

TABLA DE CONTENIDO

6.0	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO	6-1
6.1	Formaciones Geológicas Regionales	6-2
6.1.2	Unidades Geológicas Locales	6-3
6.1.2.1	Zona Terrestre	6-3
6.2	Descripción del Uso del Suelo	6-4
6.2.1	Zona Terrestre	6-5
6.2.2	Zona Marina	6-6
6.2.2.1	Sitio de Dragado	6-6
6.2.2.2	Sitio de Disposición de Material	6-6
6.3	Deslinde de la Propiedad	6-6
6.4	Capacidad Uso y Aptitud del Suelo	6-7
6.4.1	Zona Terrestre	6-7
6.4.2	Zona Marina	6-8
6.5	Topografía y Batimetría	6-8
6.5.1	Topografía	6-8
6.5.2	Batimetría	6-8
6.5.2.1	Sitio de Dragado	6-8
6.5.2.2	Sitio de Disposición de Material	6-9
6.6	Clima	6-9
6.6.1	Precipitación	6-9
6.6.2	Temperatura	6-11
6.6.3	Radiación Solar	6-12
6.6.4	Humedad Relativa	6-14
6.6.5	Viento	6-15
6.6.6	Evaporación	6-17
6.7	Hidrología	6-17
6.7.1	Calidad de las Aguas Superficiales	6-18
6.7.1.1	Zona Terrestre	6-18
6.7.1.2	Zona Marina	6-18

6.7.1.3 Caudales (máximos, mínimos y promedios anuales).....	6-29
6.7.1.4 Corrientes, Mareas y Oleajes	6-29
6.7.2 Aguas Subterráneas.....	6-31
6.7.2.1 Caracterización del Acuífero	6-31
6.8 Calidad del Aire	6-31
6.8.1 Ruido	6-33
6.8.2 Olores	6-36
6.9 Amenazas Naturales	6-38
6.9.1 Sismicidad.....	6-38
6.9.2 Inundaciones	6-40
6.9.3 Erosión y Deslizamientos	6-41

LISTADO DE TABLAS

- Tabla 6-1 Usos del Suelo Presentes en el Área del Proyecto
- Tabla 6-2 Promedios anuales y mensuales de precipitación (mm) Periodo de años 2000-2005, Estación Balboa AFAA / ACP
- Tabla 6-3 Promedio Mensual y Anual de la Temperatura °C (2000-2005) Estación Balboa AFAA / ACP
- Tabla 6-4 Promedio Mensual y Anual de la Radiación Solar Langleys (2000-2005) Estación Balboa AFAA / ACP
- Tabla 6-5 Promedio Mensual de la Humedad Relativa %(2000-2005) Estación Balboa AFAA / ACP
- Tabla 6-6 Promedios Mensuales de la Velocidad del Viento (2000-2005) Estación Balboa AFAA / ACP
- Tabla 6-7 Promedio de Dirección del Viento (deg)
- Tabla 6-8 Promedios Mensuales de la Evaporación (mm) Estación Balboa AFAA / ACP
- Tabla 6-9 Calidad de las Aguas Superficiales de Los Ríos Velásquez y Farfán
- Tabla 6-10 Ubicación de Sitios de Muestreo para la Caracterización de la Calidad de las Aguas Superficiales
- Tabla 6-11 Calidad de las Aguas en el Sitio de Dragado
- Tabla 6-12 Calidad de las Aguas en el Sitio de Disposición
- Tabla 6-13 Ubicación de Sitios de Muestreo para la Caracterización de Sedimentos
- Tabla 6-14 Resultados de la Granulometría - Sitio de Dragado
- Tabla 6-15 Resultados del Contenido de Materia Orgánica – Sitio de Dragado
- Tabla 6-16 Resultados del Análisis Químico – Sitio de Dragado
- Tabla 6-17 Resultados de la Granulometría - Sitio de Disposición
- Tabla 6-18 Resultados del Contenido de Materia Orgánica – Sitio de Disposición
- Tabla 6-19 Resultados del Análisis Químico – Sitio de Disposición
- Tabla 6-20 Resultados de Calidad de Aire vs. valores de norma, concentraciones de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Tabla 6-21 Condiciones Ambientales Durante los Monitoreos de Campo
- Tabla 6-22 Resultados de los Monitoreos de Ruido Ambiental, dentro del Área de Estudio

Tabla 6-23 Resultados de la Medición de Olores Molestos, Área de Rodman

Tabla 6-24 Principales Eventos Sísmicos Ocurridos en el Área en General

LISTADO DE FIGURAS

Figura No.6-1 Sucesión de la Geología Regional en la Cuenca del Canal de Panamá

Figura No.6-2 Geología Local y Regional

Figura No.6-3 Cobertura Vegetal y Uso de Suelo

Figura No.6-4 Mapa de Topográfico

Figura No.6-5 Batimetria del Sitio de Dragado.

