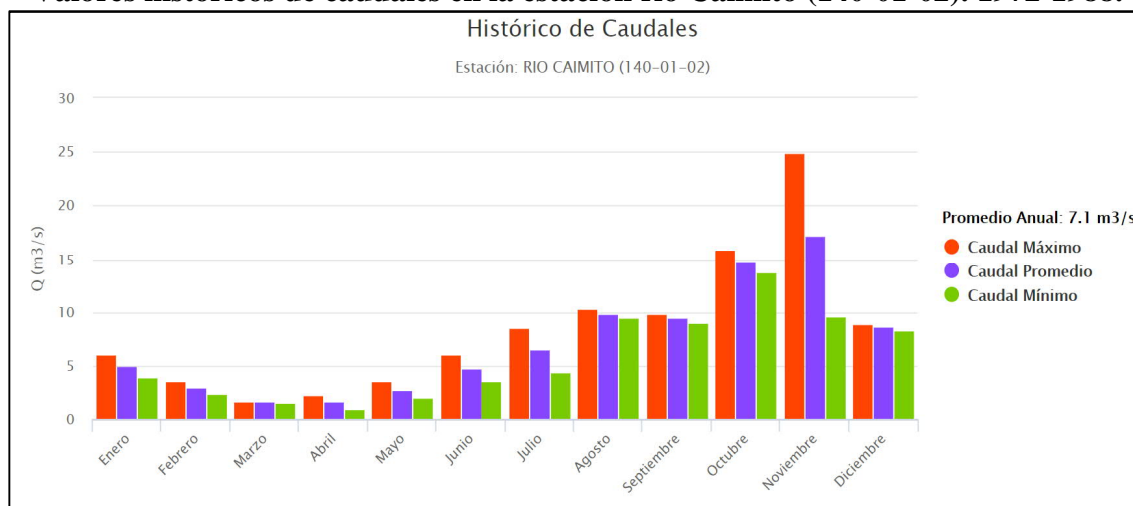
Por otra parte, los registros de la estación 140-01-02, también señalan para el río Caimito un caudal medio anual de 7.1 m³/s, donde los valores promedio mensuales también muestran dos períodos diferenciados, oscilando entre 1.7 a 5.0 m³/s entre los meses de enero y junio, mientras que entre los meses de julio y diciembre se registran mayores caudales promedio anual que varían entre 6.5 y 17.2 m³/s (Tabla 6-26 y Gráfica 6-13).

Tabla 6-26
Valores históricos de caudales en la estación río Caimito (140-01-02). 1972-1988.

Caudal	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máximo (m ³ /s)	6.0	3.6	1.7	2.3	3.5	6.1	8.5	10.3	9.9	15.9	24.9	8.9
Mínimo (m ³ /s)	3.9	2.4	1.6	1.0	2.0	3.5	4.4	9.5	9.0	13.7	9.6	8.3
Promedio Mensual (m ³ /s)	5.0	3.0	1.7	1.7	2.7	4.8	6.5	9.9	9.5	14.8	17.2	8.6
Promedio Anual (m ³ /s)	7.1											

Fuente: <http://www.hidromet.com.pa>.

Gráfica 6-13
Valores históricos de caudales en la estación río Caimito (140-01-02). 1972-1988.



<http://www.hidromet.com.pa>

Por otra parte, el proyecto considerado en el presente estudio, incluirá la construcción de puentes en los puntos de cruce de la carretera con los cursos de agua, por lo cual, a nivel del diseño conceptual, la empresa encargada de su diseño y construcción ha realizado el análisis hidrológico e hidráulico del área del proyecto, para el desarrollo de la etapa de diseño conceptual, el cual podrá ser ampliado y actualizado, en caso de ser requerido, para la etapa final de diseño de las obras a realizarse.

A continuación se presenta información sobre los resultados de los estudios hidrológicos e hidráulicos realizados para la estimación de los caudales de diseño, extraídos de los estudios técnicos realizados por el Consorcio Corredor de Las Playas Tramo 2 (ver Anexo 6-6) y del documento para licitación el cual fue realizado para un área dentro de la cual se incluye la superficie que corresponde al área de influencia del presente estudio de impacto ambiental.

La metodología empleada para la obtención de los caudales de aportación, depende del área de la cuenca de estudio. De esta manera, para las cuencas con área inferior a 250 hectáreas, los caudales de aportación se calcularon mediante el Método Racional.

La formulación del Método Racional se basa en la siguiente expresión:

$$Q = (C \times I \times A) / 360$$

Donde:

Q = Caudal máximo producido, en m³/s

I = Intensidad de precipitación, en mm/h

C = Coeficiente de escorrentía

A = Superficie de la cuenca, en hectáreas

Como resultado de los cálculos realizados para las cuencas con menos de 250 hectáreas, se obtuvieron los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, los cuales se presentan en la Tabla 6-27.

Tabla 6-27
Caudales en cuencas con área inferior a 250 ha para diferentes periodos de retorno.

Cuenca	Superficie (km ²)	Q 2	Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100	Q 500
CP-01-1	0.0300	1.165	1.230	1.352	1.456	1.681	1.899	2.181
CP-02	0.0934	3.369	3.606	3.961	4.272	4.902	5.491	6.241
CP-16	1.9720	32.879	38.814	42.639	46.541	50.771	53.590	56.740
CP-16-1	0.7017	16.624	18.919	20.784	22.581	25.114	27.095	29.415
CP-17-1	0.0952	3.415	3.665	4.026	4.343	4.978	5.567	6.314
CP-18-1	0.0264	1.013	1.072	1.178	1.269	1.464	1.651	1.893
CP-18-2	0.0671	2.405	2.577	2.831	3.054	3.503	3.920	4.451
CP-19a	0.1566	5.360	5.825	6.400	6.915	7.874	8.737	9.812

Cuenca	Superficie (km ²)	Q 2	Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100	Q 500
CP-19	0.1566	5.360	5.825	6.400	6.915	7.874	8.737	9.812
CP-19-1	0.1566	5.257	5.713	6.277	6.782	7.723	8.569	9.623
CP-21-1	0.5890	15.367	17.321	19.028	20.649	23.080	25.046	27.378
CP-21	0.6217	18.947	21.018	23.089	25.008	28.183	30.881	34.150
CP-22	0.0691	1.300	1.526	1.676	1.828	2.001	2.119	2.252
CP-22-1	0.0477	1.156	1.322	1.452	1.578	1.751	1.884	2.040
CP-24-1	0.0046	0.198	0.208	0.228	0.245	0.285	0.323	0.374
CP-24-1a	0.0046	0.196	0.205	0.226	0.243	0.282	0.320	0.370
CP-24	0.6147	3.277	4.123	4.529	4.986	5.253	5.342	5.433
CV-02	0.2411	8.283	8.939	9.820	10.601	12.115	13.500	15.244
CV-02-1	0.0507	1.958	2.070	2.274	2.449	2.827	3.191	3.662
CV-03-4	0.9032	21.332	24.287	26.680	28.989	32.235	34.770	37.738
CV-04-1	0.0939	3.657	3.861	4.241	4.567	5.277	5.961	6.850
CV-04	0.5370	19.686	21.045	23.120	24.933	28.626	32.086	36.496
CV-05	0.2527	9.193	9.874	10.847	11.704	13.407	14.984	16.981
CV-05-1	0.0361	1.437	1.511	1.660	1.787	2.069	2.343	2.700
CV-05-2	0.0108	0.440	0.461	0.506	0.544	0.631	0.717	0.828

