

6.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

La sección que presentamos a continuación contiene los aspectos relacionados con la línea base del ambiente físico para el área del proyecto. Para esta descripción se requirió tanto de información cualitativa como de datos cuantitativos; los cuales fueron obtenidos mediante la revisión de fuentes secundarias, giras de campo, toma de muestras, entrevistas, etc. Las giras de campo se llevaron a cabo durante la temporada lluviosa, entre el 13 hasta el 18 de junio de 2010. El nivel de detalle presentado en este Capítulo para cada uno de los elementos descritos, es acorde a la importancia que los mismos revisten en las discusiones de los impactos significativos (positivos o negativos) y a la necesidad de desarrollar las medidas preventivas o mitigantes.

Como parte de los documentos de referencia, se utilizaron algunos estudios realizados por la firma consultora, así como documentos ya existentes para el área del estudio. Entre estos figuran el Estudio de Impacto Ambiental para la Construcción de la Autopista Panamá – Colón, Tramo Qda. Ancha – Nuevo Méjico, el Estudio de Impacto Ambiental de la Ampliación del Canal de Panamá, URS Holdings, Inc. (2007), el Estudio de Impacto Ambiental Categoría II Campamento Temporal para Trabajadores del Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá en el Sector Atlántico (Mindi), URS Holdings, Inc. (2009), el Estudio de Impacto Ambiental para la Construcción de la Fase II de la Autopista Panamá – Colón, Tramo Quebrda López-Cuatro Altos, URS Holdings, Inc. (2010), la Evaluación Ambiental Preliminar-Determinación de la Mejor Alternativa para Cruzar el Canal en el Sector Atlántico URS Holdings, Inc. (Mayo 2010), Determination of the Best Alternative for Crossing the Canal at the Atlantic Side-Project SAA-229488-Draft Final Report Expert Panel Review Copy, URS+COWI (Agosto 2010) y el Anuario Hidrológico, ACP (2000 - 2009), entre otros.

En vista del tipo, extensión y magnitud del proyecto de construcción de un cruce por el Canal en el sector Atlántico, el ámbito geográfico de sus actividades sobre el entorno podría sobrepasar el área de influencia directa (AID) definida en el Capítulo 5. Por tal razón, se delimitó además un área de influencia indirecta (AII) que pudiera identificar aquellos impactos significativos (+ ó -) que afectarían a su entorno. Dicha AII, que comprende 250 metros desde el perímetro del AID,

incluye primordialmente los lugares poblados cercanos, aspectos ecológicos del área y las propiedades y estructuras presentes.

6.1 Formaciones Geológicas Regionales

La caracterización geológica del área del Proyecto del Puente sobre el Canal en el Sector Atlántico se realizó utilizando como base los estudios geológicos y geotécnicos para la Mejor Alternativa del Cruce del Canal en el Atlántico (ACP 2010) y la Descripción del Ambiente Físico del Estudio de Impacto Ambiental Categoría III Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá – Tercer Juego de Esclusas (URS, 2007). Adicionalmente se realizó un reconocimiento geológico encampo para confirmar las principales formaciones identificadas en el área del proyecto.

La región donde se ubica el Proyecto del Puente Sobre el Canal en el Sector Atlántico pertenece a formaciones de rocas sedimentarias del periodo terciario y cuaternario correspondientes al Grupo Gatún, Gatuncillo, y Aguadulce. En el mapa geológico se muestra que en el sector Atlántico (**Figura 6-1**) las formaciones geológicas dominantes son:

- ✓ La Formación Río Hato “QR-Aha” compuesta de conglomerados, arenisca, lutitas, tobas y sedimentos, no diferenciados, que cubren prácticamente toda la Bahía de Limón.
- ✓ La Formación Gatún “TM-Ga” o “Tg” a nivel regional consiste de arenisca, lutitas, tobas y conglomerados.

6.1.2 Unidades Geológicas Locales

Zona Terrestre

- **Formación Gatún**

La Formación Gatún “TM-Ga; “Tg” es una formación sedimentaria del Mioceno medio de la Época Terciaria. Se localiza sobre el sector medio y Oeste del alineamiento del puente. La

Formación Gatún representa la unidad estratigráfica de mayor significado a nivel regional. Estudios previos han encontrado una variedad de fósiles desde organismos microscópicos foraminíferos hasta caracoles y moluscos grandes. Según las observaciones de campo a través del área de impacto la formación se compone principalmente de arenisca.

- **Formación Río Hato**

La Formación Río Hato QR-Aha;“Qa” es la formación mas reciente en el área del proyecto, contiene rocas sedimentarias del Cuaternario reciente, tales como: areniscas, conglomerados, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas y pómez. La formación Río Hato localmente presenta sedimentos, no diferenciados, principalmente aluvión o relleno que cubren prácticamente toda la Bahía de Limón. Esta formación se le conoce también como “Lamas del Atlántico”. En el área de influencia directa del proyecto se ubica alrededor de toda la extensión del alineamiento del puente.

6.1.3 Caracterización Geotécnica

Según el Estudio de Geología y Geotecnia realizado para analizar las diferentes alternativas de cruce sobre el Canal en el Atlántico (ACP, 2010), los materiales más abundantes encontrados en el área del proyecto incluyen rocas sedimentarias débiles cuya dureza varía de muy suave a moderada (RH-1 a RH-2). Las rocas relativamente suaves son predominantemente de grano fino. La arenisca y la limonita, tienden a ser afectadas por el aire y las condiciones del tiempo, cuando éste último alterna de manera rápida de húmedo a seco.

Según los Estándares de Descripción de Rocas obtenidas en perforaciones en el área del Canal, las formaciones geológicas del área son de resistencia débil a moderada con valores de UCS entre 10 y 150 kg/cm³, y valores de PLT Prueba de Carga Puntual de 0.98 a 29.

6.2 Geomorfología

El área donde se ubica el puente sobre el Canal en el Atlántico, está conformada por rocas sedimentarias, valles y planicies aluviales y pequeñas deposiciones coluviales. El relieve de la zona es propio de regiones bajas y planicies litorales, encontrándose también algunos cerros y colinas bajas. Las posiciones geomorfológicas dominantes son:

- **Llanuras aluviales**

Corresponden a unidades de altitud relativa de menos de 20 msnm; son áreas formadas por aluviones recientes en los cuales las pendientes varían de planas a ligeramente inclinadas. En los terrenos planos, las limitaciones más severas están relacionadas con el drenaje y las inundaciones frecuentes (planicies aluviales).

- **Colinas bajas**

En este nivel altitudinal se presentan los pequeños cerros y colinas bajas con pendientes medianamente inclinadas, mal drenaje interno y Capacidad Agroecológica VI y VII. Altitud relativa de 20 a 60 msnm. En el área del proyecto las máximas elevaciones son de apenas 60 msnm.

6.3 Caracterización del Suelo

Los suelos en la región del Proyecto del Puente sobre el Canal en el Atlántico, se han desarrollado a partir de un material parental de rocas sedimentarias principalmente de la Formación Rio Hato y Gatún. El régimen de precipitación media anual de más de 2,800 milímetros define niveles altos de lixiviación produciéndose suelos ácidos pertenecientes al orden Entisol. Estos suelos no presentan una diferenciación taxonómica por lo que se consideran suelos relativamente jóvenes con escaso desarrollo pedológico.

Metodología

El estudio de suelos se inició con la información existente de la caracterización de los suelos del Plan Regional de Uso de Suelos de la Región Interoceánica de Panamá (1996) y el mapa Geológico de Panamá Escala 1:500,000. Esta información fue complementada con 4 muestreos de campo realizados en Julio del 2010 (ver ubicación de sitios en **Figura 6-2**) de manera de realizar una caracterización y definir la capacidad de uso de los suelos. Los muestreos de profundidad y toma de muestras para el laboratorio se realizaron con Barrena Holandesa. Entre los parámetros evaluados en campo se encuentran:

1. Profundidad
2. Erosión Sufrida
3. Pedregosidad
4. Inundabilidad
5. Drenaje

Las muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio para determinar las siguientes propiedades físicas y químicas de los suelos:

1. Granulometría: Arena , Limo y Arcilla (%);
2. Textura.
3. Acidez “pH”.
4. Aluminio, Calcio, Magnesio “Mg”: Mili equivalentes por cada 100 gramos.
5. Fósforo, Potasio: Partes por millón (ppm).
6. Materia Orgánica “M. O.” (%).

Los suelos en toda el área de influencia del Proyecto del puente en el sector Atlántico, corresponden a Entisoles generalmente profundos, muy recientes sobre los cuales se depositan frecuentemente sedimentos aluviales. En el perfil del suelo se observan moteaduras grises que evidencian un proceso de “gleyización permanente que con la profundidad definen un horizonte “Gley” típico de áreas que mantienen un nivel freático elevado durante la mayoría del año. Estas características del perfil del suelo confirman un mal drenaje interno que mantendrá altos niveles de saturación sobre los materiales que se construyan en el área.

Según los análisis de laboratorio los suelos del área son de textura gruesa entre Francos a Franco arcillo arenosos, de baja fertilidad y materia orgánica de media a baja. La principal limitación que presentan es la inundabilidad. El informe de laboratorio de analisis del suelo de presenta en el **Anexo 6**.

La calidad ambiental de los suelos se establece inicialmente según la Norma de Calidad Ambiental de Suelos para Diversos Usos (ANAM; 2009) a través del Índice de Actividad Microbiológica “IAM” con Nivel Genérico de referencia de 0.5 y 22.0 basado en la actividad de la deshidrogenasa. Las muestras de suelo dentro del alineamiento arrojaron valores entre 0.14 y 2.07 evidenciando que existe una actividad microbiana cónsona con sitios que ya han sido alterados y mantiene un nivel de contaminación bajo. El analisis del laboratorio para determinar la actividad microbiana de presenta en el **Anexo 6**.

Tabal 6-1

Análisis de Suelos en el Alineamiento del Puente Sobre el Canal en el Sector Atlántico (Julio 2010)

Muestra	Característ.	Textura	pH H2O	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Ca	Mg	Ca+Mg -----(meq/100g)-----	Acidez	Aluminio	M.O. (%)
Sherman 2	Entisol	Fco. Arcillo Arenosa	4,9	2,2	64,0	18,2	15,4	33,6	4,6	0,0	1,7
Aluvial Mindi	Entisol	Fco. Arenoso	6,0	1,5	52,0	7,2	1,4	8,6	1,1	0,0	1,2
Sitio Depósitos	Antrosoles	Fco. Arcillo Arenosa	4,6	2,3	78,0	6,0	4,2	10,2	4,5	0,3	1,5

Ca: Calcio; Mg: Magnesio; M.O. Materia Orgánica;

Fuente: Elaborado por URS. Laboratorio: CIQSA, S.A.

6.3.1 Descripción del Uso del Suelo

Zona Terrestre

Los usos actuales de los suelos en el área de influencia se establecieron de las imágenes actualizadas del área de influencia y el análisis del Sistema de Información Geográfico “SIG”.

Resulta importante señalar que, la mayor parte de los sitios dentro de la Cuenca del Canal corresponden a áreas que legalmente son de uso privativo de la ACP, en la mayoría de las cuales se han venido desarrollando actividades relacionadas con la operación del Canal. En cuanto a los usos de suelo presentes en el área de estudio, gran parte de la misma está ocupada por áreas para la operación del canal (tierra y agua). La distribución de los diferentes usos del suelo se presenta en la **Figura 6-3**. Como se puede apreciar en la Tabla 6-2, existen unas 10.217 hectáreas de bosque secundario con diversos estados de crecimiento que representan un 57.9% del área de influencia directa.

Los depósitos de material excavado y dragados del Canal de Panamá ocupan 3.28 ha, 18.61% del total AID. Las hectáreas de bosque que se eliminarán en el área de construcción representan el cambio de uso de suelo más drástico, el cual deberá ser debidamente considerado en el análisis de los impactos ambientales del proyecto así como de las medidas de mitigación y Plan de Manejo Ambiental.

Tabla 6-2
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo en el AID

Categorías	Área de Influencia Directa						AID Total	
	Sector Este		Sector Oeste		Sector Central		Has	%
	Has	%	Has	%	Has	%		
Bosque Secundario Maduro	0.000	0.000	3.875	44.417	0.000	0.000	3.87	21.986
Bosque Secundario Intermedio	3.642	49.935	2.705	31.003	0.000	0.000	6.347	36.005
Herbazales	0.868	11.909	0.000	0.000	0.000	0.000	0.868	4.927
Sitios de Depósitos de Material Escavado y Dragado	2.103	28.843	1.177	13.493	0.000	0.000	3.281	18.611
Infraestructuras	0.540	7.398	0.967	11.088	0.000	0.000	1.507	8.549
Agua – East Diverging Channel	0.140	1.915	0.000	0.000	0.000	0.000	0.140	0.792
Agua - Entrada del Canal	0.000	0.000	0.000	0.000	1.609	100.00	1.609	9.129
Total	7.293	100.000	8.725	100.000	1.609	100.000	17.627	100.000

Fuente: Elaborado por: URS Holdings, Inc., 2011.

Los usos del suelo en el área de influencia indirecta se presentan en la Tabla 6-3. La mayoría de la superficie se encuentra ocupada por áreas boscosas. La superficie boscosa de mayor extensión corresponde al bosque secundario intermedio (40.05%), seguida por el bosque secundario maduro (27.56%), que en su conjunto representan 67.61% del AII.

Tabla 6-3
Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo en el AII

Categorías	Área de Influencia Indirecta						AII Total	
	Sector Este		Sector Oeste		Sector Central		Has	%
	Has	%	Has	%	Has	%		
Bosque Secundario Maduro	0.000	0.000	102.150	58.616	0.000	0.000	102.150	27.575
Bosque Secundario Intermedio	96.159	57.885	52.204	29.956	0.000	0.000	148.363	40.049
Herbazales	15.533	9.351	0.448	0.257	0.000	0.000	15.982	4.314
Manglar	0.000	0.000	0.480	0.275	0.000	0.000	0.480	0.129
Manglar Degradado	5.100	3.070	0.000	0.000	0.000	0.000	5.100	1.377
Suelos Inundables con Vegetación Baja	2.740	1.649	0.000	0.000	0.000	0.000	2.740	0.740
Sitios de Depósitos de Material Escavado y Dragado	33.042	19.890	17.296	9.925	0.000	0.000	50.338	13.588
Infraestructuras	10.302	6.202	1.692	0.971	0.000	0.000	11.994	3.238
Agua – East Diverging Channel	3.245	1.953	0.000	0.000	0.000	0.000	3.245	0.876
Agua - Entrada del Canal	0.000	0.000	0.000	0.000	30.059	100.00	30.059	8.114
Total	166.121	100.000	174.269	100.000	30.059	100.000	370.449	100.000

Fuente: Elaborado por: URS Holdings, Inc., 2011.

Zona Marina

El Uso de Suelo presente en el área acuática del Proyecto¹ corresponde con Áreas de Funcionamiento Tipo I, las cuales son propiedad de la ACP o del patrimonio inalienable de la Nación bajo administración privativa de la ACP, crítica para el funcionamiento y modernización del Canal y para actividades directamente asociadas a esas funciones. Las mismas, tienen como propósito fundamental garantizar el funcionamiento adecuado del Canal. Este sitio corresponde al Cauce de Navegación de la Entrada Atlántica del Canal de Panamá, el cual es utilizado principalmente para las operaciones del Canal (tránsito de buques), donde el mantenimiento y su operación han sido históricos.