Figura No.6-6 Batimetria del Sitio de Disposición

Figura No.6-7 Ubicación de Muestreos de Campo – Área del Proyecto (Sitio Terrestre y Dragado)

Figura No.6-8 Ubicación de Muestreos de Campo – Área del Proyecto (Sitio de Disposición)

Figura No.6-9 Dirección de las Corrientes en la Rada de Balboa (Marea Saliente o Bajando)

Figura No.6-10 Dirección de las Corrientes en la Rada de (Marea Subiendo)

6.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

La presente sección resume las condiciones de línea base para el ambiente físico en el área del proyecto. Los factores físicos como temperatura, radiación y brillo solar, humedad relativa, viento y precipitación que se presentan en éste estudio, son datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en el área de Balboa, la cual es administrada por la Autoridad del Canal de Panamá. Los demás factores físicos tales como calidad de aire, ruido ambiental, olores, calidad de aguas superficiales y arqueología; se basan en información primaria recabada *in situ*. Los temas físicos restantes, tales como topografía, geología, suelo e hidrología fueron derivados de estudios previos y del sistema de información geográfica que posee URS. Los temas de amenazas naturales e inundaciones se basan de información recopilada de fuentes secundarias como el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) y la Autoridad del Canal de Panamá (ACP).

Para su desarrollo se tomó como referencia algunos estudios realizados por la firma consultora, así como documentos de referencia existentes para el área del estudio, como lo son el Estudio de Impacto Ambiental – Categoría III, Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá – Tercer Juego de Esclusas, ACP (2007), Estudio de Impacto Ambiental – Categoría II para la Planta de Molienda, Almacenamiento y Expendio de Cemento PIMPSA/Pancen, S.A. (2006), Estudio de Impacto Ambiental - Categoría II de la Operación de Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman y Disposición Final del Material Dragado (2002), Inventario Ambiental para la Cuenca del Canal de Panamá (1995); Planes Regional y General de Uso y Conservación del Área del Canal de Panamá (1996-1997); Plan Metropolitano de las Ciudades de Panamá y Colón (1997-1998); Revista SCIENTIA (1994-1995), entre otros.

Adicionalmente, la línea base se complementó con visitas al área del proyecto, las cuales fueron realizadas por el personal técnico para verificar y actualizar la información recopilada. Durante las mismas, se efectuaron levantamientos de información actualizada por medio de monitoreos de la calidad de aire, ruido ambiental, olores, calidad de aguas superficiales y sedimentos.

6.1 Formaciones Geológicas Regionales

Las formaciones geológicas regionales, específicamente dentro del área central de Panamá, revelan la presencia de una cuenca sedimentaria bien definida. Esta cuenca se extiende desde el Pacífico hasta el Caribe, a través del Istmo, formando una pared interconectada de cuencas delgadas y alargadas. La cuenca se desarrolló donde grandes fallas desasociaron los bloques tectónicos de Choroteca y Chocó. Los registros estratigráficos de este sector reflejan los eventos geológicos que llevaron a la separación de estos grandes rasgos estructurales (The Louis Berger Group, 2004).