Cuenca	Superficie (km2)	Q 2	Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100	Q 500
CV-05-3	0.0033	0.132	0.138	0.152	0.163	0.189	0.215	0.249
CV-06-1	0.2577	8.134	8.898	9.775	10.570	11.996	13.257	14.814
CV-07	0.1079	3.571	3.877	4.259	4.601	5.242	5.820	6.541
CV-08	0.6748	19.856	21.953	24.117	26.111	29.476	32.364	35.879
CV-09-1	0.0840	2.954	3.176	3.489	3.765	4.311	4.815	5.453
CV-09-2	0.0620	2.358	2.500	2.747	2.959	3.412	3.844	4.401
CV-09-3	0.0613	2.228	2.381	2.616	2.821	3.239	3.631	4.130
CV-09-4	0.0851	3.101	3.313	3.640	3.925	4.508	5.054	5.752
CV-09	0.6694	4.530	5.644	6.200	6.816	7.220	7.383	7.553
CV-10	1.9171	34.823	41.007	45.048	49.155	53.694	56.758	60.192
CV-10-1	0.1010	3.500	3.771	4.143	4.472	5.115	5.705	6.449
CV-10-2	0.0202	0.726	0.777	0.854	0.921	1.057	1.183	1.344
CV-10-3	0.0303	0.979	1.067	1.172	1.267	1.441	1.596	1.788
CV-10-4	0.0182	0.581	0.634	0.696	0.753	0.855	0.946	1.059
CV-10-5	0.0101	0.369	0.394	0.433	0.467	0.536	0.601	0.685
CV-12-1	0.0636	2.087	2.269	2.492	2.693	3.066	3.401	3.818
CV-12	0.5326	12.418	14.159	15.555	16.904	18.781	20.240	21.943
CV-13	1.3093	24.027	28.113	30.883	33.671	36.906	39.161	41.710

CP: Cuencas Pluviales en la Panamericana; CV: Cuencas Pluviales Variante

Fuente: Documento para licitación del Estudio, Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras para la Ampliación y Rehabilitación a Seis (6) Carriles – Corredor de las Playas, Tramo: Santa Cruz – San Carlos. Provincia de Panamá Oeste. FCC, 2017. Documento Fase 2 capítulo 6: Climatología e Hidrología, CP2-000-G01-DT-06000_A, Consorcio Corredor de Playas II.

Para las cuencas de aportación con área superior a 250 hectáreas, se utilizaron los parámetros indicados en el folleto *"Resumen Técnico. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. Periodo 1971-2006"*, elaborado por ETESA. Según este documento, el área de estudio está incluido en la zona 5 de las Regiones Hidrológicamente Homogéneas en Panamá (Ver figura 6-10).

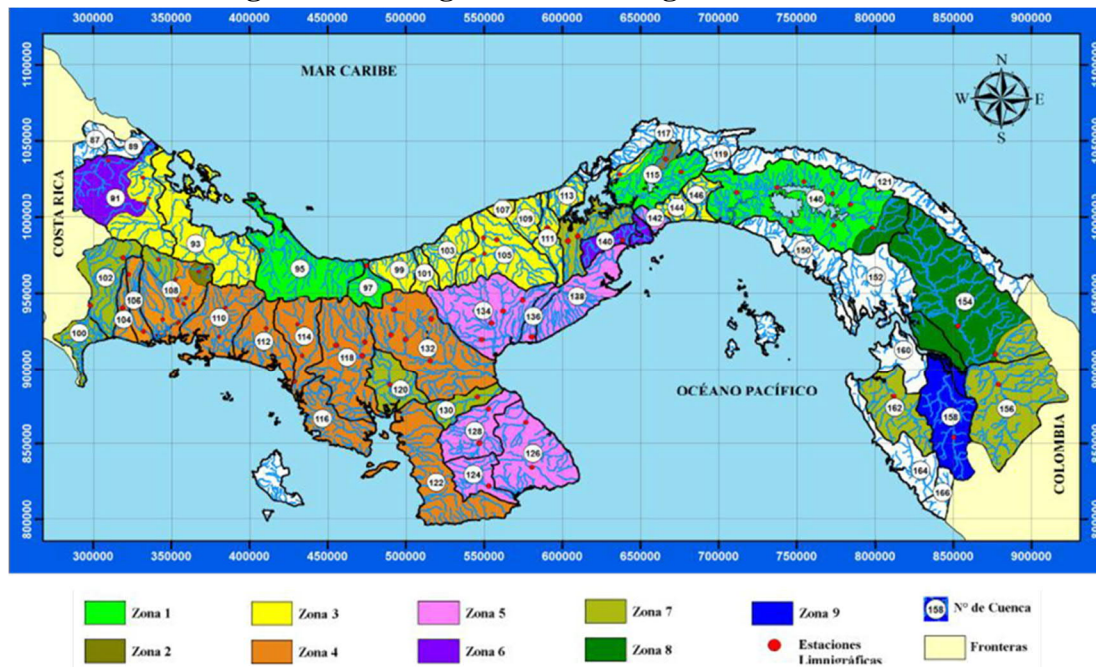
El proceso de cálculo utilizado por el Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá dispone de la siguiente fórmula, para el cálculo de caudales máximos en la mencionada zona:

$$Q_{\text{máx.}} = 14 \cdot A^{0.59}$$

De esta forma se obtuvo el caudal máximo promedio, y por último para obtener el caudal máximo instantáneo para distintos periodos de retorno se aplicaron los factores indicados en el mencionado resumen técnico.

En la Tabla 6-28 se resumen los caudales obtenidos para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años para las cuencas de área superior a 250 hectáreas.

Figura 6-10.
Regiones hidrológicamente homogéneas en Panamá



Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\max} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\max} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{\max} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{\max} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{\max} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Fuente: Documento para licitación del Estudio, Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras para la Ampliación y Rehabilitación a Seis (6) Carriles – Corredor de las Playas, Tramo: Santa Cruz – San Carlos. Provincia de Panamá Oeste. FCC, 2017.

Tabla 6-28
Caudales en cuencas con área superior a 250 ha para diferentes periodos de retorno.

Cuenca	Estación	Área (km ²)	Periodo de retorno (años)						
			2	5	10	20	50	100	500
			Caudal (m ³ /s)						
Río Bejuco	36+840	20.86	77.319	114.298	139.511	164.724	199.182	225.235	296.671
Río Bejuco	0+800	19.33	73.920	109.273	133.377	157.481	190.424	215.332	283.627
Río Bejuco	2+200	17.93	70.708	104.524	127.581	150.638	182.149	205.975	271.302
Río Chame	6+000	185.50	280.697	414.944	506.476	598.008	723.101	817.684	1077.024
Río Lajas	11+300	18.68	72.449	107.099	130.724	154.348	186.636	211.048	277.985
Río Poroporo	13+300	3.52	27.069	40.015	48.842	57.669	69.733	78.854	103.864
Río Tetita	51+700	6.76	39.785	58.813	71.786	84.759	102.490	115.895	152.653
Río Teta	52+500	59.79	143.915	212.744	259.673	306.602	370.738	419.231	552.196
Quebrada Arena	55+700	5.88	36.634	54.154	66.100	78.045	94.371	106.715	140.561

Fuente: Documento para licitación del Estudio, Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras para la Ampliación y Rehabilitación a Seis (6) Carriles – Corredor de las Playas, Tramo: Santa Cruz – San Carlos. Provincia de Panamá Oeste. FCC, 2017. Documento Fase 2 capítulo 6: Climatología e Hidrología, CP2-000-G01-DT-06000_A, Consorcio Corredor de Playas II.

6.6.1. b Corrientes, mareas y oleajes

Esta sección no aplica al presente estudio, ya que el proyecto se desarrollará a distancias entre 1.1 a 7 km aproximadamente de la costa.

6.6.2 Aguas subterráneas

Estudios realizados en América Central y Panamá, estiman que el volumen de agua subterránea aprovechable es de $3.31 \text{ km}^3/\text{año}$, de los cuales el 87 % proviene de la vertiente del Pacífico y el 13 % restante de la vertiente del Atlántico. Encontrándose el uso más intensivo de las aguas subterráneas en el Arco Seco (Los Santos y Herrera), específicamente en los sectores más apartados de los servicios de agua potable y riego.