6.3.2 Deslinde de la Propiedad

Zona Terrestre

El Proyecto, en su tramo terrestre, se realizará principalmente dentro de áreas de compatibilidad y operación del Canal (tierra) bajo administración de la ACP y en áreas bajo su administración privativa, debidamente inscrita en el registro público. Por lo tanto, el Proyecto propuesto no requerirá la adquisición de nuevas tierras, salvo en algunos casos concretos en los cuáles se traspasarán terrenos y/o propiedades administradas por otras instituciones de gobierno, para lo cual la ACP deberá realizar las gestiones pertinentes. En todo caso no hay terrenos de titularidad privada en toda el área del proyecto.

Zona Marina

El Proyecto, en su tramo acuático, se realizará dentro de áreas de compatibilidad y operación del Canal (agua) bajo administración de la ACP.

¹ Acuerdo 102 de 25 de agosto de 2005.

6.3.3 Capacidad de Uso y Aptitud de los Suelos

Zona Terrestre

La capacidad de uso de los suelos se refiere al potencial que tienen los suelos para ser utilizados en forma sostenida sin afectar su capacidad productiva. Este parámetro representa el uso mayor o la intensidad con que se pueden utilizar los suelos, manteniendo sus propiedades ambientales vitales para los ecosistemas terrestres.

Para la caracterización de la Capacidad de Uso potencial de los suelos se utilizó el método del Centro Científico Tropical que establece la capacidad en base a los parámetros agroecológicos como son pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva del suelo, textura, pedregosidad, fertilidad, salinidad, toxicidad, drenaje, inundabilidad, zona de vida, periodo seco y velocidad del viento.

Con la información de los estudios de suelos existentes y los nuevos muestreos de suelos realizados en el levantamiento de la Línea Base Biofísica, se definieron los parámetros edáficos como son: pendiente, profundidad, erosión sufrida, textura, pedregosidad, fertilidad, salinidad, drenaje e inundabilidad. Los parámetros ecológicos como zona de vida, vientos y duración del periodo seco, se obtuvo de la información meteorológica de la Autoridad del Canal de Panamá y la base de datos de la cobertura de Zonas de Vida de Panamá.

En áreas relativamente planas, inundables de baja fertilidad como son los Entisoles del área del proyecto, los suelos se clasifican como Clases V, VI y VII dependiendo más que nada de su inundabilidad. Los factores de Zona de Vida y factores climáticos como la intensidad de los vientos, son tomados en cuenta para asignar la clasificación definitiva.

En general, en el área del proyecto del Puente sobre el canal las principales limitaciones son la inundabilidad y el drenaje interno de los suelos.

6.3.3.1 Capacidad Agroecológica de los Suelos

La descripción de las categorías de capacidad agroecológica de los suelos que se presenta a continuación enfatizan las características predominantes de los suelos en el área de estudio. En el Mapa de Capacidad Agroecológica de los Suelos (**Figura 6-4**) se puede observar la distribución de los mismos. La primera inferencia que podemos realizar es que en el área estudiada no existen suelos de Clase I, II, III, ni IV. La Tabla 6-4 presenta el porcentaje de cada una de las clases de capacidad de suelos en el área de influencia del Proyecto. Se puede observar que los suelos más abundantes son los de Clase V y VI y que conjuntamente representan aproximadamente el 84% del total del AID y el restante Clase VIII, corresponde a los sitios de depósito de material excavado y dragado.

Tabla 6-4
Capacidad Agroecológica de los Suelos en el AID del Proyecto

Clases	Superficie (ha)	Representatividad (%)
V	7.08	43.11
VI	6.78	41.32
VIII	2.56	15.57
Total	16.42	100.00

Fuente: Elaborado por Consultores de URS Holdings, Inc.

En el área de influencia indirecta también son predominantes los suelos Clase V y VI, con una representatividad del 85.7% del total del área. Además se encuentran los cerros del sector Oeste que corresponden a la Clase VII y representan un 1.5% del total (Tabla 6-5).

Tabla 6-5
Capacidad Agroecológica de los Suelos en el AII del Proyecto

Clases	Superficie (ha)	Representatividad (%)
V	145.90	44.40
VI	135.76	41.31
VII	1.50	0.46
VIII	45.46	13.83
Total	328.62	100.00

Fuente: Elaborado por Consultores de URS Holdings, Inc.

Suelos Clase V

Los suelos Clase V son los suelos de aptitud principalmente planos, profundos de fertilidad baja con pendientes de hasta 5 por ciento. Se encuentran en áreas de depósitos fluviales, presentan limitaciones de drenaje y son susceptibles a inundaciones. Los suelos Clase V representan un 44.4% del área de influencia, siendo los predominantes a través de la región donde se va a construir el Puente sobre el Canal en el Atlántico (**Figura 6-4**).

Suelos Clase VI

Los suelos clasificados como Clase VI son principalmente de vocación forestal. Los suelos Clase VI presentan alguna o varias de las siguientes limitaciones: pedregosidad fuerte, problemas severos de erosión ó intensidad de vientos moderada. Los Suelos Clase VI son los segundos en extensión en el área del proyecto representando alrededor de un 41 % de los suelos del área total de influencia del proyecto (**Figura 6-4**).

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 conservación 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 más pronunciadas y profundidad mayor a 30 centímetros.

Se localizan en el área de influencia indirecta y representan alrededor del 0.46% de los suelos del área del proyecto

Suelos Clase VIII

Los suelos identificados como Clase VIII, son áreas estrictamente restringidas a la preservación de la flora y fauna y a la protección de áreas de recarga de acuíferos. Los suelos compactados, contaminados o con menos de 30 centímetros de profundidad efectiva y problemas de erosión muy severos, son incluidos en esta categoría. También se incluyen en esta categoría los suelos dentro de las áreas protegidas. En el área de influencia, esta Clase de suelos se encuentran ubicados en los sitios de depósito de material excavado y dragado. Los suelos Clase VIII ocupan alrededor de 14% de los suelos del área de influencia indirecta del proyecto.

Zona Marina

La capacidad de uso de suelo no aplica, las actividades a desarrollar en la zona marina se realizarán sobre fondos blandos sublitorales.

6.4 Topografía y Batimetría

Zona Terrestre

Para describir la topografía de los suelos en el área de influencia del puente, se analizaron los datos topográficos del Mapa a Escala 1: 50,00 de la cartografía base del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” con el Sistema de Información Geográfico SIG. En el sector Este, la topografía se caracteriza por presentar áreas planas extensas, que no superan los 20 metros de altura (**Figura 6-5**), estando asociada esta topografía a los pasados periodos geológicos, a destacar el periodo terciario que aportó sedimentos, el mioceno medio-superior y al final del período cuaternario con el holoceno, que terminó en modelar planos de playa, drenajes y aluviones hasta la época actual. Mientras que el sector Oeste, se caracteriza por ser un conjunto de cerros bajos y algunas áreas planas, donde sobresale el conjunto de cerros llamado Loma Borracho que tiene, dentro del AID, un pequeño cerro con elevación de hasta 40 msnm (**Figura 6-5**).

En el área del proyecto, la mayoría de los suelos presentan pendientes menores del 10% con excepción de los cerros del sector Oeste que alcanzan hasta 20%. En los cerros bajos del sector Oeste las mismas se agruparon en dos categorías de pendientes de 0 a 8% y de 8.1 a 20%.

Zona Marina

Estudios llevados a cabo por la ACP en la entrada Atlántico del Canal, área de influencia directa del Proyecto, han determinado que la profundidad en dicha zona es de unos -2 metros en las orillas y de aproximadamente -12 metros en la sección del canal de navegación (cruce de barco) (**Figura 6-6**). El fondo marino del mismo se presenta en forma relativamente uniforme, con declives o mayores profundidades en dirección Noroeste.

6.4.1 Mapa Topográfico o Plano, Según Área a Desarrollar a Escala 1:50,000

En las **Figuras 6-5 y 6-6** al final del capítulo, se representan la topografía y la batimetría del área del proyecto en escala 1:50,000.

6.5 Clima

La evaluación de las condiciones climáticas durante el levantamiento de información de línea base en el proceso de evaluación de impacto ambiental es de suma importancia tanto por la influencia que dichas condiciones puedan tener sobre los criterios de diseño, construcción y operación del proyecto, así como por ser un factor precursor de otras condiciones ambientales relacionadas con aspectos tales como la calidad del aire e hidrología de la zona, entre otros.

El clima de la Cuenca del Canal es típico de latitudes bajas en los trópicos y se caracteriza por presentar temperaturas y una humedad relativa moderadamente altas, abundantes lluvias; así como tormentas frecuentes durante la estación lluviosa. Cambios en las condiciones normales, a excepción de las lluvias, son poco frecuentes. El clima a través del istmo tiene distintas variaciones. La costa del Atlántico presenta fuertes vientos y además experimenta casi el doble de la precipitación registrada para la costa Pacífica. Cabe mencionar que, durante la estación seca, la costa del Atlántico está expuesta directamente a los vientos del Noreste.

La Cuenca del Canal de Panamá, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen presenta tres tipos de climas: Tropical Muy Húmedo (*Afi*), Tropical Húmedo (*Ami*) y el Tropical de Sabana (*Aw*). El primero, *Afi*, es predominante a lo largo de todo el sector Atlántico de la Cuenca, con lluvias que ocurren a lo largo de todo el año, en donde el mes más seco recibe más de 60 milímetros de lluvias. El segundo, *Ami*, predomina en los sectores de la parte central y sur de la Cuenca, presentando una estación seca corta, pero con lluvias muy significativas capaces de mantener áreas de bosque tropical. El tercero, *Aw*, está presente en las zonas cercanas a las costas del Pacífico de la Cuenca del Canal, y se caracteriza por una pronunciada estación seca.

A través de esta sección se presentan las principales características climáticas para la zona donde se desarrollará el Proyecto Construcción de un Puente sobre el Canal en el Sector Atlántico. La descripción climática incluye las variables de precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento.

6.5.1 Metodología

Para el desarrollo de esta sección, se ha utilizado la información climática obtenida en el Atlas Nacional de la República de Panamá (2007) y se han analizado los datos climáticos de la Estación de Gatún, la cual forma parte de la red de estaciones hidrometeorológicas de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP). En la Tabla 6-6 se describen las características principales de la misma.

Tabla 6-6
Datos de la Estación Hidrometeorológica de Gatún

Nº	Nombre	Elevación (m)	Coordenadas UTM		Tipo de Estación	Parámetros	Río, Lago o Mar
			X	Y			
1	Gatún	30.5	618565.42	1024634.00	Pluviográfica/Limnográfica	PML	Atlántico

P = Precipitación; M = Meteorológicos (precipitación; temperatura del aire; velocidad, dirección y ráfaga del viento; humedad relativa; L = Nivel de lago o marea).

Fuente: ACP, Anuario Hidrológico 2009.

La data analizada incluyó registros históricos de 10 años, desde el año 1996 hasta el año 2005. Los parámetros analizados fueron precipitación, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad y dirección del viento.

6.5.2 Tipo de Clima

La zona donde se desarrollará el Proyecto Construcción de un Puente sobre el Canal en el Sector Atlántico, se encuentra, según la clasificación de Köppen, dentro del Clima Tropical Húmedo (*Ami*).

Clima Tropical Húmedo (*Ami*): Con influencia del monzón (régimen de vientos), está caracterizado por precipitaciones anuales mayores de 2,250 mm, con 60% concentrada en los cuatro (4) meses más lluviosos en forma consecutiva, algún mes con lluvia menor de 60 mm. Temperatura media del mes más fresco mayor de 18°C. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco es de menos de 5°C, presentando una temperatura promedio anual entre 24 y 26°C.

6.5.2.1 Precipitación

Los datos de precipitación mensual, anual, promedio, máximos y mínimos, registrados en la Estación Gatún, se muestran en la Tabla 6-7 y en la Gráfica 6-1. La precipitación total promedio anual en el área de desarrollo del Proyecto varía entre 1617.9 mm y 2469.6 mm, siendo ésta en promedio de 2827.0 mm.

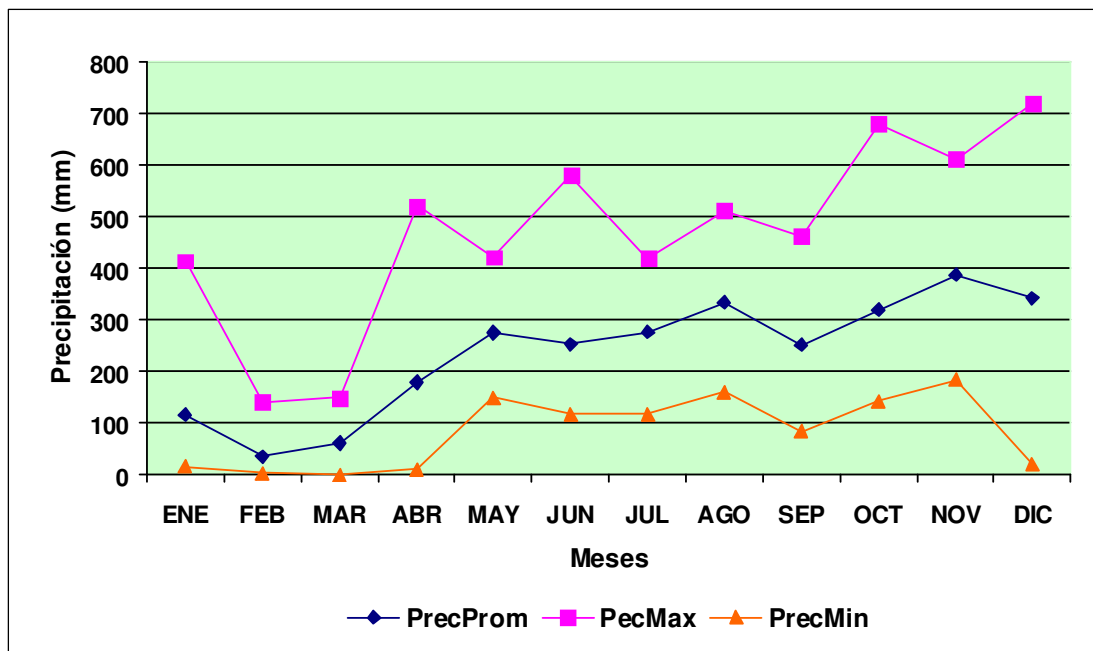
Tabla 6-7
Precipitación Mensual y Anual (mm)
Estación Gatún (1996-2005)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1996	414.0	139.7	61.0	94.0	254.0	289.6	203.2	218.4	119.4	256.5	612.1	198.1	2860.0
1997	45.7	15.2	0.0	10.2	241.3	116.8	116.8	160.0	462.3	213.4	215.9	20.3	1617.9
1998	15.2	40.6	45.7	520.7	292.1	223.5	419.1	271.8	83.8	264.2	223.5	363.2	2763.4
1999	101.6	53.3	149.9	137.2	261.6	241.3	345.4	510.5	188.0	317.5	398.8	693.4	3398.5
2000	119.4	22.9	15.2	132.1	406.4	579.1	228.6	241.3	142.2	680.7	182.9	718.8	3469.6
2001	66.0	5.1	132.1	35.6	149.9	134.6	246.4	269.2	325.1	464.8	558.8	416.6	2804.2
2002	188.0	20.3	94.0	218.4	193.0	142.2	388.6	401.3	231.1	231.1	525.8	45.7	2679.5
2003	27.9	12.7	0.0	231.1	274.3	297.2	241.3	419.1	355.6	203.2	279.4	419.1	2760.9
2004	55.9	2.5	43.2	134.6	421.6	368.3	322.6	426.7	236.2	421.6	434.3	342.9	3210.4
2005	121.9	35.6	68.6	274.3	256.5	144.8	246.4	414.0	365.8	142.2	436.9	198.1	2705.1
PrecProm	115.6	34.8	61.0	178.8	275.1	253.7	275.8	333.2	251.0	319.5	386.8	341.6	2827.0

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PrecMax	414.0	139.7	149.9	520.7	421.6	579.1	419.1	510.5	462.3	680.7	612.1	718.8	3469.6
PrecMin	15.2	2.5	0.0	10.2	149.9	116.8	116.8	160.0	83.8	142.2	182.9	20.3	1617.9

Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing , Annex C Hydrometeorological Report).