La sucesión geológica en el ámbito regional está dominada por rocas sedimentarias (calizas, areniscas, lutitas) y volcánicas (ígneas, extrusivas, basalto y depósitos de caliza), perteneciente en su gran mayoría al sector del Pacífico, las mismas se representan en la Figura 6-1. Geológicamente, la región está conformada por las siguientes formaciones, las cuales se describen de acuerdo a su secuencia estratigráfica:

- 1) Formación Gatuncillo, data del Eoceno Medio y Eoceno Superior y consiste de depósitos de granos finos con intercalaciones de caliza,
- 2) Formación Panamá, que data del Oligoceno inferior a superior. Principalmente conglomerado andesítico en tobas de granos finos. Incluye conglomerados depositados por corrientes. En la facies marino, esta misma formación está constituida por Arenisca tobacea, lutita tobácea, caliza algacea y foraminífera. Lutita arenosa en la parte basal en el sinclinal Quebrancha,
- 3) Formación Culebra, es una secuencia marina que contiene esquistos carbonosos, lignitos, piedra fangosa de aluvión y conglomerados,
- 4) Formación Cucaracha, contiene arcillas bentonitas masivas, areniscas, conglomerados y flujos de cenizas,
- 5) Formación La Boca, data de inicios del Mioceno. Esta formación sobresale en un área pequeña del sector Pacífico de Panamá, siendo su contenido litológico muy parecido al de la Formación Culebra (Ver Figura 6-1),

- 6) Formación Pedro Miguel, cuya génesis se produjo durante el Mioceno Superior. Esta formación se entrecruza con la Formación La Boca. Es de origen piroclástico, con una textura gruesa que generalmente es dura a medio dura y densa,
- 7) Formación Gatún, de origen del Mioceno Medio. Esta es la unidad estratigráfica de mayor significado en el ámbito regional de la Cuenca del Canal de Panamá. Está compuesta por una masa de granos medianos a muy finos, calcáreos o margosos, con escasas areniscas conteniendo conglomerados de rocas pequeñas, rocas aluviales y conglomerados menores.
- 8) Formación Chagres, del Mioceno-Plioceno, consiste en areniscas de granos finos y fragmentos de rocas aluviales. La base de la Formación Chagres es conocida como Caliza Toro.

6.1.2 Unidades Geológicas Locales

6.1.2.1 Zona Terrestre

La geología del área de estudio, de acuerdo al Mapa Geológico de la República de Panamá, proviene del Periodo Terciario (Tl) y está representado por una sola formación geológica; Formación La Boca (Ver Figura 6-2), que pertenece al Mioceno Inferior, donde son encontradas rocas de origen sedimentario volcánico. Está constituida por una sola masa, moderadamente unida, de granos finos a gruesos con pequeños fragmentos angulares, hasta grandes masas de basalto en una matriz arenosa de conglomerados pequeños, bien cementada con calcita secundaria y algo de zeolita. La misma se caracteriza por la presencia de esquistos arcillosos, lutitas, areniscas, tobas y caliza.

Zona Marina

6.1.2.1.1 Sitio de Dragado

El substrato que cubre este espacio está conformado principalmente de lama, arena y grava. A lo largo del Canal, los cortes profundos han expuesto rocas de fondo a profundidades substanciales

de 1.5 m que contienen arcillas friables suaves y oscuras del Carbonáceo y calizas, estas últimas compuestas de arena, grava y marga. La roca más joven del área es el basalto y se encuentra en forma de intrusiones, diques y flujos¹.

6.1.2.1.2 Sitio de Disposición de Material

La evaluación geológica del sitio de disposición final del material procedente del dragado del Puerto de Rodman, señala que los fangos detectados en el fondo marino son producto del efecto de transportación de los ríos y quebradas que en su paso hacia el mar arrastran grandes masas de sedimentos en tierra firme². El perfil geológico en el sitio es de dos tipos de suelos o sustratos, consistente en un terraplén que sobrepone una secuencia estratigráfica depositada sobre los materiales gruesos y finos (lama y arcilla)¹.

6.2 Descripción del Uso del Suelo

El área donde se desarrolla el estudio fue operada antiguamente como una base naval del Departamento de Defensa de los E.E.U.U utilizada por la marina de los Estados Unidos de América, hasta su reversión a la República de Panamá a finales del año de 1999. La mayoría de las instalaciones presentes en esta área consisten en edificaciones que eran utilizadas como oficinas y viviendas durante el funcionamiento de la base naval, así como un puerto y tres (3) muelles. La mayoría de las edificaciones han estado abandonadas desde su reversión, por lo cual se encuentran con un alto grado de deterioro.