Si bien la información hidrogeológica a nivel nacional carece de suficientes datos técnicos, que nos permitan conocer en forma precisa el funcionamiento hidráulico de los acuíferos de las diferentes formaciones geológicas, tales como: transmisibilidad, permeabilidad, coeficiente de almacenamiento, ETESA (1999) desarrolló un análisis a nivel de formaciones geológicas con disponibilidad de pozos, como parte de la elaboración del Mapa Hidrogeológico de Panamá (ETESA, 1999). La interpretación de las formaciones geológicas permitió clasificar, tres tipos o grupos principales de acuíferos y 10 unidades hidrogeológicas de ocurrencia de aguas subterráneas.

Tal y como se mencionó en la sección 6.1 correspondiente a la formaciones geológicas, las dos formaciones presentes en el proyecto son la formación Río Hato (QR-Aha) y la formación Tucué (TM-CATu).

La unidad hidrogeológica constituida por la formación geológica Río Hato (QR-Aha), se distingue por poseer acuíferos de extensión variable, libres o confinados, constituidos por sedimentos clásticos, consolidados y poco consolidados y depósitos costeros. La calidad de las aguas subterráneas es generalmente buena, aunque es posible captar aguas salobres en ciertas áreas cerca de la costa. El promedio de la productividad de los pozos es de $13 \text{ m}^3/\text{h}$, sin embargo, los pozos más productivos, en la formación Río Hato, están localizados en un área muy restringida por lo que no representan el conjunto de la formación geológica, además se han reportado muchos pozos perforados sin éxito, razón por la cual la formación Río Hato se ha ubicado dentro de los acuíferos moderadamente productivos ($Q = 3\text{-}10 \text{ m}^3/\text{h}$). Como se mencionó anteriormente, la calidad química de las aguas en esta formación es generalmente buena, el total

de sólidos disueltos oscila entre 63 y 376 ppm, el promedio de la conductividad eléctrica es de 233 micromhos a 25°C.

En el caso de la Formación Tucué (TM-Catu), el estudio de ETESA (1999) no incluyó una descripción específica de las condiciones hidrogeológicas relacionadas con la misma, por falta de información a nivel de pozos existentes.

No obstante, es pertinente destacar que el proyecto no espera afectar acuíferos y aguas subterráneas debido a que las obras correspondientes al desarrollo del proyecto no conllevan grandes excavaciones o subtracciones de aguas profundas.

6.6.2. a Identificación del acuífero

Considerando las categorías hidrogeológicas descritas en el Atlas Ambiental de la República de Panamá (ANAM, 2010), el área de estudio recorre dos categorías hidrogeológicas (Figura 6-11 al final del capítulo). A continuación se comentan las particularidades y extensión de los tipos de acuíferos identificados.

- **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. Este tipo de acuífero está presente en la mayor parte del AID, en donde ocupa 169.95 hectáreas (94.5%) en el área de influencia directa; y 2293.81 hectáreas (91.7%) en el área de influencia indirecta.
- **Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas**, comprenden un conjunto de volcánicas (lavas y aglomerados), las lavas son masivas y los aglomerados se encuentran compactos. Los pozos más productivos se localizan en las zonas fracturadas. La calidad química de las aguas es generalmente buena. Este tipo de acuífero se encuentra en una extensión de 9.09 hectáreas (5.1%) en el área de influencia directa; mientras que, en el área de influencia indirecta, está localizado en una superficie de 184.22 hectáreas (7.4%).

6.7 Calidad del Aire

Las actividades que tienen lugar en el área donde se desarrollará el proyecto son muy variadas, de tal manera que se encuentran sectores con áreas verdes o potreros con baja presencia de fuentes generadoras de emisiones atmosféricas de forma significativa, así como sectores con gran intensidad de actividades económicas, con locales de ventas de comida, materiales, insumos varios para el hogar y para actividades industriales y comerciales, donde puede presentarse la emisión de material particulado y gases de combustión.

En tres puntos ubicados en el área de estudio del proyecto, se realizaron mediciones de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), durante períodos de 24 horas, aplicando la metodología descrita en el Capítulo 3 de este documento. En la Tabla 6-29 se indica la ubicación relativa de cada punto y sus coordenadas UTM (WGS-84). La Figura 6-3 (al final del capítulo) muestra de forma gráfica dicha ubicación.

Tabla 6-29
Ubicación de los Puntos de Medición de Calidad del Aire

Punto	Ubicación de referencia	Coordenadas UTM (WGS-84)	
		Este	Norte
CPA-1	Sorá	622156	951505
CPA-2	Las Lajas	617619	945449
CPA-3	San Carlos	614490	936928

Fuente: URS Holdings, Inc.

Por otra parte, los resultados obtenidos en la medición de parámetros de calidad del aire, se presentan en forma resumida a continuación en la Tabla 6-30, donde fueron comparados con los límites establecidos en normativas de referencia, a saber, el Anteproyecto de Calidad de Aire Ambiente de la República de Panamá y las Guías de Calidad del Aire Ambiente de la OMS (actualización 2005). Los informes del equipo de medición, para cada punto, se incluyen en el anexo 6-3.

Tabla 6-30
Resultados de las Mediciones de Calidad del Aire

Punto	Parámetros								
	PM ₁₀ (µg/m ³)			NO ₂ (µg/m ³ N)			CO (µg/m ³)		
	Promedio para 24 horas	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio para 24 horas	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio para 8 horas	Valor mínimo	Valor máximo
CPA-1	11.27	2.00	59.35	131.98	3.76	255.24	111.33	0.00	186.24
CPA-2	20.90	2.00	64.85	96.29	3.76	360.08	123.13	15.68	205.51
CPA-3	11.96	2.28	58.78	256.00	5.39	400.94	326.95	142.31	451.72
Anteproyecto de Calidad del Aire Ambiente de Panamá	150	--	--	150	--	--	10,000	--	--
Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005)	50	--	--	200	--	--	NC	--	--

NC: No considerado en la norma.

Nota: Se resalta en negrita los valores que se encuentran por encima de los valores normados.

Fuente: URS Holdings, Inc.

El análisis comparativo entre los resultados obtenidos en campo y los límites establecidos en las normativas de referencia consideradas o valores señalados en la literatura, indica lo siguiente:

- **Material Particulado menor a 10 micras (PM₁₀):** El material particulado menor a 10 micras está conformado por partículas respirables, es decir, que pueden ingresar al sistema respiratorio y por ende causar enfermedades respiratorias, su generación se relaciona tanto con aportes naturales por el arrastre de suelos descubiertos por efecto del viento, como por actividades relacionadas al manejo de material de construcción, movimientos de tierra y emisiones vehiculares.

Los registros para este parámetro en el sitio CPA-1 presentaron valores que oscilaron entre 2.00 µg/m³ y 59.3 µg/m³. Para el sitio CPA- 2 se registraron valores de PM₁₀ entre 2 µg/m³ y 64.85µg/m³. Para el sitio CPA- 3 se registraron valores de PM₁₀ entre 2.28 µg/m³ y 58.78 µg/m³.

En cuanto a los valores promedios en 24 horas, se registraron valores de $11.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $20.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $11.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para los puntos CPA-1, CPA-2 y CPA-3, respectivamente. Lo anterior indica que en los sitios de medición no se generan actualmente niveles de partículas menores de 10 micras mayores a los límites máximos considerados en las normas de referencia (150 y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

- **Monóxido de Carbono (CO):** El CO es un gas característico de procesos de quema de algún combustible en presencia de niveles insuficientes de oxígeno, aunque también se le relaciona con la presencia de actividades agropecuarias y algunos procesos industriales aún sin procesos que involucren combustión. El CO penetra en el organismo a través de los pulmones, y puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, con el consecuente detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, así como disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, dolor de cabeza, mareos y fatiga; estos efectos pueden producirse tanto sobre el ser humano como sobre la fauna silvestre.