Gráfica 6-1
Precipitación Promedio Mensual, Máxima y Mínima
Estación Gatún (1996-2005)



Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing , Annex C Hydrometeorological Report).

En cuanto a los datos de precipitación mensual, se observa un aumento en la precipitación promedio mensual entre los meses de mayo y diciembre, contra los niveles de precipitación para los meses de enero a abril, coincidiendo esto con la estación lluviosa y la estación seca típica del País. El mes más lluvioso en la región es noviembre, con una precipitación promedio mensual de 386.8 mm, mientras que el mes más seco es febrero, con una precipitación promedio mensual de 34.8 mm. De los datos analizados, resalta la precipitación mensual máxima de 612.1 mm ocurrida en el mes de noviembre, valor este que es 1.6 veces mayor que la precipitación promedio observada para dicho mes.

Estos datos muestran las características típicas de la región Atlántica, donde el clima es húmedo y las precipitaciones son mayores que en el Pacífico. Al analizar los datos de la Tabla y Gráfica mostrados arriba, se observa que el año 1997 fue el más seco, con una precipitación anual cerca al 57% de la media anual. Esta condición fue influenciada por la presencia del Fenómeno del Niño en Panamá en dicha época (1997 – 1998), el cual se caracteriza por periodos de sequía.

6.5.2.2 Temperatura

El comportamiento de la temperatura ambiente presenta pocas fluctuaciones a lo largo de un período de registro de 10 años (1996 – 2005), de acuerdo a los datos de la Estación Gatún, mostrados en la Tabla 6-8 y Gráfica 6-2. La temperatura promedio anual en la Estación Gatún, alcanza un valor promedio de 26.8 °C con una máxima de 27.7 °C y una mínima de 26.1 °C. Las temperaturas promedios mensuales estuvieron entre 26.4°C y 27.4°C, presentándose las temperaturas más elevadas entre los meses de marzo y junio. Analizando los valores mensuales promedio, los meses más calurosos son marzo, abril y mayo con temperaturas de 27.1, 27.4 y 27.3°C respectivamente; mientras que el mes más fresco es diciembre (26.4°C).

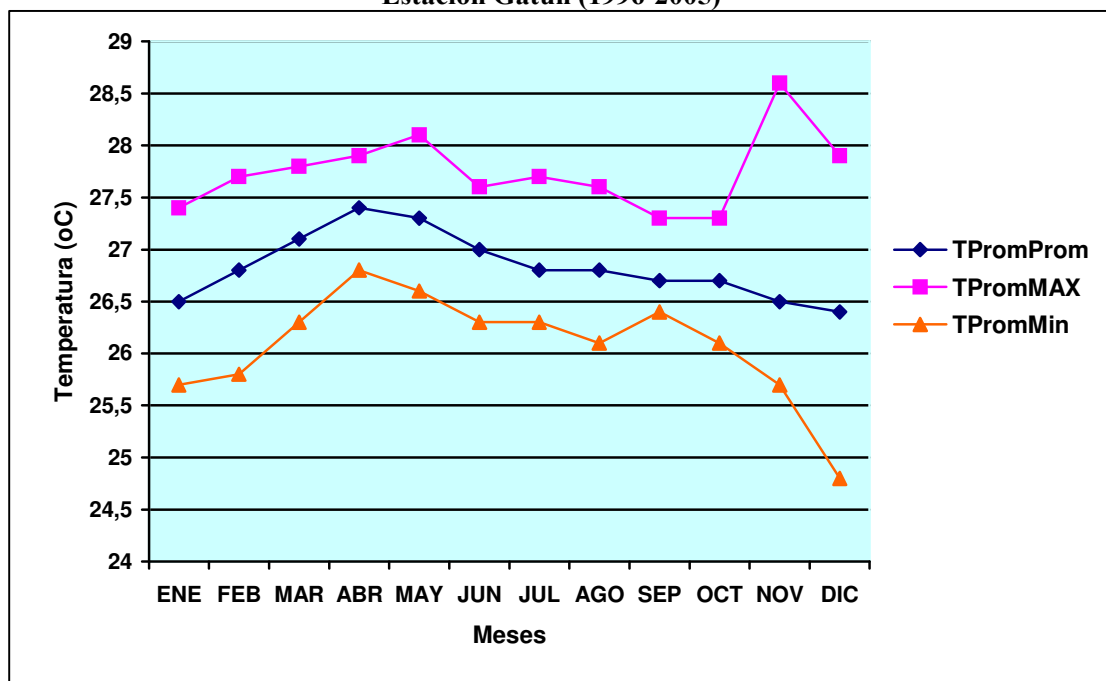
En cuanto a condiciones extremas (máximas y mínimas en relación a las temperaturas promedios) se refiere, el mes de noviembre presenta los registros más elevados de temperatura máxima (28.6°C), y en diciembre se registran los promedios menos elevados de temperatura (24.8°C). De información adicional a la mostrada en la Tabla 6-8 y la Gráfica 6-2, proporcionada por ACP, se conoce que las mayores temperaturas registradas para el Atlántico corresponden a los meses de agosto y mayo, con temperaturas por el orden de los 33.3°C, mientras que las menores temperaturas son de 20.5°C para el mes de junio.

Tabla 6-8
Temperatura Promedio Mensual, Anual, Máxima y Mínima (°C)
Estación Gatún (1996-2005)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1996	26.4	26.7	27.0	27.5	27.2	26.6	26.3	26.6	26.7	26.7	25.9	26.4	26.7
1997	26.5	27.3	27.0	27.9	27.6	27.0	27.7	27.6	26.9	27.3	26.6	27.4	27.2
1998	27.4	27.7	27.8	27.9	27.8	27.3	26.8	26.7	27.3	27.1	26.4	25.8	27.2
1999	26.4	26.4	26.7	27.1	27.0	26.3	26.4	26.1	26.4	26.5	25.7	24.8	26.3
2000	25.7	26.1	26.3	26.8	26.6	26.3	26.3	26.7	26.4	26.0	26.3	25.8	26.3
2001	25.8	26.5	26.4	27.1	27.2	27.4	26.7	27.4	26.7	27.2	26.2	26.3	26.7
2002	27.1	27.3	27.4	27.3	28.1	27.6	27.2	27.1	26.7	26.1	28.6	27.9	27.4
2003	25.8	27.5	27.8	27.8	27.2	26.9	26.7	26.8	26.9	26.9	26.7	26.6	27.0
2004	26.9	25.8	27.6	27.6	27.3	26.9	26.4	26.6	26.7	26.8	26.2	26.7	26.8
2005	26.6	26.4	27.3	27.3	26.9	27.6	27.5	26.8	26.6	26.8	25.9	26.4	26.8
TPromProm	26.5	26.8	27.1	27.4	27.3	27.0	26.8	26.8	26.7	26.7	26.5	26.4	26.8
TPromMax	27.4	27.7	27.8	27.9	28.1	27.6	27.7	27.6	27.3	27.3	28.6	27.9	27.7
TPromMin	25.7	25.8	26.3	26.8	26.6	26.3	26.3	26.1	26.4	26.1	25.7	24.8	26.1

Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing , Annex C Hydrometeorological Report).

Gráfica 6-2
Temperatura Promedio Mensual (°C)
Estación Gatún (1996-2005)



Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing , Annex C Hydrometeorological Report).

6.5.2.3 Humedad Relativa

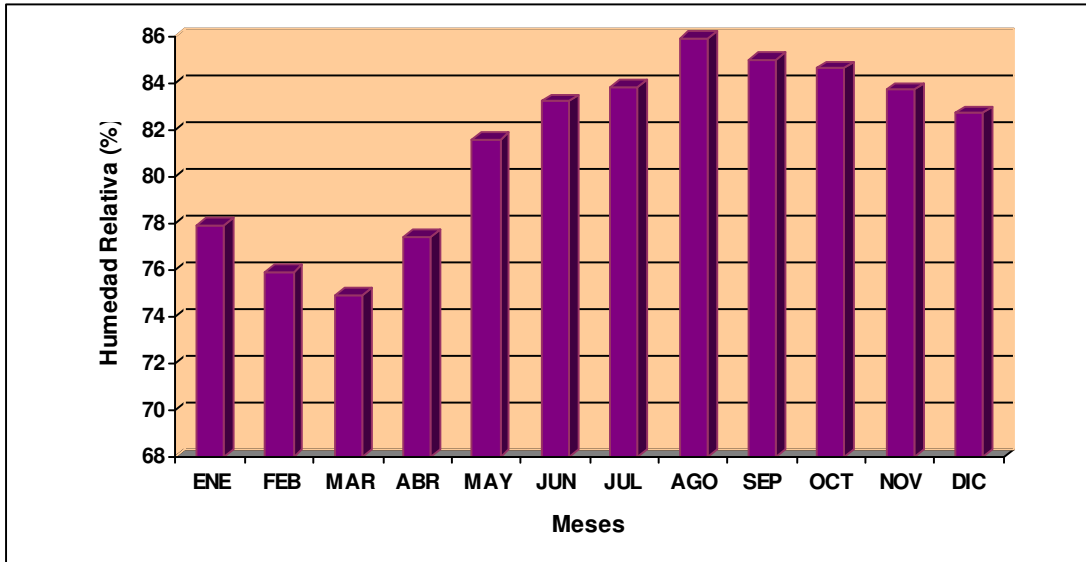
De los datos registrados en la Estación Gatún, presentados en la Tabla 6-9 y Grafica 6-3, se muestra que la menor humedad relativa se registró durante los primeros meses, o sea, en la temporada seca y éstas, como promedio mensual, estuvieron entre 74.9% y 77.9%. En tanto que, valores más elevados de humedad relativa como promedio mensual fueron documentados en los meses de la estación lluviosa, encontrándose entre 81.6% y 85.9%. Cabe mencionar que, el año donde se observaron los menores niveles de humedad relativa como promedio anual, corresponde al año 1999 con 71.4%, mientras que los valores más elevados se registraron en el año 2005 con 92.0%.

Tabla 6-9
Humedad Relativa Promedio Mensual y Anual (%)
Estación Gatún (1996-2005)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1996	79.6	76.4	71.3	73.9	76.5	78.7	80.0	78.9	78.3	77.2	78.7	74.8	77.0
1997	70.4	69.1	64.2	65.8	74.7	75.2	74.8	76.8	77.3	76.6	77.2	70.1	72.7
1998	68.1	67.2	65.4	69.3	73.8	75.6	75.5	76.2	72.8	72.9	74.2	75.6	72.2
1999	70.2	65.2	65.8	68.8	71.5	74.6	73.6	74.2	72.6	71.4	73.4	75.5	71.4
2000	68.3	64.9	63.2	67.2	72.5	75.3	74.1	92.6	90.6	92.0	89.9	90.4	78.4
2001	86.9	83.2	85.1	85.6	88.1	88.6	90.2	90.2	89.6	89.3	90.6	91.0	88.2
2002	86.3	82.0	82.8	85.1	86.2	88.4	89.5	89.8	89.4	92.1	78.5	80.3	85.9
2003	78.2	83.2	81.7	84.7	91.2	90.6	92.2	91.9	90.3	88.6	88.9	87.6	87.4
2004	81.0	78.6	79.2	81.5	87.4	90.9	93.2	94.7	94.3	95.0	95.7	91.5	88.6
2005	90.3	88.8	90.5	91.7	93.7	94.1	94.9	93.8	95.2	90.6	90.1	90.3	92.0
HR Prom	77.9	75.9	74.9	77.4	81.6	83.2	83.8	85.9	85.0	84.6	83.7	82.7	81.4

Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing , Annex C Hydrometeorological Report).

Gráfica 6-3
Humedad Relativa Promedio Mensual
Estación Gatún (1996 – 2005)



Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing, Annex C Hydrometeorological Report).

6.5.2.4 Velocidad y Dirección del Viento

Las variaciones estacionales de vientos en la Cuenca del Canal son bastante consistentes de año a año. Las altas velocidades del viento ocurren principalmente durante la estación seca, cuando predominan los vientos alisios del noreste. Cabe destacar que, los vientos alisios son muy uniforme en cuanto a velocidad y dirección. Durante la estación lluviosa, cuando predominan los doldrums, las velocidades del viento son menores y la dirección es variable. El promedio máximo de velocidades de viento ocurre en el sector Atlántico.

Para un periodo de 10 años de registro (1996-2005), la Estación Gatún reporta velocidades promedio del viento que a lo largo del año oscilan desde 35.3 km/h en el mes de diciembre, hasta 42.1 km/hr durante agosto; las que se consideran como brisas moderadas según la clasificación establecida en la escala de Beaufort. En ese contexto, en los primeros meses del año (enero, febrero, marzo y abril), se debieron registrar los promedios de las velocidades de viento más altos, sin embargo no fue así, ya que las mismas oscilaron entre 37.1 km/hr a 40.2 km/hr lo que representó la estación seca. Por otro lado, durante la estación lluviosa sucedió

lo contrario, la velocidad promedio del viento alcanzó los 35.3 km/hr y llegó hasta los 42.1 km/hr, siendo velocidades más altas que las que se presentaron para la estación seca (Tabla 6-10).