Los registros para este parámetro en el sitio CPA-1 presentaron valores que oscilaron entre $0.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $186.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el sitio CPA- 2 se registraron valores entre $0.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $205.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para el sitio CPA- 3 se registraron valores entre $142.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $451.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los rangos de resultados obtenidos en el sitio CPA-1 (Sorá) y CPA-2 (Las Lajas) son menores a los obtenidos en el sitio CPA-3 (San Carlos). En cuanto al comportamiento de la concentración de CO, se observa que las mayores concentraciones se dieron en horas de la noche (ver anexo 6-3).

Se registraron valores promedios en 8 horas de $111.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $123.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $326.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para los sitios CPA-1, CPA-2 y CPA-3 respectivamente. Se concluye que, respecto al límite máximo señalado en el anteproyecto de norma de calidad del aire para Panamá ($10,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), las concentraciones obtenidas son considerablemente menores a dicho límite.

- **Dióxido de Nitrógeno (NO₂):** El NO₂ es un constituyente importante de la contaminación del aire debida a combustión y se correlaciona en gran medida con otros productos de combustión primaria y secundaria; no está claro en qué medida los efectos observados sobre la salud en los estudios epidemiológicos son atribuibles al NO₂ propiamente tal o a otros agentes contaminantes correlacionados. No obstante, el NO₂ se asocia con efectos perjudiciales para la salud humana. Algunos estudios plantean efectos sobre síntomas respiratorios en lactantes, a niveles de concentración inferiores a 40 µg/m³.

Los registros para este parámetro en el sitio CPA-1 presentaron valores que oscilaron entre 3.76 µg/m³ y 255.24 µg/m³. Para el sitio CPA-2 se registraron valores entre 3.76 µg/m³ y 360.08 µg/m³. Para el sitio CPA-3 se registraron valores entre 5.39 µg/m³ y 400.94 µg/m³. Según los resultados por cada hora (ver anexo 6-3), se observa que algunos de los valores registrados de NO₂ presentaron valores mayores a los establecidos en las normativas de referencia, especialmente en el sitio CPA-3

Para el sitio CPA-1, el valor promedio en 24 horas fue de 131.98 µg/m³, mientras que para el sitio CPA-2 fue de 96.29 µg/m³ y para el CPA-3 se obtuvo un valor de 256.00 µg/m³. Los valores promedios de este parámetro en los sitios CPA-1 y CPA-2 se encuentran por debajo de los límites máximos señalados en las normativas de referencia (150 y 200 µg/m³), sin embargo el valor promedio obtenido en el sitio CPA-3 se encuentra por encima de los valores de las normas de referencia.

6.7.1 Ruido y vibraciones

A continuación se presenta la caracterización relacionada con ruido y vibraciones en el área de estudio del proyecto.

6.7.1.1 Ruido

Para la caracterización de los niveles de ruido ambiental se realizaron mediciones en cinco (5) puntos situados en los receptores sensibles más cercanos al alineamiento del proyecto (áreas de ampliación y variante). Esto con el fin de conocer las condiciones existentes en cuanto al potencial efecto del ruido a los receptores existentes, entendiéndose como receptores sensibles aquellas actividades que podrían estar sujetas a efectos significativos debido al ruido, como es el caso de residencias, locales y oficinas, entre otros. Las coordenadas UTM (WGS 84) de los puntos de medición de ruido ambiental se presentan en la Tabla 6-31. Adicionalmente, su ubicación física es mostrada en la Figura 6-3 (al final del capítulo).

Tabla 6-31
Coordenadas de los puntos de medición de ruido ambiental

Ubicación	Ubicación (Coordenadas UTM WGS 84)	
	Este	Norte
CPR-1	623147	953131
CPR-2	621541	951506
CPR-3	617789	945411
CPR-4	615471	941687
CPR-5	614471	936957

Fuente: Elaborado por URS Holdings Inc., 2019

A continuación, la referencia de ubicación de cada uno de los puntos de ruido medidos:

- **CPR-1 – Punto Ruido 1: Bejuco. Distrito de Chame.** Ubicado en la vía Panamericana cerca de residencias, la empresa Go Building Solutions y estación Terpel.
- **CPR-2 – Punto Ruido 2: Bejuco. Distrito de Chame.** Ubicado cerca de residencias, vialidad y del quiosco Edwin.

- **CPR-3 – Punto Ruido 3: Las Lajas. Distrito de Chame.** Ubicado cerca de residencias, vialidad y lotes.
- **CPR-4 – Punto Ruido 4: San Carlos. Distrito de San Carlos.** Ubicado cerca de la entrada a The Village Beach Residences, a una vialidad y a residencias.
- **CPR-5 – Punto Ruido 5: San Carlos. Distrito de San Carlos.** Ubicado cerca de vialidad, de la empresa Grúas Vitto, de viviendas y de locales comerciales.

Las condiciones climáticas durante la realización de las mediciones se mantuvieron constantes presentándose días soleados, con alta temperatura, humedad moderada y viento, con brisa muy débil a brisa débil, según la escala de Beaufort. Las condiciones de los parámetros descritos se muestran en la Tabla 6-32. Los resultados de las mediciones de ruido realizadas se presentan en la Tabla 6-33.

Tabla 6-32
Condiciones climáticas en los sitios de medición de ruido

Sitio de Monitoreo	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Velocidad del Viento (km/h)
CPR-1	64.8	32.6	9.6
CPR-2	59.3	32.5	8.9
CPR-3	51.8	34.1	4.5
CPR-4	54.0	34.1	6.2
CPR-5	60.1	32.7	4.6

Fuente: URS Holdings, Inc., 2019

Tabla 6-33
Niveles de ruido medidos en campo

Ubicación	Resultados medición (dBA)			Límite Decreto Ejecutivo No. 1 (dBA)
	Leq	Lmax	Lmin	
CPR-1	75.9	102.1	54.0	60
CPR-2	65.4	92.5	40.5	
CPR-3	63.9	96.6	45.4	
CPR-4	69.7	91.4	49.8	
CPR-5	77.0	103.2	53.1	

Leq: Nivel de ruido equivalente. Lmax: Nivel máximo de ruido registrado, Lmin: Nivel mínimo de ruido registrado

Fuente: URS Holdings, Inc., 2019

De acuerdo a las mediciones de ruido ambiental, en los receptores cercanos al alineamiento del proyecto, todos los resultados registrados sobrepasan el límite máximo de 60 dBA establecido por el Decreto Ejecutivo No. 1 de 2004. Las mediciones del nivel de ruido equivalente oscilaron entre 63.9 dBA en el punto CPR-3 y 77.0 dBA en el punto CPR-5. En el Anexo 6-4 se presentan los formularios de campo, el informe del equipo de medición y el certificado de calibración del mismo.

Los resultados obtenidos están relacionados con las actividades o eventos reportados durante las mediciones. Las principales fuentes de generación de ruido corresponden al paso constante de vehículos livianos y pesados (bocinas, motores), personas hablando cercano al sitio de medición (paso peatonal y conversaciones en residencias) y ruidos generados por la fauna (trinar de aves y ruido generado por insectos) presente en los alrededores de los sitios de medición. Adicional a estas actividades, se reportó ruido de un esmeril utilizado en una residencia/taller y sobrevuelos de avionetas y helicóptero.

En cuanto a los valores máximos de ruido generado, se registraron valores que oscilaron entre 91.4 dBA (punto CPR-4) y 103.2 dBA (CPR-5). Los valores mínimos de ruido registrados oscilaron entre 40.5 (punto CPR-2) y 54.0 (punto CPR-1).