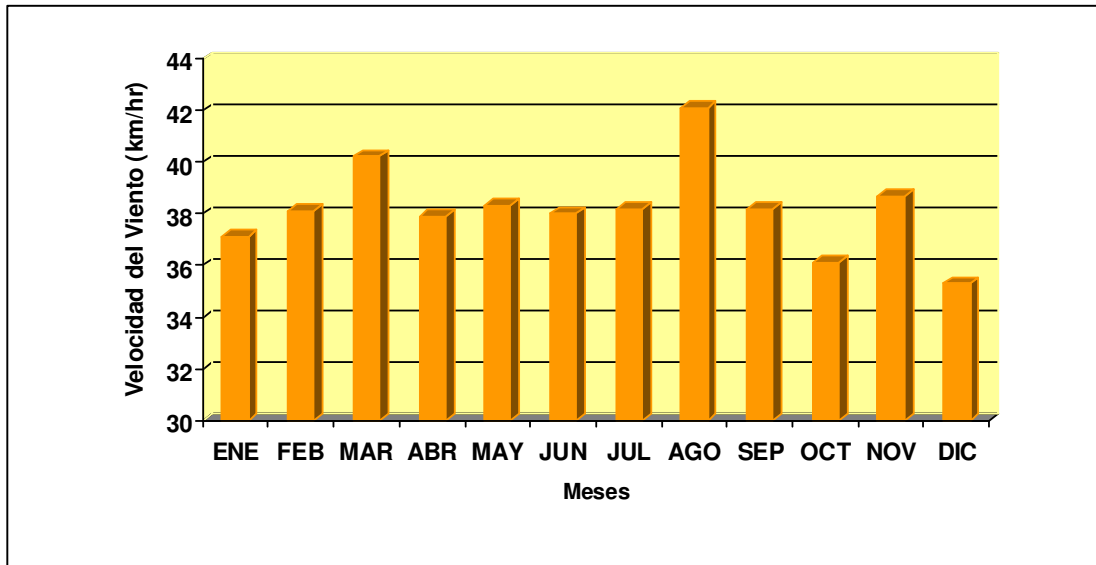
Haciendo un recuento de los 10 años de registro, el mes para el cuál se obtuvieron los promedios más elevados de velocidad del viento corresponde a agosto, con 42.1 km/hr, mientras que las menores intensidades fueron registradas para el mes de diciembre con 35.3 km/hr (Gráfica 6-4). Por otra parte, los valores promedios de velocidad del viento más altos se reportan para el año 2003 con una velocidad de 50.1 km/hr.

Tabla 6-10
Velocidad Máxima del Viento (km/hr)
Estación Gatún (1996 – 2005)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
1996	40.6	42.0	43.8	34.9	36.7	39.8	44.9	59.4	28,2	50.2	44.1	40.6	43.4
1997	40.6	38.5	45.2	40.9	45.9	43.8	61.6	38.1	37.8	32.0	31.7	36.4	41.0
1998	38.1	40.9	42.6	46.7	35.9	35.2	32.8	35.9	40.9	36.4	33.8	34.1	37.8
1999	39.9	40.2	39.1	34.9	41.4	37.0	37.8	46.3	38.1	40.9	40.2	43.5	39.9
2000	40.6	38.5	40.2	37.0	34.9	44.9	33.5	42.2	35.6	31.7	31.4	36.9	37.3
2001	36.4	37.8	35.9	33.2	36.0	28.2	29.1	44.9	33.2	44.3	32.5	37.3	35.7
2002	35.4	35.9	37.2	31.1	32.7	36.5	33.8	31.5	29.5	31.7	39.6	35.6	34.2
2003	35.1	35.9	48.6	58.4	55.8	42.3	53.4	60.7	56.3	42.8	80.1	31.7	50.1
2004	30.6	36.4	35.1	31.9	30.9	35.2	26.9	34.3	41.7	31.9	26.9	29.8	32.6
2005	34.0	35.2	33.8	30.4	32.5	37.0	28.5	27.5	31.1	19.2	26.6	27.5	30.3
Prom Vel. Max Viento	37.1	38.1	40.2	37.9	38.3	38.0	38.2	42.1	38.2	36.1	38.7	35.3	38.2

Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing , Annex C Hydrometeorological Report).

Gráfica 6-4
Velocidad del Viento Promedio Mensual
Estación Gatún (1996 – 2005)

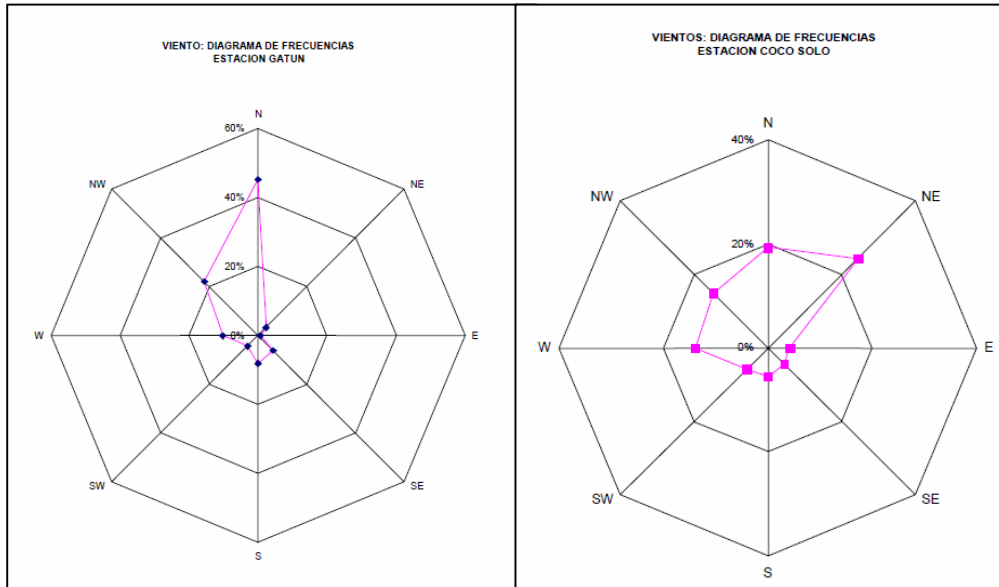


Fuente: URS Holdings con datos proporcionados por la ACP (SE-09-16 Atlantic Crossing, Annex C Hydrometeorological Report).

El promedio mensual de la velocidad del viento, a lo largo de 10 años de registro, no presentó el comportamiento esperado debido a que las mayores velocidades ocurrieron en los meses de la estación lluviosa (Tabla 6-10, Gráfica 6-4). No obstante, al comparar el promedio de las velocidades del viento de los cuatro meses de la estación seca con el promedio de las velocidades de los 8 meses de estación lluviosa, se obtiene que las mismas son muy similares, alcanzando para la estación seca los 38.3 km/hr y para la estación lluviosa 38.1 km/hr. Esto se debe, probablemente, a que como se puede apreciar en la Gráfica 6-4, a lo largo de los 12 meses, el valor promedio de la velocidad del viento se mantuvo prácticamente constante alrededor de los 38.0 km/hr, presentando dos picos, uno en el mes de marzo (estación seca) y el otro en agosto (estación lluviosa).

En cuanto a la dirección del viento se refiere, los vientos dominantes son del cuadrante Norte (del NNW al NNE). El diagrama de distribución de la velocidad por sectores, según estimaciones realizadas por The Berger Group, Inc. (2004), también señala una preponderancia del octante Norte en el caso de la estación de Gatún, rotando al octante NNE en la estación Coco Solo (**Figura 6-7**).

Figura 6-7
Diagrama de Distribución de la Velocidad por Sectores
Estaciones de Gatún y Coco Solo



Fuente: Tomado de The Louis Berger Group, Inc. 2004.

6.6 Hidrología

Los recursos hídricos en el área del Proyecto del Puente sobre Canal en el Atlántico, son abundantes al ubicarse en el Sector Atlántico de la Cuenca del Canal de Panamá donde la precipitación promedio anual es de más de 2,800 milímetros. Los aportes de precipitación permiten la recarga de las agua subterráneas y mantiene el nivel freático muy cercano a la superficie durante la estación lluviosa y aún, durante la estación seca, se mantienen relativamente poco profundos.

- **Aguas Superficiales**

El alineamiento del Puente sobre el Canal en el Atlántico, se ubica en la entrada del Atlántico del Canal de Panamá, en un sector de planicies costeras en los que no es evidente los procesos de escurrimiento fuertes debido a las bajas pendientes predominantes. En el sector Oeste, se observa una red de drenaje efímera de pequeñas quebradas naturales que recogen las aguas de

escorrentía provenientes, durante la época lluviosa, de las partes altas de los cerros. Estas corrientes se secan por completo al avanzar la estación seca.

En el sector Este que es muy plano, no se presenta esta red de drenaje, por lo que para evitar inundaciones se construyó el canal denominado “*East Diversion*”, es un cauce artificial de agua que descarga sus aguas en la vertiente del Atlántico. Este canal tiene poca pendiente por lo que observa poca velocidad. Las profundidades oscilan entre 0.8 a 1 m y aguas cristalinas en algunos tramos. Mediciones puntuales realizadas por los consultores en la estación lluviosa resultan en descargas de entre 1.0 y 1.8 m³/seg.

6.6.1 Calidad de Aguas Superficiales

Zona Terrestre

Para caracterizar la calidad de las aguas en la sección del alineamiento del Proyecto del Puente, se tomaron muestras de calidad de agua en cuatro (4) sitios ubicados a lo largo de las corrientes de agua que atraviesan la futura vía (los puntos de muestreo se incluyen en la **Figura 6-2**). En la Tabla 6-11 se presentan los datos de calidad de las aguas tomados en julio de 2010, durante la temporada lluviosa. El informe del laboratorio del análisis de calidad de aguas de presenta en el **Anexo 6**.

Para evaluar el estado actual de la calidad de las aguas superficiales, se utilizó la Norma de Calidad de Aguas Naturales de Panamá y los estándares internacionales de la Agencia de Protección Ambiental de los US EPA. Estas normas se concentran en monitorear la Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO”, Coliformes Totales, Oxígeno Disuelto “OD”, Sólidos Suspendidos “Sol. Susp.” y contenido de Aceites y Grasas. En la Tabla 6-11 aparecen con asterisco los valores que están fuera de los límites máximos establecidos.

El análisis de Calidad de las Aguas demuestra que las mismas mantienen niveles aceptables de calidad en cuanto a Demanda Bioquímica de Oxígeno “DBO”, igualmente no evidencian

contaminación por hidrocarburos o aceites y grasas. En cuanto a coliformes, los niveles se encuentran por encima de la norma evidenciando impacto por aguas residuales.

Tabla 6-11

Análisis de Calidad de las Aguas en el Alineamiento del Puente sobre el Canal en el Atlántico (Julio 2010)

Muestra	Sitio	DBO	Temp	Colif. Fecales	Sol. Susp.	Sol.Tot.	Fósforo	Nitratos	Hidrocarburos	AceitesyGrasas
			(oC)	(CFU/100mL)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1	Diverging Channel	<2.0	23.60	4,000	6.00	412.00	<0.1	1.10	<0.001	<0.1
2	Quebrada Oeste	<2.0	23.60	3,500	4.00	296.00	<0.1	0.20	<0.001	<0.1
3	Ciénaga	<2.0	23.60	2,000	19.00	728.00	<0.1	1.90	<0.001	<0.1
4	Río Aguas Claras	<2.0	23.60	4,100	19.00	364.00	<0.1	5.80	<0.001	<0.1
Estd. Calidad Ambiental		<4.0	n.e.	<2,000						<0.5

Fuente: Realizado por URS . Laboratorio CIQSA.

Zona Marina

Debido a que la zona marina, correspondiente al área de influencia del proyecto, se encuentra dentro de áreas de operación del Canal y que al momento de realizar las giras de campo en el sitio (julio 2010) ya se han dado inicio a los trabajos de construcción del Tercer Juegos de Esclusas, la ACP no permitió acercarse a las orillas del canal de navegación para tomar las muestras de agua para su respectivo análisis de calidad. Por tal razón, para cumplir con lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 123, se presentará en este documento los datos publicados por The Louis Berger Group, Inc. (2004) en el estudio “Evaluación Ambiental de Opciones para la Construcción de Nuevas Esclusas y para la Profundización de las Entradas del Atlántico y el Pacífico del Canal de Panamá”, trabajo que fue realizado para la ACP, dentro del marco del Proyecto de la Ampliación del Canal de Panamá.

Los detalles de la metodología empleada para determinar la calidad del agua en el área de interés, pueden ser consultados en el estudio anteriormente citado (The Louis Berger Group, Inc. 2004). Para los efectos del presente EsIA, se tomarán los resultados de calidad de agua obtenidos de la estación denominada Esclusa Gatún Norte, localizada en la entrada del Canal de Panamá, en la Bahía Limón (Boya #13) (**Figura 6-2**).

De acuerdo a The Louis Berger Group, Inc. (2004), en términos generales los resultados de calidad del agua son completamente normales para la época del año en que se han realizado las colectas de las muestras (diciembre 2003 y abril 2004) y para el uso del agua establecido (canal de navegación y fuente de agua para la potabilización). A continuación se presentan los resultados de calidad de agua que caracterizan la zona marina del área de influencia del proyecto.

- **Parámetros Físicos**

La temperatura del agua en la salida Norte de la Esclusa de Gatún se presentó relativamente cálida, con un promedio aproximado de 28°C, tanto en superficie como en el fondo (12 m) (Tabla 6-12). En general, las aguas costeras del Caribe de Panamá muestran muy poca variación anual y se conoce que, durante la temporada seca, la mezcla turbulenta de la columna de agua

por causa de los fuertes vientos Alisios del Noreste, producen una disminución de hasta 2°C de la temperatura superficial (D’Croz & Robertson 1997).

Se registró una elevada conductividad en el sitio de colecta en la Esclusa de Gatún Norte (34.35 µS en superficie y 46.40 µS en fondo), lo que sugiere una fuerte influencia del agua marina (Tabla 6-12). Cabe mencionar que, el patrón en la distribución de la salinidad del agua se refleja en la conductividad, toda vez que ambas variables están directamente relacionadas. En el área de estudio (estación Esclusa de Gatún Norte), se observó una fuerte influencia del agua marina en el agua superficial (22.3 permille) y particularmente en el fondo (31.4 permille), salinidad que resulta muy parecida a la costera.

Tabla 6- 12
Análisis de los Parámetros Físicoquímicos de la Calidad de Agua en la
Zona Marina del Área de Influencia del Proyecto (Estación Esclusa Gatún Norte)

Nivel	Temp.	Cond.	Secchi	Salinidad	Turbidez	Sólidos susp	Oxígeno	Clor. a	Amonia	Nitrato	N total	P total	BOD ₅	Coli total	Coli Fecal
m	°C	µS	m	ppt	NTU	mg/L	mg/L	mg/m ³	µg-At/L		mg/L	µg-At/L	mg/L	NMP/100ml	
0 a	28.2	34.09	1.25	22.3	20.0	51.0	5.34	0.96	0.8	1.7	47.9	0.7	1.3	20	3
b	28.3	34.41	1.25	22.3	24.0	59.0	5.32	0.96	1.0	1.6	49.8	0.7	1.2	25	7
c	28.5	34.56	1.25	22.3	20.4	48.0	5.34	0.96	0.8	1.4	52.1	0.7	1.3	18	5
12 a	28.1	46.46	N/A	31.4	45.0	61.0	4.48	0.91	0.1	1.1	49.4	0.2	--	--	--
b	28.2	46.23	N/A	31.4	51.0	69.0	4.48	0.92	0.2	1.5	48.7	0.2	--	--	--
c	28.0	46.5	N/A	31.4	49.0	63.0	4.48	0.92	0.1	1.4	45.3	0.3	--	--	--

Fuente: Estudio Regional de Biología Marina (The Louis Berger Group, Inc. 2004).

Con relación a la claridad del agua, esta varía notablemente a lo largo del Canal de Panamá. En el sitio de colecta de la la Esclusa de Gatún Norte (área de influencia del Proyecto), se pudo observar una muy baja claridad del agua (medida con el disco Secchi), misma que alcanzó tan sólo 1.25 metros, lo cual se puede deber a la turbulencia creada durante el llenado y vaciado de las esclusas de Gatún. Igualmente, en el sitio de la Esclusa de Gatún Norte se observaron promedios elevados en las concentraciones de sólidos en suspensión (58.5 ug/L), lo cual coincide con la profundidad del disco Secchi (claridad del agua) y se atribuye a la turbulencia causada por el llenado y vaciado de las esclusas. Un patrón muy parecido a los señalados anteriormente se observó en la turbidez del agua. Altos valores de turbidez se presentaron en sitios afectados por el intercambio de agua de las esclusas de Gatún (34.9 NTU).

- **Parámetros Químicos**

Los resultados indican que el agua se encuentra muy bien oxigenada. En ningún caso la concentración del oxígeno disuelto se encuentra cercana a niveles críticos (< 5 mg/L), que pudieran representar limitación a la vida acuática. Los valores mínimos encontrados están cerca de los 4.5 mg/L a 12 m de profundidad en el sitio de colecta Esclusa de Gatún Norte. Los máximos valores se registraron en la superficie y superan los 5 mg/L.

El patrón general en la distribución del amonio fue de concentraciones bajas en los sitios marinos-costeros del Canal, que incluyen al área de estudio (estación Esclusa Gatún Norte), donde se registró un promedio de 0.5 $\mu\text{g-At/L}$. En cuanto a los nitratos, la situación es muy similar, detectándose concentraciones bajas en la Esclusa Gatún Norte, las cuales fueron de 1.56 $\mu\text{g-At/L}$ en la superficie y 1.33 $\mu\text{g-At/L}$ en el fondo. En lo que respecta al nitrógeno total, se observa un patrón en el que las concentraciones a nivel de la superficie y del fondo, son muy parecidas presentando un promedio de 48.8 mg/L. En general, se observó muy baja concentración de fósforo en el lado Atlántico del Canal (promedio 0.16 $\mu\text{g-At/L}$), sin embargo en el área de estudio (Esclusa Gatún Norte, salida al Caribe), se presentó un incremento en el fósforo en la superficie (promedio 0.7 $\mu\text{g-At/L}$), posiblemente por efecto del derrame de agua dulce de la esclusa, aunque el agua del fondo mantiene 0.2 $\mu\text{g-At/L}$, por ser parte de la cuña de agua marina que entra a este lugar, como lo confirma la medición de la salinidad (> 30 permille).

- **Parámetros Microbiológicos**

Los valores de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y bacterias coliformes (totales y fecales), se utilizan ampliamente como indicadores de la calidad microbiológica de las aguas. A manera de referencia, en la siguiente Tabla 6-13 se presentan algunos criterios de la calidad microbiológica del agua aplicados en algunos países:

Tabla 6-13
Criterios de Calidad Microbiológica

Criterio	Agua Cruda para Potabilizar	Aguas Recreacionales
DBO	< 4 mg/L	< 25 mg/L
Coliformes totales	10,000/100 mL	1,000/100mL
Coliformes fecales	2,000/100 mL	200/100 mL

Fuente: PNUMA Inf. Téc. PEC No. 40 (1998); Directivas 79/869/CEE y 75/440/CEE para aguas tipo A-2 (Unión Europea); Bacterial water quality standards for recreational waters. EPA-823-R-03-008 (2003).

En general, los resultados de las mediciones a lo largo del Canal, sugieren que la calidad microbiológica de las aguas es buena. Los niveles de DBO oscilaron entre 1.2 – 1.3 mg/L en el sitio de la Esclusa de Gatún Norte, este valor no excede los criterios de calidad microbiológica del agua.

En cuanto a las bacterias coliformes, los resultados indican valores microbianos muy bajos en las aguas del Canal. En el sitio de la Esclusa de Gatún Norte, salida hacia el Mar Caribe, el promedio de coliformes totales fue de apenas 21 NMP/100 mL y el de coliformes fecales 5 NMP/100 mL. Estos valores para la calidad microbiológica del agua en el Canal parecen razonables, toda vez que no existen importantes efluentes de aguas servidas cercanos a los sitios que se muestrearon.

Calidad de los Sedimentos

Generalmente el fondo de la Bahía Limón es muy fangoso y de carácter orgánico, con más del 80% de limo y arcilla y aproximadamente 10% de materia orgánica (PB Consult 2006). Dichos estudios reflejaron que para el sector Atlántico, en términos generales, los sedimentos están compuestos en gran parte por limo (44.1%) y arena (30.2%), y en menor proporción por arcilla (24.1%) y grava (1.6%).

Los resultados anteriores son interesantes si se comparan con otros estudios realizados en áreas de la Entrada Atlántico del Canal (canal de navegación), como el llevado a cabo durante el inventario biológico del Canal (Kwiecinski, Garcés y D’Croz 1994), donde se presenta en términos generales que la fracción limón arcilla representó alrededor de un 70% del total de

sedimentos colectados en el área de estudio del Caribe. Sin embargo, también se pudo observar una granulometría que no siempre se encuentra dominada por la materia limo arcilla. Específicamente en la estación localizada en el cauce de navegación (MB-09), los resultados muestran que en algunas ocasiones ciertamente existe una dominancia de la fracción limo arcilla, pero este patrón no se mantuvo constante durante todos los períodos de muestreos, dominando en algunas ocasiones los fragmentos de arena fina y de arena muy fina.

Como parte del estudio realizado por PB Consult (2006) para la ACP, se tomaron un total de 13 muestras de sedimentos para el sector Atlántico, no obstante para efectos de este estudio únicamente se presentarán los resultados obtenidos de las muestras tomadas en los sitios más próximos a la zona acuática, correspondiente al área de influencia del proyecto. La ubicación de los puntos muestreados se aprecia en la **Figura 6-2**, mientras que los parámetros analizados y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 6-14.

Tabla 6-14
Resultados de los Análisis de los Sedimentos del Fondo en la Zona del Atlántico
Cercana al Canal de Panamá

Sitio	Arcilla	Carbono Orgánico	Cobre	Plomo	Zinc	Cadmio	Mercurio	Niquel	Cromo	Vanadio	PAH	TBT
	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		μ/kg
A6-1	84.1	4.9	38.4	11.2	67.4	<0.25	<0.1	38.4	26.6	53.1	–	–
A6-2	90.7	5.0	38.8	11.6	72.9	<0.25	<0.1	38.8	30.6	57.5	–	<61

Fuente: PB Consult 2006.

En cuanto a la calidad de los sedimentos se refiere, los estudios realizados por PB Consult reflejan para el área de estudio, un contenido promedio de carbón orgánico que llega hasta aproximadamente 5%, pudiendo ser esto causado por la influencia de una fuente puntual, considerando que los mismos se encuentran bastante próximos a tierra firme. Los trabajos realizados durante el inventario biológico del Canal (1994), indican la presencia de oxígeno disuelto en cantidad suficiente como para oxidar la materia orgánica y mantener su concentración baja (2 – 4%).

En lo concerniente a metales traza, se ha identificado la presencia de éstos, estando la mayoría de las concentraciones de dichos metales por debajo del nivel de seguridad. De acuerdo a Kwiecinski *et al.* (1994), los valores de concentración de los metales pesados se encontraron, para el área del canal de navegación, dentro los límites normales establecidos para sedimentos marinos. Por lo tanto, estos resultados indican que no existe ningún sintoma de contaminación aguda.

Por otro lado, en las muestras tomadas en el sitio A6.1 (PB Consult, 2006) no se evidenció la presencia de plaguicidas. Sin embargo, en el sitio A6.2 fueron detectados plaguicidas, aunque en general en niveles muy bajos. El análisis de plaguicidas no detectó en ninguna muestra la presencia de compuestos órgano fosforados ni órgano nitrogenados. Según las referencias consultadas en el estudio de PB Consult, para los plaguicidas que cuentan con niveles de seguridad, en esta zona no se presentó ninguno que excediese dichos límites.

Los resultados de concentraciones en sedimentos de Bifenilos Policlorados (PCBs), muestran concentraciones muy por debajo de los niveles de seguridad, al ser comparados con otros sedimentos costeros de América Central, así como al relacionarlos con niveles seguros establecidos (50,000 ng/kg por congénere). Además, se presenta una relación entre las concentraciones de PCBs respecto al tamaño de las partículas de sedimentos que denota su origen en una fuente difusa de largo tiempo.

En lo concerniente a los Hidrocarburos Poliaromáticos (PAHs), la composición de estos es muy similar a través de todos los puntos muestreados, presentando condiciones propias de hidrocarburos parcialmente quemados y contaminación por petróleo. Las mayores concentraciones del sector Atlántico se observaron en el fondeadero de Cristóbal y el muelle de Colón, no habiéndose registrado en el área del cauce de navegación. Los resultados determinados se encontraban por debajo de los niveles seguros para aquellos parámetros donde existe alguna referencia. Contrario a lo anterior, los estudios realizados en 1994 para el inventario biológico del Canal, detectaron la presencia de hidrocarburos precisamente en el canal de navegación (estación MB-09), con valores que oscilaron entre 21.84 y 53.52 µg/g de peso seco. A pesar de lo obtenido, la acumulación de hidrocarburos es mínima y no sugiere una

importante fuente de contaminación, lo que en cierta medida concuerda con lo determinado, más de 10 años después, por PB Consult (2006).

El Tributyl Estaño (TBT), compuesto utilizado como antiincrustante en las embarcaciones, y de un conocido efecto negativo sobre los moluscos en concentraciones de 1 ug/kg (O'Connor 1996), fue detectado² en las muestras tomadas cerca de los fondeaderos o muelles. Cabe mencionar que en el sitio A6.1 no se determinó la presencia de TBT, no así en el A6.2 donde el TBT alcanzó valores de <61 µg/kg. Es común que en los puertos las concentraciones de este compuesto excedan los 5,000 µg / Kg³. Del mismo modo, es muy probable que las actividades realizadas fuera del fondeadero como fondeo, remolque, reparación o pintura de barcos, produzcan cascarillas de pintura con contenido de TBT como resultado de la abrasión física o de derrames de pinturas.

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

De las Estaciones Hidrométricas que mantiene la Autoridad del Canal de Panamá en la Cuenca, la más cercana al área de influencia del Puente sobre el Canal en el Atlántico es el Río Gatún. En la **Tabla 6-15** se presentan los datos del Río Gatún en la Estación Hidrométrica de la Autoridad del Canal de Panamá en Ciento, situada a 38 msnm y con Latitud 9° 17'52" Norte y Longitud: 79° 43'41" Oeste. El área del Río Agua Clara, al sur del área del Proyecto, pertenece a la Subcuenca del Río Gatún aunque drena directamente al cauce del Canal de Panamá.

Tabla 6-15
Descarga del Río Gatún en Ciento (m³/s)
Años 1999-2009

Mes	Enero	Febr	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Q Media	5.85	1.97	1.40	1.81	3.05	6.00	6.29	7.90	7.94	10.28	11.88	16.28	6.72
Q Máx.	100.0	7.07	12.0	90.5	139.0	114.0	197.0	113	200.0	284.0	253.0	222.0	284.0
Q Min.	0.98	0.61	0.43	0.29	0.61	0.83	0.74	2.10	3.48	2.95	2.84	3.18	0.29

Fuente: Estacion Hidrometrica ACP

² El límite de detección del método empleado fue de 20 ug/kg.

³ PB Consult, 2006.

La Descarga Media Anual es de $6.72 \text{ m}^3/\text{s}$ siendo los meses de octubre, noviembre y diciembre los de mayor descarga con medias por encima de los $10.0 \text{ m}^3/\text{s}$. Los análisis de Descarga Máxima Instantánea demuestran descargas de más de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ en los meses de septiembre a diciembre, correspondiendo con los aportes de escorrentía directa hasta diciembre y aportes de escorrentía subsuperficial en el mes de diciembre. La Descarga Mínima Instantánea ocurre en la estación seca, antes del inicio de las precipitaciones, en el mes de abril con $0.29 \text{ m}^3/\text{s}$.

El canal conocido como “Diverging Channel” tiene poca pendiente por lo que su velocidad de flujo es baja. Las profundidades oscilan entre 0.8 a 1 m y aguas cristalinas en algunos tramos. Mediciones puntuales realizadas por los consultores en la estación lluviosa resultan en descargas de entre 1.0 y $1.8 \text{ m}^3/\text{seg}$.

6.6.1.b Corrientes, Mareas y Oleaje

Cabe señalar que, la zona acuática del proyecto, la cual está constituida por el cauce de navegación en la Entrada Atlántico del Canal, no se encuentra directamente influenciada por la acción de las corrientes, mareas y oleajes del Caribe. Debido a que este cauce fue abierto como parte de la construcción del Canal para la instalación de las Esclusas de Gatún con el fin de permitir el paso de los buques, el área no presenta un comportamiento hidrodinámico típico de la zona caribeña. Aunado a esto, la Bahía está protegida de la acción de las olas por un rompeolas, el cual prácticamente cierra la conectividad al mar con la excepción del Canal de entrada y un canal al Este que conecta con los puertos de Manzanillo y Evergreen.

Debido a estas condiciones hidrodinámicas especiales presentes en el área acuática del Proyecto, se presenta en este EsIA el resultado de las simulaciones y modelajes de corrientes, mareas y oleajes obtenidos durante la Evaluación Ambiental de Opciones para la Construcción de Nuevas Esclusas y para la Profundización de las Entradas del Atlántico y el Pacífico del Canal de Panamá, llevado a cabo en el año 2004 por la empresa The Louis Berger Group, Inc. para la Autoridad del Canal de Panamá (ACP).

- **Corrientes**

El estudio realizado por The Louis Berger Group, Inc. (2004) presentó una modelación bidimensional de las corrientes (circulación del agua) en la Bahía Limón, ubicada en el extremo Norte del Canal de Panamá. Dicha modelación tuvo por objeto identificar los patrones principales de circulación tanto a nivel superficial como profundo, a los efectos de avanzar en la comprensión del comportamiento de un sistema tan complejo como el que presenta esta bahía, donde confluyen los efectos de la marea astronómica, meteorológica y la salida de los caudales de esclusaje del canal.

La Bahía Limón forma la entrada Norte del Canal de Panamá en la provincia Atlántica de Colón y se localiza entre las coordenadas 9°19' N, 79°57' W y 9°23' N, 79° 54' W. Se encuentra protegida dentro de los rompeolas ubicados aproximadamente a 11 km de las Esclusas de Gatún, cubriendo una superficie de unos 20 kilómetros cuadrados. Su profundidad es de unos 2 m en las orillas y de 13 a 14 m en la sección del canal de navegación (cruce de barco).