En términos generales los valores no superaron los 104 dBA ni se presentaron valores por debajo de los 40 dBA. Los valores máximos son producto de eventos puntuales los cuales elevan los niveles de ruido en la zona, por ejemplo: las bocinas de los vehículos, uso de esmeril y paso de vehículos de carga pesada. En cuanto a los niveles mínimos son momentos de silencio donde solo se perciben los sonidos de fondo o propios del sitio, generalmente son los generados por la naturaleza (trinar de aves, croar de ranas, movimiento de las hojas de los árboles por acción del viento).

De tal manera que a partir de los resultados obtenidos se puede afirmar que en el entorno cercano al alineamiento del proyecto se presentan niveles de ruido mayores que el límite máximo establecido por la normativa (60 dBA). Lo anterior, es producto principalmente del tránsito

vehicular, así como por las actividades propias de ambientes urbanos, correspondiente con las condiciones existentes en la vía Panamericana.

Considerando que los cinco sitios (receptores sensibles) superan los niveles sonoros máximo de la normativa vigente, se deberá evaluar el incremento del ruido por las actividades que se realizarán durante la construcción del proyecto, en cuanto a lo señalado en la normativa correspondiente, donde se establece que, en caso que los niveles de línea base superen el límite señalado en la misma, durante el desarrollo del proyecto se permitirá un incremento adicional en el nivel de ruido según los siguientes criterios:

- Para áreas residenciales o vecinas a éstas, no se podrá elevar el ruido de fondo o ambiental de la zona.
- Para áreas industriales y comerciales, sin perjuicio de residencias, se permitirá sólo un aumento de 3 dB sobre el ruido de fondo o ambiental.
- Para áreas públicas, sin perjuicio de residencias, se permitirá un incremento de 5 dB sobre el ruido de fondo o ambiental.

6.7.1.2 Vibraciones

Las vibraciones ambientales son un fenómeno de transmisión de energía mediante la propagación de un movimiento ondulatorio a través de un medio que se caracteriza por un emisor y por un receptor de vibraciones. Las vibraciones ambientales pueden afectar a personas, ecosistemas o edificaciones.

Como parte del levantamiento de información de línea base del presente estudio, se realizaron mediciones de vibraciones ambientales en cinco puntos ubicados cerca del alineamiento del proyecto. Los sitios de medición fueron establecidos en los receptores más cercanos al alineamiento del proyecto, cerca de los puntos de medición de ruido ambiental (ver referencia de ubicación en el acápite 6.7.1.1) y considerando la distribución de los receptores sensibles (Figura 6-3, al final del capítulo).

Para caracterizar los potenciales daños que las vibraciones puedan generar sobre cualquier estructura, el anteproyecto de Decreto Ejecutivo de Panamá “Por el cual se dicta la Norma Secundaria de Calidad Ambiental de Vibraciones Ambientales” utiliza un parámetro denominado velocidad pico partícula (VPP), el cual indica la máxima velocidad de las partículas del suelo que resultan de un evento que genera vibración terrestre.

Los resultados obtenidos fueron procesados para ser comparados con los límites máximos permisibles establecidos por el Anteproyecto de Decreto Ejecutivo “Por el cual se dicta la Norma Secundaria de Calidad Ambiental de Vibraciones Ambientales”. En la Tabla 6-34 se presentan los resultados obtenidos, indicando el valor de VPP más alto en cada medición y el límite considerado en la norma de referencia antes mencionada.

Tabla 6-34
Resultados de las Mediciones de Vibración*

Punto	Coordenadas UTM (WGS-84)		Mediciones		Límite máximo permisible
	Este	Norte	Velocidad Pico Partícula (mm/s)	Frecuencia (HZ)	
CPV-1	623155	953129	2.43	17	Para edificios normales: 50 mm/s a 4 Hz o más Para edificios especiales: 15 mm/s de 4 Hz hasta 14Hz; 20 mm/s a 15 Hz. 20 mm/s de 16 Hz a 39 Hz; 50 mm/s a 40 Hz o más.
CPV-2	621561	951482	0.22	19	
CPV-3	617789	945411	0.13	18	
CPV-4	615631	941754	2.17	22	
CPV-5	614496	937006	0.49	23	

Elaborado por URS Holdings, Inc.

*: Se muestran los valores del eje dominante. Mayores detalles ver informes en los anexos.

Edificios normales: aquellos que cumplen con el Reglamento para el Diseño Estructural en la República de Panamá.

Edificios especiales: residencias o edificios no reforzados; edificios con valor histórico; hospitales o asilos.

Considerando el tipo de estructuras presentes en los sitios de medición, el anteproyecto de norma de vibraciones ambientales para Panamá establece que el parámetro de medición, velocidad pico partícula (VPP), no debe superar el límite de 50 mm/s establecido para edificios normales ni de los 15 a 50 mm/s para edificios especiales. En las mediciones realizadas se obtuvieron valores que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles indicados en el anteproyecto de norma. En el Anexo 6-5 se presentan los formularios de campo, el informe del equipo de medición y el certificado de calibración del mismo.

6.7.2 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 humano³.

Los olores pueden ser generados por varios tipos de fuentes, sean estas de origen natural, generado por el hombre y sus actividades, generadas por actividades de tipo industrial, fijas o de área, etc.

Durante el levantamiento de la línea base para el presente estudio, personal de URS Holdings Inc., procedió a realizar la caracterización general de los olores percibidos en el área donde se realizarán los trabajos correspondientes al desarrollo del proyecto objeto de este estudio, mediante inspecciones de reconocimiento para identificar las fuentes de olor. Los resultados se presentan en la Tabla 6-35 a continuación.

³ OMS, 1994.

Tabla 6-35
Olores percibidos a lo largo del área donde se desarrollará el proyecto

No	Sectores	Características Percibidas
1	Zonas con desarrollo urbano.	Se perciben olores relacionados con gases de combustión emitidos por el constante tráfico vehicular, especialmente de autobuses y carga pesada, así como olores generados por la presencia de desechos orgánicos. También se percibió olor a alquitrán en un área cercana a la construcción de una carretera de asfalto.
2	Potreros, áreas cerca de ríos y áreas no desarrolladas.	Las áreas no desarrolladas, con presencia de potreros, cursos de agua y terrenos sin uso, ocupados con vegetación arbórea y de gramíneas, en algunos sectores se percibieron olores característicos de residuos vegetales en descomposición y desechos orgánicos por la presencia de ganado. También se percibió olor generado por el humo debido a la quema de herbazales. En área cerca de ríos se percibió olor a marisco/pescado. En áreas cercanas a las vías se presentan olores relacionados con el tráfico vehicular, aunque se presenta una alta circulación del aire que minimiza el tiempo de permanencia de los gases.

Elaborado por URS Holdings, Inc.