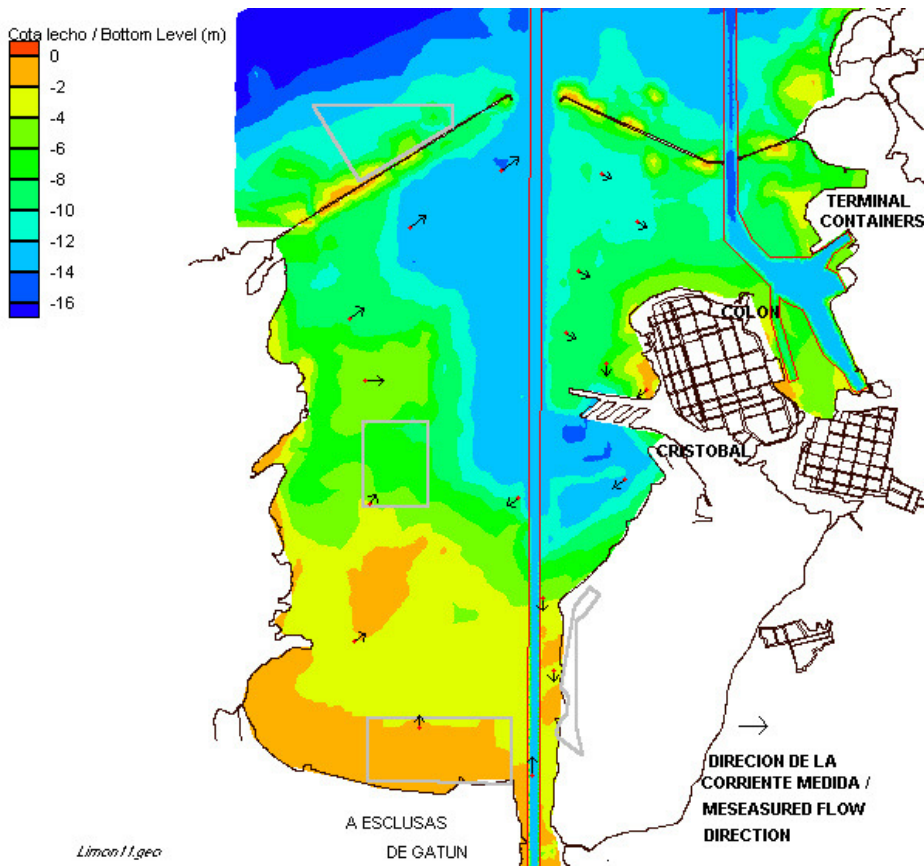
Los vientos dominantes son del cuadrante Norte (del NNW al NNE) y existe una corriente litoral fuera de los rompeolas que sería significativa de acuerdo a diversa información consultada. Cualitativamente, a partir de las mediciones realizadas en condiciones de viento extremas (22 mph, desde el N y NNE), se observa que la Bahía de Limón posee al menos un patrón de circulación superficial en sentido horario. Se produce un ingreso del flujo de agua marina salada de la corriente litoral por la entrada del rompeolas hacia dentro de la bahía en dirección Sureste y posteriormente hacia el Sur, provocando que las aguas se desplacen desde la costa Este, hasta el canal de navegación donde toma direcciones hacia el Sur y Suroeste. Se producen colisiones entre las masas de agua dulce provenientes de los desalojos de las esclusas de Gatún en cada cruce de barcos, las cuales se dirigen hacia el Norte. Al salir de la zona confinada y entrar en la bahía, se produce una interacción con la corriente de agua salada resultando en un desvío del agua dulce hacia el Oeste, haciendo un semicírculo, a partir del cual se dirige en dirección Noreste hacia la salida central del rompeolas.

La corriente litoral con dirección Oeste-Este que fluye en forma permanente afuera de la boca de la bahía como parte del Giro Colombia-Panamá fue simulada generando una sobrelevación del nivel de agua en los bordes Oeste y Este del modelo. La magnitud de dicha corriente se ha graduado de acuerdo a la sobrelevación simulada. Las mediciones de velocidad efectuadas en el 2004 dentro de la Bahía Limón indican la existencia de una fuerte corriente superficial, que estaría generada por la descarga de agua dulce de las esclusas de Gatún la que circularía a lo largo del borde Oeste de la Bahía Limón como un “jet” de pequeño espesor y escasa distribución horizontal. En la **Figura 6-8** a continuación se puede observar la dirección de la corriente superficial medida el 2 de Marzo de 2004, sobre el Modelo Digital del Terreno.

Los resultados de las circulaciones superficiales modeladas para condiciones de viento fuerte proveniente del NNE y NNO (10 m/s = 22 mph), de magnitud similar a la que predominó durante las mediciones de corriente realizadas, determinan una corriente litoral de aproximadamente 30-40 cm/s (típica de la estación seca). Las simulaciones realizadas muestran la derivación hacia el Norte, a lo largo del borde Suroeste de la bahía, de una fracción del flujo erogado por las esclusas, que por ser superficial no “siente” la presencia encauzadora del canal dragado. La misma información se obtuvo para condiciones de viento menor: 6 m/s = 14 mph del N y 3 m/s = 7 mph del NNO, acompañados de una disminución de la magnitud de la corriente litoral simulada.

Los resultados de la simulación realizada para la corriente media integrada en la vertical muestran que en el sector Este de la bahía, donde se podría esperar un predominio del agua marina en la columna de agua, la dirección de la corriente media es similar a la medida en superficie. Durante el periodo que baja la marea, la dirección se dirige hacia el Sur de la corriente, en el sector comprendido entre el canal principal de navegación (con flujo hacia el Norte) y el margen de la Isla Telfers, así como una estrecha franja de agua fluyendo hacia el Norte a lo largo del borde Oeste de la bahía.

Figura 6-8
Dirección de la Corriente Superficial Medida y Sitios de Disposición Norte
(Exterior), Central, Sur y Este, sobre el Modelo Digital del Terreno



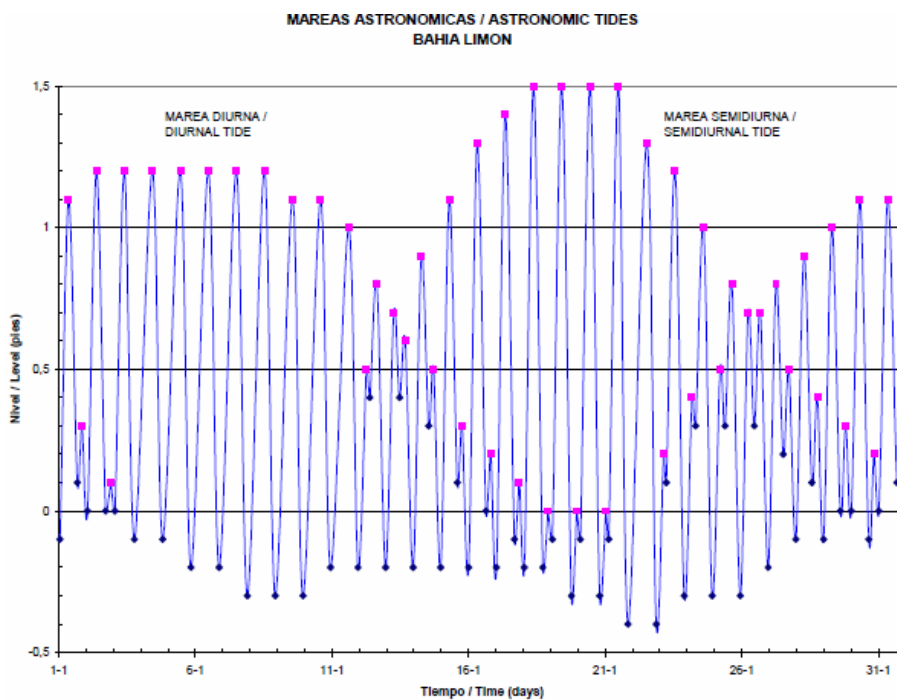
Fuente: Tomado de The Louis Berger Group, Inc. 2004.

Cabe mencionar que, en el instante correspondiente a la Pleamar, ocurre la entrada de agua marina fluyendo hacia el Sureste a lo largo del rompeolas central. También, durante marea bajando, puede apreciarse la recirculación del flujo hacia el Sur-Oeste, así como la corriente hacia el Sur situada entre el flujo Norte a lo largo del canal de navegación y el Sur-Este.

- **Mareas**

Las mareas en Bahía Limón son muy débiles, de 30 cm de amplitud típica, por lo que fuerzan corrientes también débiles en el interior de la misma. Debido a su pequeña amplitud y a la presencia habitual de vientos intensos, la marea astronómica es afectada significativamente por efectos meteorológicos. Las mareas astronómicas son en general semidiurnas pero presentan desigualdades diurnas muy acentuadas, llegando en ocasiones a convertirse en diurnas. En la Gráfica 6-5, se presenta un esquema típico de la marea que ilustra sobre sus características, para enero de 2004.

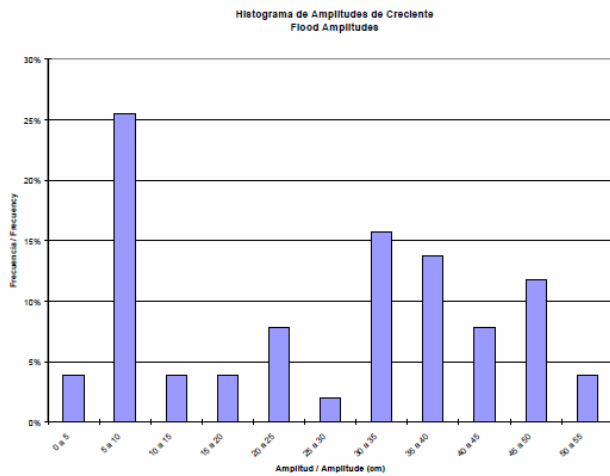
Gráfica 6-5
Mareas Astronómicas Típicas en Bahía Limón



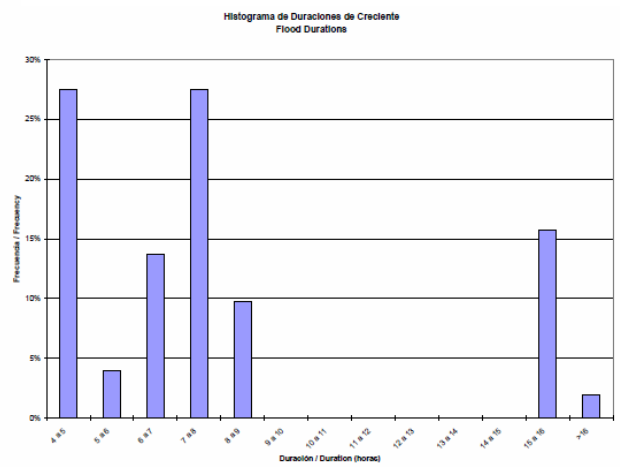
Fuente: Tomado de The Louis Berger Group, Inc. 2004.

Las condiciones estadísticas típicas de amplitud y duración de las crecientes y bajantes se muestran en las siguientes Gráficas 6-6 a 6-9.

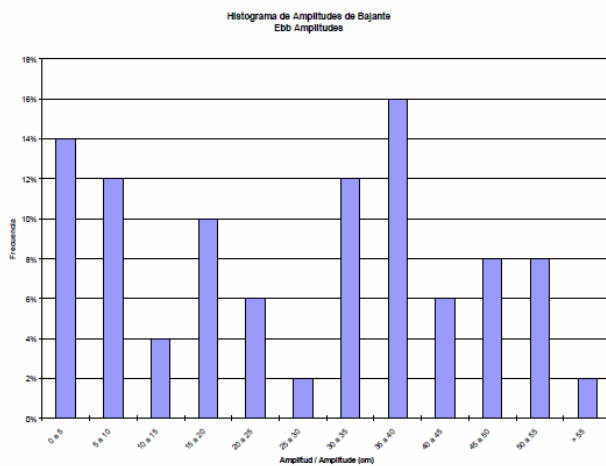
Gráfica 6- Histograma de Amplitud de Marea Creciente



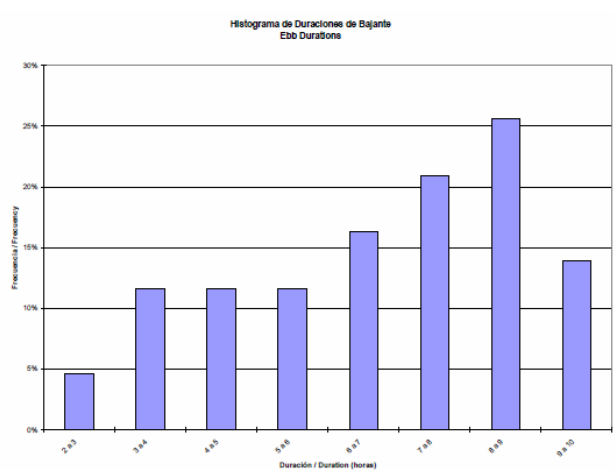
Gráfica 6-7 Histograma de Duración de Marea Creciente



Gráfica 6-8 Histograma de Amplitud de Marea Bajante



Gráfica 6-9 Histograma de Duración de Marea Bajante



- Oleaje

La generación de olas en el litoral marítimo septentrional, está directamente relacionada con los vientos del sector. La ACP no cuenta con registro de olas de manera que la predicción de alturas

de ola se efectuó con un método indirecto basado en la teoría de Breschneider. La misma se basa en hipótesis simplificadoras que consideran la velocidad del viento como uniforme y estacionaria pudiéndose distinguir dos casos: (I) La generación de olas está limitada por el Fetch (distancia de generación) no importando la duración del viento; (II) el Fetch es lo suficientemente grande de forma tal que la generación está limitada por la duración del viento.

Para la dirección de los vientos dominantes (N-NNE), se ha determinado un Fetch de 1,600 km. Para la generación de olas con semejante distancia, la duración mínima del viento debería ser de 24 horas (Condición I). En lo que respecta a la duración del viento, la información recibida no permite caracterizar este valor; no obstante se investigaron los rangos extremos de posibilidades a partir de la información recibida. En efecto, con el máximo de las velocidades promedio diarias en cada estación se investigó la generación en la Condición (I) y con la máxima velocidad horaria se investigó la Condición (II). La Tabla 6-16 presenta los resultados de altura significativa⁴ de olas generadas a partir del ábaco de Breschneider.

Tabla 6-16
Generación de Olas

Estación	Condición (I)		Condición (II)	
	Velocidad (km/h)	Altura significativa (m)	Velocidad (km/h)	Altura significativa (m)
Gatún	29.4	1.7	85.8	2.5
Coco Solo	41.4	2.9	98.6	3.0

Fuente: The Louis Berger Group, Inc. 2004.

Los resultados obtenidos, elaborados a partir de situaciones medias máximas, permiten inferir que las olas pueden constituir una limitante seria para la ejecución de actividades en el litoral marítimo, durante un cierto período. La determinación precisa de dicho período, o lo que es lo mismo, la permanencia de condiciones de oleaje moderado, escapaban a los alcances del estudio presentado por The Louis Berger Group, Inc. en el año 2004.

⁴ La altura significativa se define como el promedio de las alturas del tercio de las olas más altas. La altura máxima de ola, frecuentemente utilizada como parámetro de diseño, es aproximadamente el doble de la altura significativa.

De acuerdo con los resultados de la simulación para las diferentes condiciones típicas de la Bahía Limón, The Louis Berger Group, Inc. (2004) concluyó que, se podía apreciar la existencia de varios patrones de circulación en la bahía, los cuales se inician con el giro que se produce inmediatamente al Sur de la boca entre los rompeolas, induciéndose uno o dos giros interiores en sentidos contrapuestos, según sean las condiciones de marea. Si bien se aprecian diferencias para las diferentes condiciones de viento, las mismas no son sustanciales a nivel del flujo general en cada región de la bahía.

En la zona central de la Bahía, el patrón de velocidades es sumamente variable debido a que se encuentra en la zona de interfase de diversos giros de circulación, por lo que el flujo puede ir alternativamente en diferentes direcciones respecto del canal de navegación, alejándose o acercándose a éste.

6.6.2 Aguas Subterráneas

En el área de influencia del proyecto no existen datos de prospección de aguas subterráneas que permitan cuantificar su magnitud. Observaciones en campo permiten establecer que el nivel de las aguas subterráneas o nivel freático mantiene una fluctuación estacional aunque en las áreas más bajas del sector Este del alineamiento del Puente se mantiene muy cerca de la superficie sobre todo en el sector de Mindi.

En base a los hidrogramas de descarga del Río Gatún en Ciento en la temporada seca, se puede estimar que los 0.28 m³/s de descarga son principalmente de aportes subterráneos de toda la cuenca del río Gatún. Según los datos de la ACP sobre el rendimiento en litros por segundo por kilómetro cuadrado, la descarga de agua subterránea en el mes más seco, equivale a una descarga media de 0.35 m³/minuto en el área de impacto.

6.6.2.a Identificación del Acuífero

Utilizando la descripción del Mapa Hidrogeológico de Panamá en el área del Proyecto del Puente sobre el Canal en el Atlántico, la Formación Río Hato (QR-Ala) es una formación que en su

conjunto, es considerada como de potencial existencia de acuíferos de extensión variable, libres o confinados, constituidos por sedimentos clásticos, consolidados y poco consolidados y depósitos costeros. La Formación Río Hato se ha ubicado dentro de los acuíferos moderadamente productivos con descarga estimada de 3 a 10 m³/h. En el área del Proyecto por ser un área de uso exclusivo de la ACP, los mimos no tendrían ninguna utilidad práctica.

6.7 Calidad del Aire

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP) como parte de su mandato legal, se ha comprometido a controlar sus emisiones de contaminantes a la atmósfera, estableciendo un programa que contiene normas que regulan dichas emisiones generadas por sus operaciones, así como lineamientos para el desarrollo de estrategias para reducir la contaminación atmosférica a favor del uso de tecnología más limpia. En el 2001, la ACP inició la ejecución de programas ambientales con el objetivo de cumplir con sus reglamentos internos y las normas nacionales e internacionales. Uno de estos programas es el Programa de Control de Emisiones a la Atmósfera (PCEA), de carácter obligatorio para proyectos, obras o actividades que realice la ACP o terceros en áreas de su propiedad.

La descripción de la calidad del aire para el área de influencia directa del proyecto Construcción de un Puente sobre el Canal en el Sector Atlántico, está basada en los resultados obtenidos por el Instituto Especializado de Análisis (IEA) de la Universidad de Panamá que en conjunto con la ACP (2010) efectuaron monitoreos de la calidad del aire en áreas de propiedad de la ACP y además caracterizaron las emisiones provenientes de las operaciones del Canal durante un período de tres años (2007 – 2009). Para efecto de este EsIA, se tomaron los resultados generados en la estación denominada Esclusas de Gatún. Dicha estación está localizada en el lado Este de las Esclusas de Gatún, muy cercana al AID del proyecto, en las coordenadas UTM Zona 17P, 618515.9 Este y 1025665.92 Norte (**Figura 6-2**). La misma, consiste en una caseta para la colocación de monitores digitales de los contaminantes de aire y unidades monitoras para partículas.

Metodología

El procedimiento general del monitoreo involucra el uso de equipo automático y manual de medición de contaminantes. Cabe mencionar que, la metodología empleada está aprobada para su uso por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), la Norma de Calidad de Aire Ambiente de la ACP, por la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA por sus siglas en inglés) y homologada con la Agencia Europea del Ambiente (AEMA).

Tabla 6-17
Contaminantes y Métodos

Sitio	Contaminante a Medir	Método	Medición		
			Digital Continuo	Activo	Pasivo
Escusas de Gatún	PM ₁₀	Gravimétrico	-	●	
	NO ₂	Griess Saltzmann Modificado	-		●

Fuente: Instituto Especializado de Análisis-UP y ACP (2010).

Medición Pasiva: se deriva de la Ley de Fick, en donde se cuantifica mediante una ecuación, el proceso de difusión molecular o de energía, en un medio en que inicialmente carece de equilibrio químico o térmico. Durante este proceso, ocurre un gradiente de mayor a menor concentración molecular o térmica, produciendo un flujo hasta alcanzar el equilibrio.

Medición Activa: consiste en la utilización de un motor que succiona aire que pasa a través de un filtro (politetrafluoroetileno, fibra de vidrio o microfibra de cuarzo), o atrapado en bolsas o medio absorbente según el analito específico. El flujo de aire se mantiene constante y es regulado por un orificio crítico.

Las mediciones de los contaminantes se realizaron de acuerdo a lo presentado en la Tabla 6-18.

Tabla 6-18
Frecuencia de Muestreo de Contaminantes del Aire en la
Estación Esclusas de Gatún

Contaminantes	Frecuencia de Muestreo
NO ₂	36 semanas (24 horas 7 días a la semana), tiempo real
SO ₂	–
PM ₁₀	36 semanas (24 horas 1 día a la semana)

Fuente: Instituto Especializado de Análisis-UP y ACP (2010).

Resultados

El análisis de los resultados de material particulado respirable (PM₁₀) y NO₂ se basa en la concentración anual del promedio aritmético de cada uno de los últimos tres años consecutivos.

Para PM₁₀, el rango de concentraciones se encontró entre 7.7 y 30.6 µ/m³ durante el 2007; 8.3 y 30.2 µ/m³ durante el 2008 y 6.7 y 26.8 µ/m³ en el año 2009 (Tabla 6-19, Gráfica 6-10). El promedio anual para el 2007 fue de 17.1 µ/m³, para el 2008 de 18.8 µ/m³ y para el 2009 fue de 17.2 µ/m³, comparados con el promedio anual que es de 50 µ/m³ según la Norma de Calidad del Aire Ambiente de la ACP.

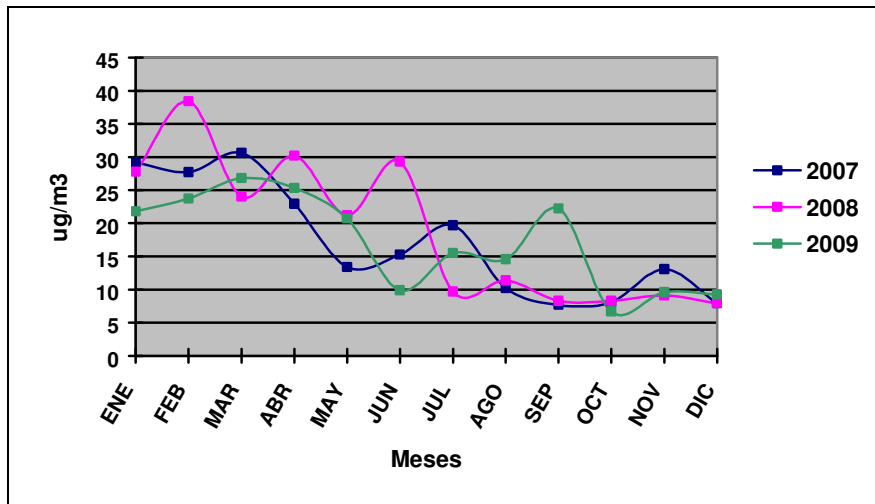
Tabla 6-19
Valores de las Mediciones de Contaminantes del Aire Realizadas en la
Estación Esclusas de Gatún, Período 2007 - 2009

Contaminantes	MESES - AÑO 2007												Valores Guía	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACP	USEPA
PM ₁₀	29.20	27.70	30.60	22.90	13.40	15.30	19.70	10.20	7.70	8.10	13.10	7.90	50/150	150
NO ₂	sd	7.10	6.40	9.30	10.40	11.60	19.40	10.30	21.80	20.60	10.80	9.10	100/150	100
SO ₂	sd	78.20	93.10	65.07	26.68	15.36	11.83	17.40	25.70	X	X	X	80/365	80/365
O ₃	sd	18.80	30.75	35.42	19.14	29.61	21.11	20.20	X	X	X	X	157/235	157/235
Contaminantes	MESES - AÑO 2008												Valores Guía	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACP	USEPA
PM ₁₀	27.80	38.40	24.00	30.20	21.20	29.30	9.70	11.40	8.30	8.30	9.10	7.90	50/150	150
NO ₂	11.80	5.70	11.30	12.60	10.20	12.20	11.60	8.90	11.30	10.00	18.6	11.00	100/150	100
Contaminantes	MESES - AÑO 2009												Valores Guía	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACP	USEPA
PM ₁₀	21.80	23.70	26.80	25.30	20.70	9.90	15.50	14.60	22.20	6.70	9.60	9.30	50/150	150
NO ₂	22.50	7.80	18.00	15.20	11.90	13.40	12.50	10.70	11.80	X	X	X	100/150	100

Fuente: Instituto Especializado de Análisis-UP y ACP (2010).

Nota: El Programa de Monitoreo de Calidad de Aire que desarrolla la División de Ambiente en áreas operativas de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) fue evaluado por la empresa CH2Hill, a solicitud de la Sección de Manejo y Seguimiento Ambiental (IARM) de la ACP. Como resultado de esta evaluación, IARM solicitó a EAC que eliminara del monitoreo de emisiones del AF2010, el monitoreo de dióxido de azufre en la Estación de las Esclusas de Gatún.

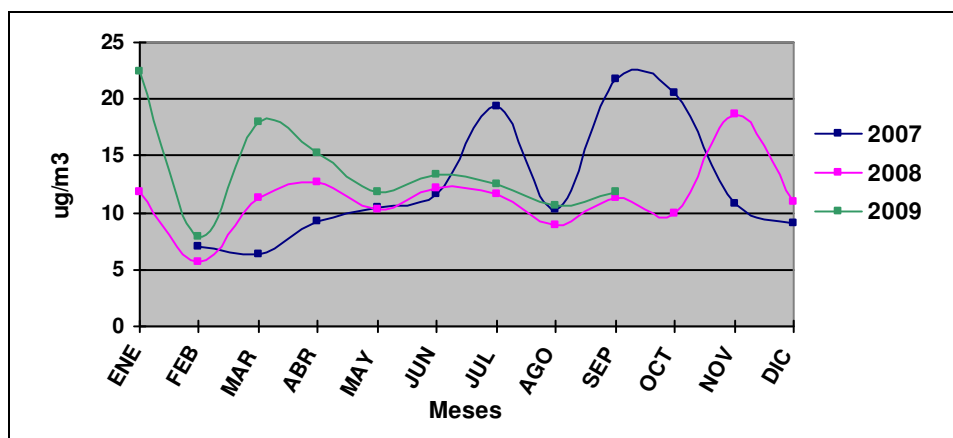
Grafica 6-10
Concentración de PM₁₀ Esclusas de Gatún
2007 – 2009



Fuente: Instituto Especializado de Análisis-UP y ACP (2010).

En cuanto al contaminante NO₂, el rango de concentraciones se encontró entre 6.4 y 20.6 µg/m³ durante el 2007; 5.7 y 18,6 µg/m³ durante el 2008 y 7.8 y 22.5 µg/m³ en el 2009 (Tabla 6-19, Gráfica 6-11). El promedio anual para el 2007 fue de 12.4 µg/m³; para el 2008 de 11.3 µg/m³ y para el 2009 fue de 13.8 µg/m³ como promedio para 9 meses de monitoreo, comparados con el promedio anual que es de 100 µ/m³ según la Norma de Calidad del Aire de la ACP.

Gráfica 6-11
Concentración de NO₂ Esclusas de Gatún
2007 – 2009



Fuente: Instituto Especializado de Análisis-UP y ACP (2010).

El rango de concentraciones para el SO₂, se encontró entre 25.7 y 93.1 µg/m³ durante el año 2007 como promedio mensual (Tabla 6-19). El promedio para el 2007 fue de 41.6 µg/m³, comparados con el promedio anual que es de 80 µg/m³ según la Norma de Calidad del Aire Ambiente de la ACP.

Finalmente, para el O₃, la concentración no fue mayor que 67 µg/m³ durante el 2007 (Tabla 6-19). El promedio anual para el 2007 fue de 25 µg/m³. El promedio para 8 horas es de 157 µg/m³ según la Norma de Calidad del Aire Ambiente de la ACP.

Conclusiones

Entre los contaminantes analizados en la estación Esclusas de Gatún, el que mayor influencia presentó sobre la calidad del aire fue el material particulado (PM₁₀). Sin embargo, todos los registros presentaron valores por debajo de la Norma de Calidad del Aire Ambiente de la ACP 2610-ESM-109, la cual tiene como promedio anual 100 µg/m³. El promedio aritmético durante tres años consecutivos de monitoreo en la estación Esclusas de Gatún para PM₁₀ fue de 17.7 µg/m³, por lo tanto no sobrepasa el valor de la norma.

Durante los tres años de monitoreos de la calidad del aire realizados en la estación Esclusas de Gatún y basado en la Norma de Calidad del Aire Ambiente de la ACP (2610-ESM-109), se puede evidenciar la buena calidad del aire existente en dicho sector, ya que ninguno de los contaminantes medidos sobrepasan los valores establecidos en la Norma de Calidad del Aire Ambiente de la ACP. Por lo tanto, debido a la cercanía de dicha estación al área de influencia del proyecto, se puede concluir que dentro de esta última, la calidad del aire ambiente también es de muy buena calidad.

6.7.1 Ruido

El presente trabajo incluyó en materia de ruido la realización de mediciones de ruido ambiental en cuatro (4) puntos situados en los potenciales receptores sensibles a lo largo del alineamiento del Puente para así conocer cuáles son las condiciones existentes sobre dicho recorrido y en los

receptores sensibles, entendiéndose como receptores sensibles aquellas actividades que podrían estar sujetas a efectos significativos debido al ruido, como es el caso de residencias, escuelas, iglesias y comercios, entre otros.

Las mediciones de ruido ambiental incluyeron períodos de medición tanto en horario diurno como en horario nocturno.

Metodología

Para las mediciones de ruido ambiental se utilizó el sonómetro calibrado Extech 407780, Integrating Sound Level Meter, con filtro para el viento. Antes y después de cada medición se verificó la calibración del equipo con la ayuda de un calibrador de campo. La certificación de calibración del sonómetro y el calibrador de campo se incluyen en el **Anexo 6** al final del documento.

El sonómetro fue colocado en cada una de las áreas de muestreo sobre un trípode a una altura aproximada de 5 pies para simular la altura promedio del oído humano, y en un ángulo de 45° en dirección a la fuente medida. Los niveles de ruido se midieron en períodos de una hora. Todos los puntos fueron medidos en horario diurno (6:00 a.m. – 9:59 p.m.) y nocturno (10:00 p.m. – 5:59 a.m.) registrando el L máximo (Lmax), L mínimo (Lmin) y L equivalente (Leq). Las mediciones se efectuaron en la Escala A. Adicionalmente, se registró información complementaria, como lo es las fuentes de ruido ambiental y las condiciones climáticas al momento de las mediciones.

La selección de la ubicación de los puntos de medición se realizó sobre la base de fotografías aéreas de la zona determinando así cuáles podrían ser los receptores más cercanos al área de construcción y operación del Puente. Tomando como base lo anterior, se establecieron cuatro (4) puntos de muestreo. En la **Figura 6-2** se muestra la ubicación de los sitios de medición de ruido ambiente y en el **Anexo 6** se incluyen fotos del proceso de medición de ruido. Cabe mencionar que los receptores seleccionados son áreas influenciadas por el paso del ferrocarril y los vehículos que circulan por la Avenida Bolívar.