6.8 Antecedentes sobre la vulnerabilidad frente a amenazas naturales en el área

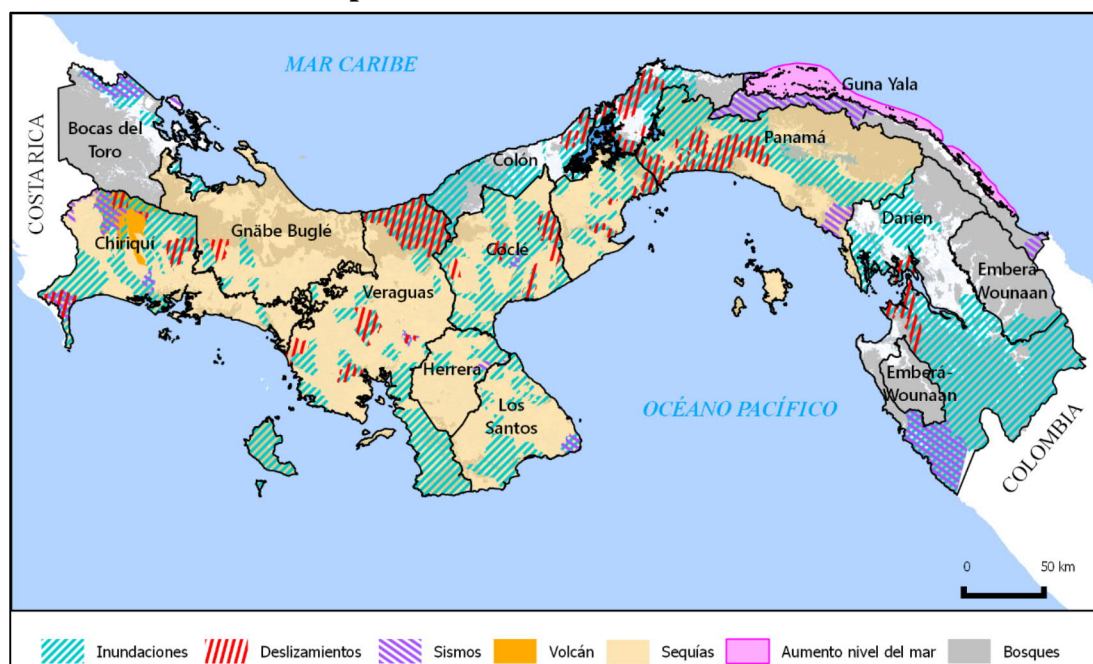
Las amenazas naturales corresponden a la probabilidad de que un fenómeno natural ocasione algún tipo de daño o catástrofe sobre el ambiente. Los fenómenos incluyen los sismos, las inundaciones, la erosión y los deslizamientos.

De acuerdo al documento “*Caracterización de la ocurrencia e impacto por desastres de origen natural en Panamá. 1990-2013 (Carlos Gordón, 2014)*”, los eventos que mayor impacto ocasionan en Panamá están relacionados con alteraciones de tipo hidrometeorológico, debido a que un régimen de precipitaciones más intensas en lapsos de tiempos cortos, aunado a problemas de degradación de los ecosistemas frágiles que regulan las cuencas y la ocupación y utilización

desordenada del territorio, han ocasionado una pérdida de las capacidades regulatorias de los ecosistemas y un aumento de la intensidad de los desastres ocurridos en los últimos años. Este documento también indica que el 54% del territorio del país y el 75% de la población se ve expuesto a al menos una amenaza por desastres naturales, el 9% de la población y el 2% del territorio se ve expuesto a entre 5 a 6 amenazas y un 76% de las viviendas y un 87% de las empresas del país se encuentran en áreas con una o más amenazas naturales, ubicándose un 9.27% de las viviendas y 13% de los negocios en corregimientos con entre 5 y 6 amenazas. En cuanto a la red vial, un 59% de la misma se encuentra en corregimientos afectados por al menos 1 amenaza, 3.75% en áreas con entre 5 a 6 amenazas.

En la figura 6-12 se presentan las principales amenazas naturales en la República de Panamá, en el marco de la realización de la caracterización de la ocurrencia e impacto por desastres de origen natural en Panamá 1990-2013. En la misma se puede observar que, en el área de estudio no se presentan amenazas relacionadas con inundaciones, deslizamientos, sismos, volcanes ni aumento del nivel del mar, con excepción de las sequías.

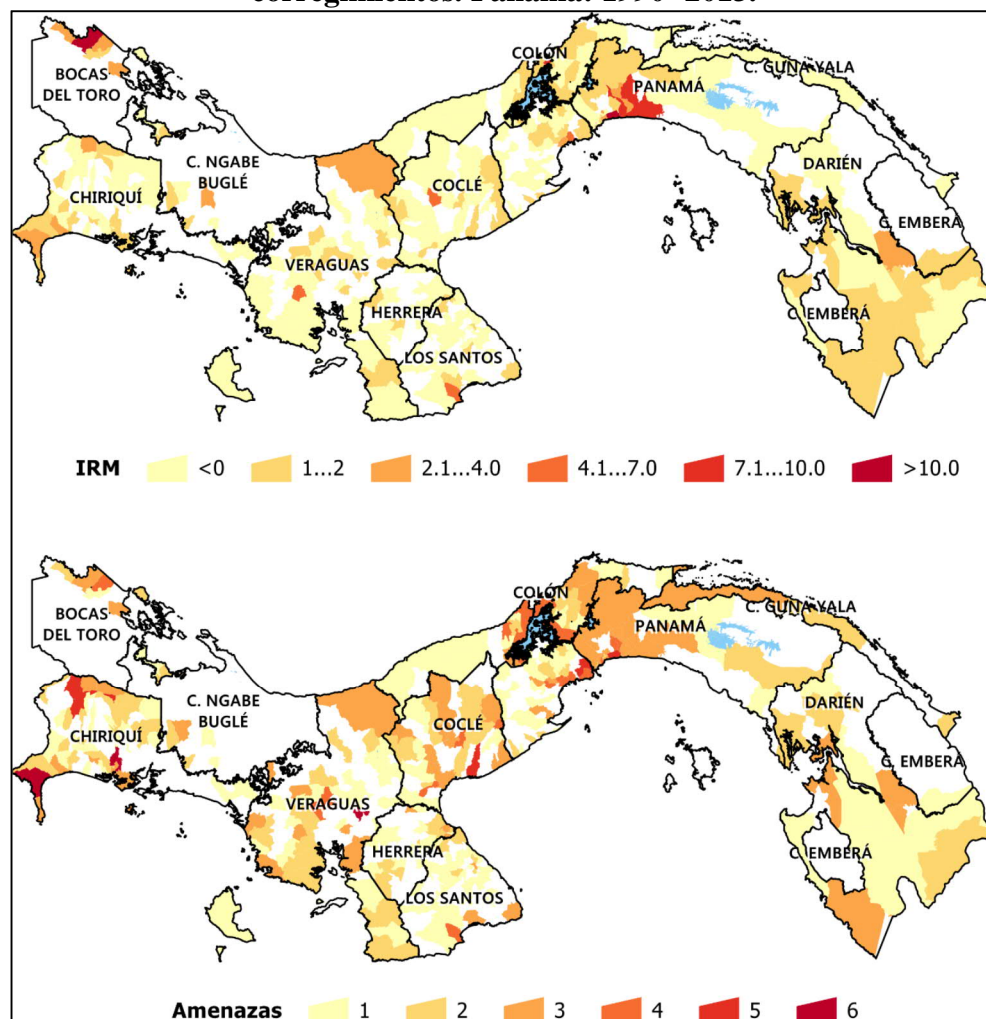
Figura 6-12
Principales amenazas naturales en Panamá



Fuente: "Caracterización de la ocurrencia e impacto por desastres de origen natural en Panamá. 1990-2013 (Carlos Gordón, 2014)".

En la Figura 6-13, donde se presentan los mapas de Índice de Riesgo Manifiesto (IRM) y de Amenazas Naturales según corregimientos, Panamá: 1990- 2013, se observa que para el área de estudio, el IRM (el cual permite identificar los corregimientos con el mayor impacto debido a la combinación de un elevado número de personas, muertes y viviendas afectadas durante el período de estudio) es menor de cero en la mayor parte del alineamiento y se presentan valores de IRM de 1 a 2 en el tramo de la ampliación final de la carretera Panamericana. En cuanto a las amenazas, la mayor parte del alineamiento del proyecto se encuentra en áreas que presentan solamente una amenaza por desastres naturales.

Figura 6-13
Mapas de Índice de Riesgo Manifiesto (IRM) y de Amenazas Naturales según
corregimientos. Panamá: 1990- 2013.



Fuente: "Caracterización de la ocurrencia e impacto por desastres de origen natural en Panamá. 1990-2013 (Carlos Gordón, 2014)".