Los sitios codificados y la descripción de la localización, se presentan a continuación:

- Punto 1 (P1) – Próximo a la Subestación de Policía de José Dominador Bazán (Antiguo Fuerte Davis);
- Punto 2 (P2) – Localizado en el poblado de Mindi;
- Punto 3 (P3) – Cercano a la Barriada Árabe (Ciudad del Sol) sobre la Avenida Bolívar;
- Punto 4 (P4) – Localizado en Sherman

Las condiciones climáticas durante las mediciones fueron constantes, sin lluvias en el sitio, con días de calor y mucha humedad, aunque hubo un periodo de lluvias que impidieron comenzar las mediciones. Las condiciones atmosféricas registradas durante las mediciones diurnas y nocturnas, se muestran en la Tabla 6-20.

Tabla 6-20
Condiciones Climáticas en los Sitios de Medición

Sitio de Monitoreo	Humedad Relativa (%)		Temperatura (°C)		Velocidad del Viento (Mph)	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
Punto 1: Próximo a la Subestación de la Policía Nacional en Davis	80.9	97.1	27.3	23.7	0.0	0.0
Punto 2: Poblado de Mindi	77.5	96.0	26.7	23.9	0.0	0.0
Punto 3: Cercano a la Ciudad del Sol (Barriada Árabe)	92.1	89.6	23.9	23.8	0.0	0.0
Punto 4: Sherman	88.1	94.3	27.0	23.5	0.0	0.0

Fuente: URS Holdings, Inc.

Resultados

Los resultados de las mediciones se presentan en la Tabla 6-21 y en la Gráfica 6-12. En la Tabla, se observa que todas las mediciones realizadas en horario nocturno, sobrepasan los valores permitidos según la normativa nacional, mientras que en el horario diurno el 75 % de los sitios medidos superan el valor de referencia.

Tabla 6-21
Resultados del Monitoreo de Ruido Ambiental

Sitio	Coordenadas		Fecha	Hora Aprox.	Periodo	Nivel de Ruido Medido (dBA)			Observaciones
	X	Y				Leq	Lmax	Lmin	
P1	1027352 N	619911 E	13/07/10	13:50	Diurno	68.8	86.9	43.3	Silbato y tránsito del tren. Sonido de insectos, tránsito constante de vehículos, sonido de los monos aulladores.
	1027352 N	619911 E	13/07/10	22:30	Nocturno	59.9	86.1	49.0	Sonido de insectos, tránsito frecuente de vehículos.
P2	1028649 N	620393 E	15/07/10	11:25	Diurno	66.9	85.8	40.1	Sonido de insectos, trinar de aves, tránsito constante de vehículos.
	1028649 N	620393 E	13/07/10	23:41	Nocturno	62.3	80.5	54.5	Sonidos de insectos y tránsito frecuente de vehículos.
P3	1029747 N	620981 E	15/07/10	18:49	Diurno	70.3	93.3	57.2	Sonido de insectos y sapos, tránsito constante de vehículos.
	1029747 N	620981 E	14/07/10	00:53	Nocturno	61.9	86.1	52.5	Sonido de insectos, tránsito frecuente de vehículos. Ladridos de perros durante la medición.
P4	1028506 N	615646 E	14/07/10	12:12	Diurno	58.2	86.6	35.8	Tránsito esporádico de vehículos. Sonido de insectos. Sonido del viento moviendo los árboles minutos después de comenzado el monitoreo.
	1028506 N	615646 E	14/07/10	22:41	Nocturno	63.6	68.8	58.2	Tránsito esporádico de vehículo. Sonido de insectos y sapos.

Lequ. = Nivel de ruido equivalente.

Lmax. = Nivel de ruido máximo.

Lmin. = Nivel de ruido mínimo.

Nota: Valores en rojo superan el valor de referencia. Diurno: 60 Dba; Nocturno: 50 Dba.

Fuente: Elaborado por URS Holdings Inc

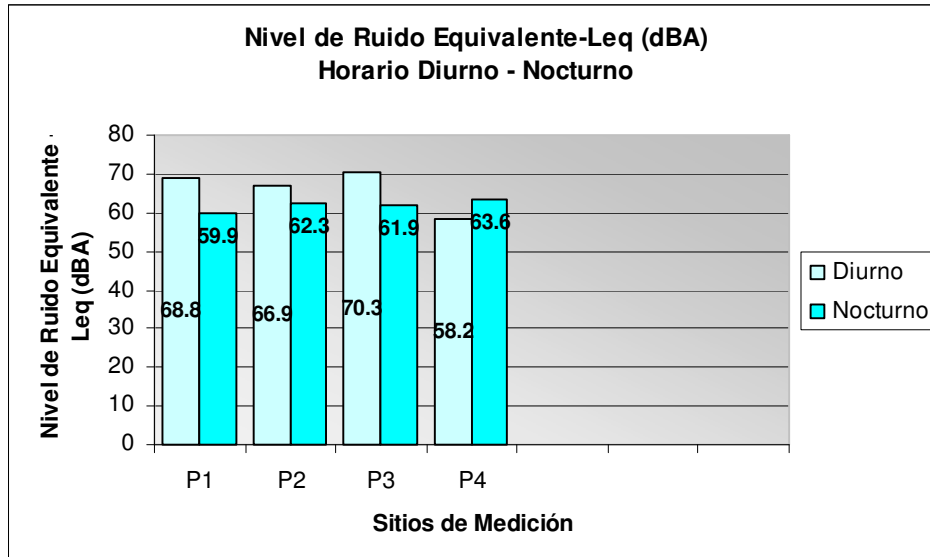
Los resultados, son consistentes con la circulación de vehículos, estando algunos de estos puntos de medición, influenciados por el tráfico vehicular que incide sobre la Avenida Bolívar ya que esta carretera conduce hacia las Esclusas de Gatún, y las comunidades de Costa Abajo de Colón. Además, se pudo constatar la influencia de ruidos provenientes de animales, entre otros.

De los resultados obtenidos, el nivel de ruido diurno equivalente osciló con un mínimo registrado de 58.2 y un máximo de 70.3 dBA, correspondiendo estos resultados al nivel de ruido en el punto P4 y P3, respectivamente. En general todos los valores diurnos exceden la normativa de referencia para un receptor residencial e industrial de 60 dBA, con la excepción del P4, tal como se muestra en la Gráfica 6-12.

En cuanto al nivel de ruido equivalente para el período de medición en el horario nocturno, los valores registrados, oscilaron entre los 59.9 y 63.6 dBA, en los puntos P1 y P4 respectivamente, contra una referencia normativa de 50 dBA en receptores residenciales e industriales. Esto indica que se supera el valor de referencia.

Cabe resaltar que el máximo nivel de ruido alcanzado en la medición tanto diurna como nocturna fue en el sitio P3 (70.3 dBA), condición ésta que podría deberse al tráfico continuo de vehículos, incluyendo buses y camiones, además de ser un área cercana a una construcción de casas.

Gráfica 6-12
Niveles de Ruido Equivalente (Leq) - Horario Diurno y Nocturno



A partir de los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Del total de 4 puntos de medición en el periodo diurno, 3 sitios no cumplen con la normativa de referencia (60 dBA), valor que corresponde al 75%.
2. En el periodo de medición nocturna, los 4 sitios de medición registraron valores que superan el valor de referencia (50 dBA), cifra que corresponde al 100 % de los sitios evaluados.
3. En términos generales, la presencia inmediata de otras fuentes generadoras de ruido, como la del flujo de vehículos transitando en un día de actividad normal por la Avenida Bolívar, cuya carretera es la única que tiene acceso hacia las Esclusas de Gatún, las comunidades de Cuipo, Escobal y otras poblaciones, es la fuente principal generadora de ruido diurno y nocturno en los sitios de monitoreo.

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 humano⁵.

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. La cuantificación de los olores se pueden realizar con metodologías estandarizadas como es el caso de la olfatometría de campo, la cual basa su enfoque en el método sensorial utilizando un instrumento diseñado para determinar la intensidad de olores por medio de diluciones, mediante la mezcla de olores ambientales con el aire filtrado por carbono libre de olor. Esta metodología fue definida por la U.S. Public Health Service (actualmente EPA) en la década de los años 50 y 60⁶, y es ampliamente utilizada en diversos estados de los Estados Unidos, España, y hoy día en Panamá.

El AID, por donde se ha estimado el trazado del alineamiento del puente, se puede considerar como una zona donde predominan los paisajes naturales y la intervención antrópica en la actualidad es nula por pertenecer la misma, en su mayoría, a áreas de operación y funcionamiento del Canal. El sitio se caracteriza por presentar, hacia ambos sectores del puente, áreas con vegetación en diferentes estados de crecimiento. Durante las giras efectuadas al sitio, no se detectaron ni fueron reportados por los funcionarios de la ACP presentes en las giras, la existencia actual de olores molestos. Estos resultados pueden deberse a la condición del sitio, el cual, como se mencionó anteriormente, se caracteriza por ser un área abierta, rodeada de áreas con vegetación tanto herbácea como arbórea y con ausencia de edificaciones y/o viviendas circundantes. Considerando estas características del área y que el viento es un elemento clave en la dispersión de los olores, se puede asumir que el olor presente en el área es dispersado con mayor eficiencia por el viento.

Los olores percibidos en el área son aquellos típicos generados por la naturaleza tales como; olor a vegetación, a tierra y a agua (áreas inundables, canal de navegación, etc.); los cuales predominan a todo lo largo del AID, con alguna excepción en aquellos sitios puntuales donde los

⁵ OMS, 1994.

⁶ Estudio Científico y Técnico – Elaboración de Normativas de Control de Olores Molestos. URS Holdings, Inc. 2005.

viaductos de acceso del puente se unirán con las carreteras existentes (Bolívar y Gatún); donde podrían generarse ciertos olores molestos producto de las emisiones de gases generadas de la combustión interna provenientes de los motores de los vehículos que transitan por dichas carreteras.

6.8 Antecedentes sobre la Vulnerabilidad Frente a Amenazas Naturales en el Área

La Organización de Estados Americanos "OEA" define amenazas naturales como "aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él". El término "amenazas naturales", se refiere específicamente, a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y a los incendios que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades. La principal amenaza natural inherente al área donde se ubica el Proyecto del Puente sobre el Canal en el Atlántico son las inundaciones.

6.8.1 Riesgo Sísmico

Según el Mapa de Amenaza Sísmica para la República de Panamá (**Figura 6-9**) a continuación, el sector donde se ubica el proyecto no es considerado como sitio de riesgo sísmico. En general, el sector es considerado de bajo riesgo sísmico con una aceleración entre 2.6 y 3.0 m/s² en una escala que llega hasta 6.2 m/s².

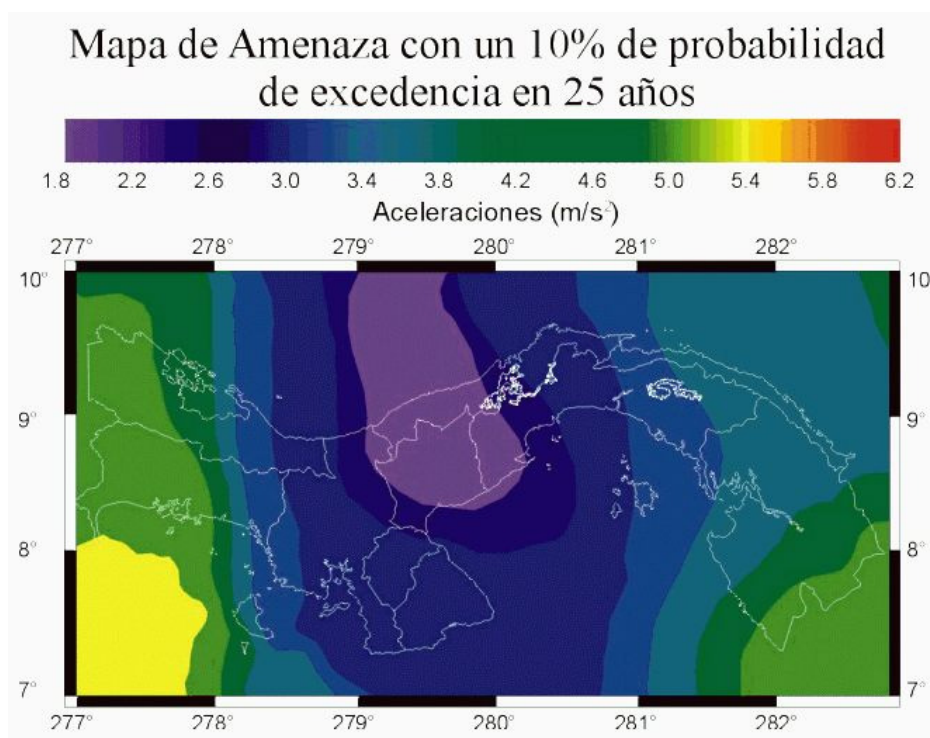
A pesar de poseer una sismicidad baja, según el Estudio de Impacto Ambiental Categoría III Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá – Tercer Juego de Esclusas, los especialistas del Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá consideran, a nivel de la Cuenca del Canal de Panamá, el área como una zona de convergencia de placas terrestres estructuralmente compleja. Esto la convierte en un área con riesgo sísmico. La sismicidad detectada en esta región parece estar asociada a la convergencia Norte-Sur entre el bloque Panamá y la Placa del Caribe, y la convergencia Este-Oeste entre el bloque Panamá y el bloque del Norte de los Andes. En la región Central de Panamá, la sismicidad se relaciona con las fallas de corteza terrestre

alrededor del Canal y la Placa Caribeña que está entrando por debajo de la subducción de la Microplaca de Panamá en el Cinturón Deformado del Norte de Panamá.

Se considera que las fallas en esta región son fallas discontinuas normales, con algunas de ellas, como la Falla Gatún, que manifiesta un componente de rumbo y es considerada la más importante de la zona. Dicha falla es activa, pero produce un nivel de microsismicidad muy bajo, considerándose que el evento máximo que pudiera originar esta falla es de un M6.8, con un plazo repetitivo de entre 10,000 y 20,000 años.

Debido a estas características sísmicas del área, en la construcción del puente deben considerarse la utilización de pilotes perforados para resistir fuerzas laterales y de tensión, además de la compresión axial a la que estarán sometidos.

Figura 6-9



Mapa de Amenaza Sísmica de la República de Panamá
Fuente: Instituto de Geociencias Universidad de Panamá

6.9 Identificación de los Sitios Propensos a Inundaciones

Las características hidrológicas y geomorfológicas en el área del Proyecto del Puente sobre el Canal en el sector Atlántico, son abundantes al ubicarse las mismas en el sector Atlántico de la Cuenca del Canal de Panamá, definiendo de esta manera áreas con mayor vulnerabilidad a inundaciones asociadas a las llanuras de inundación. Los sitios más propensos a inundaciones se ubican en el área de Mindi, en el sector Este (**Figura 6-3**).

6.10 Identificación de los Sitios Propensos a Erosión y Deslizamientos

Debido a la topografía del área del Proyecto del Puente sobre el Canal en el Atlántico, mayoritariamente plana, el sitio destinado para el desarrollo del proyecto, no presenta riesgo de erosión o deslizamientos ya que no existen pendientes altas que puedan generar procesos erosivos significativos. Los cerros del sector occidental no sobrepasan los 60 metros de elevación, por lo que no existen taludes inclinados que sean propensos a deslizamientos.