Por otra parte, en el año 2001 la Organización de los Estados Americanos (OEA), a través de la Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (UDSMA), llevó a cabo el “Estudio General sobre los Tramos Vulnerables a los Peligros Naturales de la Carretera Panamericana y sus Corredores Complementarios en Centroamérica”, con el objeto de caracterizar la vulnerabilidad a los peligros naturales de la carretera Panamericana y sus corredores complementarios en el sector de Centroamérica y definir el alcance general de las obras necesarias para reducir dicha vulnerabilidad. En dicho estudio, específicamente al analizar el caso de Panamá, se determinaron los tramos de la carretera Panamericana vulnerables a los peligros naturales identificados, los cuales se resumen en la Tabla 6-36 donde se presenta un extracto del cuadro original, para destacar las secciones relacionadas con el presente proyecto.

Tabla 6-36
Longitud vulnerable a los peligros naturales de la Carretera Panamericana en Panamá

Tramo	Longitud total (km)	Longitud vulnerable a inundaciones (km)	Longitud vulnerable a deslizamientos (km)	Longitud vulnerable a movimientos telúricos (km)	Longitud vulnerable a erupciones volcánicas (km)
Chame-San Carlos	10.00	0.00	0.00	0.00	10.00

Fuente: Estudio General sobre los Tramos Vulnerables a los Peligros Naturales de la Carretera Panamericana y sus Corredores Complementarios en Centroamérica. OEA, 2001.

En la tabla anterior se observa que el estudio citado no indica vulnerabilidad para eventos de inundaciones, deslizamientos, ni movimientos telúricos en los tramos señalados, sino que señala exclusivamente una **vulnerabilidad por erupciones volcánicas** en el tramo Chame - San Carlos.

6.8.1 Riesgo Sísmico

La sismicidad de la zona central del istmo de Panamá es baja y únicamente en los límites de la microplaca de Panamá se produce sismicidad importante. De esta manera, en la zona próxima a Costa Rica se han registrado terremotos de importancia, bajo influencia de la zona de subducción Cocos - Caribe, mientras que en la provincia de Darién al Este, la sismicidad es debida a los movimientos que involucran a la placa Suramericana, en la región de Atrato fundamentalmente.

Según la Memoria del Anteproyecto del Consorcio Corredor de Las Playas Tramo 2, los terremotos importantes, causantes de daños, presentan una recurrencia de décadas por lo que se considera que son debidos a fallas cuya actividad sísmica es baja.

Según el estudio titulado “Los Terremotos en el Istmo de Panamá” (Camacho, 2006), en la región determinada como Panamá Central, la sismicidad es muy baja e históricamente sólo ha presentado un evento destructor, el cual ocurrió el 2 de mayo de 1621. Dicho evento causó daños en la ciudad de Panamá, en donde la intensidad alcanzó los VII en la escala Mercalli Modificada (Viquez y Camacho, 1993).

A nivel nacional, los sismos con magnitud de 5.0 Mw o más, según la información disponible (2015 – 2018), presentada por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá en su página web, encargado del monitoreo sísmico a nivel nacional y el sistema DesInventar actualizado por el Servicio Nacional de Protección Civil (SINAPROC), disponible vía web (<http://online.desinventar.org>), los sismos más recientes (enero 2015 – marzo 2017), se señalan en la Tabla 6-37, donde se observa que ninguno de los mismos se presentó en el área del proyecto.

Tabla 6-37
Principales eventos sísmicos ocurridos en el país con magnitud ≥ 5 Mw

Fecha	Detalles
07 Enero 2015	218 km Sur Suroeste de Isla Coiba su magnitud fue de 5.2 Mw y la profundidad de 0.4 km.
07 Enero 2015	54 km al Oeste Noroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.3 Mw y profundidad de 45.4 Km
04 Febrero 2015	209 km Sur Suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.6 Mw y profundidad de 10 km.
09 Marzo 2015	143 km Suroeste de Isla Coiba, magnitud de 6.2 Mw y profundidad de 4.4 km.
24 Marzo 2015	19 km Norte Noreste de Isla Coiba, magnitud de 5.6 Mw y profundidad de 0 Km
25 Abril 2015	63 km Oeste Suroeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5.3 Mw y profundidad de 14 km.
05 Mayo 2015	143 km Oeste Noroeste de Volcán, magnitud de 5 Mw y profundidad de 13.1 Km
21 Junio 2015	123 km Noroeste de Bocas del Toro. Magnitud de 5 Mw y profundidad de 12.2 km.

Fecha	Detalles
24 Junio 2015	188 km Sureste de Chepo, magnitud de 5.2 y profundidad de 14.4 km.
24 Junio 2015	Puerto Armuelles, magnitud de 5.7 Mw y profundidad de 0 km.
28 Julio 2015	215 km Este Sureste de Chepo, magnitud de 5.8 Mw, profundidad de 0 km.
14 Septiembre 2015	190 km Sur Sureste de Chepo, magnitud de 5.1 Mw y profundidad de 10 km.
26 Octubre 2015	167 km Oeste Noroeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5 Mw y profundidad de 0 km.
18 Enero 2016	170 km Oeste Noroeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5.3 Mw, profundidad de 10 km.
31 Enero 2016	22 km Oeste Suroeste de Volcán, magnitud de 5 Mw y profundidad de 8.3 km.
20 Febrero 2016	89 km Oeste Noroeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5.2 Mw, profundidad de 14.5 km.
30 Noviembre 2016	186 km Oeste Noroeste de Bocas del Toro, magnitud de 5.2 Mw, profundidad 0.5 km.
12 Enero 2017	306 km Este sureste de Los Santos, magnitud de 5.4 Mw, profundidad 0 km.
20 Febrero 2017	79 km Este sureste de Chame, magnitud de 4.9 Mw, profundidad 7 km.
2 Abril 2017	12 km de Cerro Punta, magnitud de 5.2 Mw, profundidad 10 km.
22 Junio 2017	62 km Sur suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.7 Mw, profundidad 0.1 km.
23 Junio 2017	125 km Suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.3 Mw, profundidad 10 km.
14 Noviembre 2017	129 km Oeste Noroeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5.3 Mw.
14 Noviembre 2017	226 km Oeste Noroeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5.3 Mw.
16 Noviembre 2017	274 km Sur Suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.4 Mw, profundidad 10 km.
17 Noviembre 2017	102 km Oeste de Isla Coiba, magnitud de 5.1 Mw, profundidad 23.3 km.
19 Noviembre 2017	93 km Oeste de Isla Coiba, magnitud de 5.1 Mw, profundidad 0 km.
14 Diciembre 2017	83km Este de Isla Coiba, magnitud de 5.2 Mw, profundidad 6.5 km.
20 Diciembre 2017	129 km Oeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5.3 Mw, profundidad 15.4 km.
16 Enero 2018	225 km Oeste Noroeste de Volcán, magnitud 5.1 MW, profundidad 0.8 km.
27 Enero 2018	75 km Sureste de Los Santos, magnitud 6.6 Mw, profundidad 0 km.
30 Enero 2018	19 km Noroeste de Puerto Armuelles, magnitud 5.2 Mw, profundidad 0 km.

Fecha	Detalles
31 Enero 2018	76 km Sureste de Los Santos, magnitud 5.2 Mw, profundidad 3.9 km.
31 Enero 2018	82 km Sureste de Los Santos, magnitud 5.6 Mw, profundidad 0 km.
11 Febrero 2018	36 km Suroeste de Puerto Armuelles, magnitud 5.3 Mw, profundidad 1.9 km,
18 Febrero 2018	155 km Este Sureste de Los Santos, magnitud 5.1 Mw, profundidad 10.5 km.
23 Marzo 2018	195 km Oeste Noroeste de Volcán, magnitud 5.1 Mw, profundidad 0 km.
23 Abril 2018	25 km Sur Sureste de Puerto Armuelles, magnitud 5 Mw, profundidad 7.2 km.
18 Mayo 2018	346 km Sur suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.3 Mw, profundidad 10 km.
13 Junio 2018	54 km Suroeste de Los Santos, magnitud de 5.5 Mw, profundidad 0 km.
17 Junio 2018	155 km Suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.2 Mw, profundidad 0.4 km.
06 Agosto 2018	80 km Noreste de Chepo, magnitud de 5.3 Mw, profundidad 43.1 km.
29 Agosto 2018	47 km Noroeste de Puerto Armuelles, magnitud de 5.6 Mw, profundidad 4.5 km.
17 Septiembre 2018	67 km Sur sureste de Los Santos, magnitud de 5.1 Mw, profundidad 0 km.
15 Octubre 2018	131 km Sur suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.4 Mw, profundidad 27.6 km.
15 Octubre 2018	121 km Sur suroeste de Isla Coiba, magnitud de 5.4 Mw, profundidad 5.7 km.
21 Octubre 2018	21 km Oeste suroeste de Volcán, magnitud de 5.1 Mw, profundidad 8.9 km.
23 Octubre 2018	306 km Sureste de Chepo, magnitud de 5 Mw, profundidad 36.2 km.
01 Noviembre 2018	16 km Oeste suroeste de Puerto Armuelles, magnitud 5 Mw, profundidad 11 km.
01 Abril 2019	2 km Sur de Sixaola, magnitud 5.2 Mw, profundidad 13 km.

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc. a partir de información del Instituto de Geociencia y base de datos DesInventar.org.

Por otra parte, el Mapa de Amenaza Sísmica para la República de Panamá (Figura 6-14 al final del capítulo) confeccionado por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, indica que el sector donde se ubica el proyecto es considerado de **bajo riesgo sísmico** con una aceleración entre 1.8 y 2.2 m/s² en una escala que llega hasta 6.2 m/s².

6.9 Identificación de los sitios propensos a inundaciones

Las características hidrológicas y geomorfológicas definen áreas con mayor vulnerabilidad a inundaciones asociadas a pendientes planas que se encuentran en las llanuras de inundación de la red de drenaje natural.

A nivel nacional, de acuerdo al documento *“Caracterización de la ocurrencia e impacto por desastres de origen natural en Panamá. 1990-2013 (Carlos Gordón, 2014)”*, las inundaciones son los eventos que mayor frecuencia e impacto tienen en Panamá. Durante el período de estudio la tendencia ha sido al aumento, pasando de 16 inundaciones en 1990 a 35 en el 2013, con un máximo de 230 en el 2008, y un promedio de 66 eventos al año. El corregimiento de Juan Díaz (Panamá) es el que registra el mayor número de inundaciones, con 56, seguido de Las Cumbres (Panamá), Tonosí (Los Santos) y Pacora (Panamá). Respecto al número de afectados, también se ha registrado un incremento, pasando de 3,713 personas en 1990 a 12,370 en el 2012, llegando a 100,713 en el 2008, siendo este último año, el que mayor número de muertes registró (20). Los corregimientos con el mayor número de afectados corresponden a Juan Díaz (Panamá, 30,552), Cativá en Colón (13,853) y Soná en Veraguas (11,181).

En relación al área de estudio, en la Figura 6-15 (al final del capítulo), se presenta el resultado de un análisis de susceptibilidad a inundaciones a nivel de cuencas (Atlas Ambiental, ANAM, 2010), donde se señala que la cuenca No. 138 (entre los ríos Antón y Caimito), en donde se localiza el proyecto, presenta una **susceptibilidad moderada** ante estos fenómenos.

Por otra parte, el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) ha mantenido actualizado un inventario de desastres a través del sistema DesInventar, disponible vía web (<http://online.desinventar.org>). En la Tabla 6-38 se resumen los eventos reportados en dicho inventario para el distrito de Chame. De acuerdo a este inventario, no se identificaron eventos de inundaciones en los corregimientos del distrito de Chame donde se ubica el área de estudio ni en el distrito de San Carlos, con excepción de un evento de fuertes lluvias en octubre de 1996, donde SINAPROC indicó que las fuertes lluvias y los vientos, que alcanzaron una velocidad de 88 km/horas, derribaron árboles, arrancaron techos y afectaron el tráfico vehicular.

Tabla 6-38
Inventario de inundaciones del SINAPROC en el distrito de Chame

Fecha	Distrito/Corregimiento	Lugar	Causa
10/17/1994	Chame/Buenos Aires	Llano Grande	Lluvias. Desborde de la quebrada Las Brujas.
7/4/2002	Chame/Nueva Gorgona	Coloncito-Gorgona	Fuertes lluvias
10/2/2005	Chame/Sorá	ND	Otra causa
10/28/2005	Chame/Sorá	Llano grande	Otra causa
9/1/2006	Chame	ND	Otra causa
10/19/2016	Chame/Sajalices	Frente a la Escuela	Lluvias
10/19/2016	Chame/Sajalices	Puerto Espave	Lluvias
10/19/2016	Chame/Sajalices		Lluvias
10/19/2016	Chame/Sajalices	Puerto Espavé	Lluvias
10/19/2016	Chame/Sajalices	Bda. Esparve detrás del Cuadro	Lluvias
10/19/2016	Chame/Sajalices	Puerto Espavé	Lluvias
10/19/2016	Chame/Sajalices	ND	Lluvias
10/10/2018	Chame/Nueva Gorgona	Gorgona y Coronado	ND

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc. a partir de información del Inventario de desastres SINAPROC (<https://online.desinventar.org>). ND: No disponible.

Es oportuno destacar que el período de retorno empleado para el dimensionamiento hidráulico de los puentes corresponde a 100 años. Asimismo, las elevaciones mínimas de los niveles inferiores de las vigas del tablero han sido fijadas de tal manera que cumplen con el resguardo mínimo fijado en el Pliego de Cargos (1.80 m sobre el Nivel de Agua Máxima Extraordinario). Esto es importante, dado que el proyecto se asegura que las nuevas estructuras (puentes) no obstruirán la continuidad longitudinal del cauce, y en caso de eventos de lluvia la lámina de agua no se verá afectada.

6.10 Identificación de los sitios propensos a erosión y deslizamientos

Las pérdidas de suelo por erosión y deslizamientos son eventos importantes debido a que en conjunto generan la pérdida de espacios naturales y productivos, afectan estructuras existentes y, una vez que los suelos son transportados por la escorrentía superficial hacia las corrientes naturales como sedimentos en suspensión, estos tienen el potencial de contaminar las aguas, colmar cuerpos de agua y afectar ecosistemas sensibles aguas abajo de su fuente, así mismo se generan afectaciones a los sistemas para el manejo de las aguas de escorrentía.

A nivel nacional, el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) ha mantenido actualizado un inventario de desastres a través del sistema DesInventar disponible vía web (<http://online.desinventar.org/>). De acuerdo a este inventario, en el distrito de Chame se han registrado dos eventos de deslizamiento, uno de los eventos se registró el 5 de septiembre de 1989 y el otro evento de deslizamiento ocurrió el 28 de agosto de 1996. El deslizamiento ocurrido en el año 1989 se registró en uno de los corregimientos por donde atraviesa el alineamiento del proyecto (Bejuco), donde las fuertes lluvias provocaron el hundimiento de la carretera que conduce desde Bejuco hasta la comunidad de Sorá, el daño tuvo aproximadamente 25 metros de largo por 4 metros de profundidad, dejando a la comunidad incomunicada.

Por otra parte, la Figura 6-16 (al final del capítulo), presenta un análisis de susceptibilidad a deslizamientos a nivel de distrito (Atlas Ambiental de Panamá, ANAM, 2010), donde se observa que el área del proyecto, recorre sectores con una **susceptibilidad Baja** (distrito de San Carlos) y **Moderada** (distrito de Chame) a este tipo de eventos.

Los sitios propensos a erosión y deslizamientos no se consideran predominantes en el área del Proyecto, en vista del grado de compactación existente, la impermeabilización de las capas superficiales de suelo en parte de la red vial existente y conformación de losas de concreto en áreas acondicionadas para la construcción de estructuras, en algunos sectores alrededor de servidumbres viales y en ocasiones dentro de la misma.