La actividad portuaria se ha mantenido hasta el presente y se encuentra otorgada mediante concesión a la empresa Parque Industrial Marítimo de Panamá, S.A., (PIMPSA) antigua Alireza Mobil Terminal, S.A. Esta empresa se dedica al almacenamiento y despacho de combustible, a través de los muelles (1) y (2) del puerto, para su trasiego hacia los tanques de la finca de Arraiján. Una pequeña área del puerto es utilizada por el Servicio Marítimo Nacional (SMN), el

¹ EsIA Dragado de Mantenimiento del Puerto de Balboa – Categoría II, Ingemar Panamá 2005

² EsIA Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman y Disposición Final del Material Dragado, REA Consulting, S.A. 2002.

cual mantienen una flota de barcos y lanchas (muelle 3) que utiliza para su labor de patrullaje en las costas panameñas.

Tanto la existencia en el pasado de una base naval, como la operación portuaria actual, han producido la alteración de la cobertura vegetal original del área, encontrándose en estos momentos tan sólo pequeños reductos de un bosque de manglar, rastrojos, y un herbazal dominante. La Tabla 6-1 muestra los usos del suelo presentes dentro del área del proyecto y la superficie que representa, la misma se muestra gráficamente en la Figura No.6-3.

Tabla 6-1
Usos del Suelo Presentes en el Área del Proyecto

Tipo de Uso	Superficie (ha)	Representatividad (%)
Agua	6.95	21.91
Área Edificada	3.08	9.71
Área Pavimentada	0.33	1.04
Área con cobertura vegetal (Rastrojos, manglares, gramíneas, herbazales).	21.35	67.34
Total	31.71	100.0
Total Zona Terrestre*	24.76	78.1

Fuente: Elaborado por URS sobre la base del Sistema de Información Geográfica del proyecto.

Nota: * La Zona Terrestre corresponde a la sumatoria del área edificada, área pavimentada y área de cobertura vegetal.

6.2.1 Zona Terrestre

La zona terrestre del área de estudio se encuentra actualmente sin un uso definido, la misma ocupa unas 24.76 hectáreas, que representa el 78% del total de la superficie. En su mayoría esta dominada por gramíneas y herbazales que ocupan un total de 21.35 ha., y representan el 67%. Existen edificaciones y áreas pavimentadas que fueron parte de las instalaciones militares de la base naval de Rodman, estas edificaciones se encuentran en su mayoría en estado de abandono.

Circundantes al área de estudio se presentan otros usos relevantes como lo son: áreas terrestres de operación del Canal, bosques secundarios del Cerro San Juan, e instalaciones portuarias (muelles) de Rodman y de Balboa (al otro lado del canal de navegación).

6.2.2 Zona Marina

6.2.2.1 *Sitio de Dragado*

El sitio de dragado ocupa una superficie de 6.95 ha., que corresponden a áreas acuáticas de operación del puerto de Rodman. Actualmente el área es utilizada como atracadero temporal de lanchas o pequeños buques que llegan al muelle.

6.2.2.1 *Sitio de Disposición de Material*

El sitio de disposición de material, se encuentra dentro de la zona definida para la pesca del camarón y pesca artesanal, la cual se extiende desde la Bahía de Parita hasta el Golfo de San Miguel, con una extensión aproximada de 414,000 ha. Considerando lo anterior, las 625 ha que comprenden el sitio de disposición abarcan únicamente un 0.15% del área de pesca³. De igual forma, es importante considerar que esta zona ha sido utilizada con anterioridad para la misma actividad en proyectos como el Dragado de Mantenimiento del Puerto de Balboa y del Puerto de Rodman.

6.3 Deslinde de la Propiedad

La actividad a desarrollar en el área del proyecto se ejecutará dentro de un área total de 31.7 ha que forman parte del área de concesión de PIMPSA, a excepción de 0.876 ha que pertenecen a la ACP, en las cuales se piensa realizar trabajos de excavación para ampliar la dársena de atraque. El área del proyecto limita al Norte con propiedad de la ACP (Foto 1), al Este (Foto 2) con el cauce del Canal de Panamá (entrada Sur), al Sur con las instalaciones portuarias (muelles) de

³ EsIA – Dragado de Mantenimiento del Puerto de Balboa – Categoría II.

Rodman que son utilizadas por PIMPSA y por el SMN (Foto 3), y al Oeste con una carretera interna “Harder Road”, seguidas de otras áreas de concesión (Foto 4).

El sitio de disposición propuesto está ubicado dentro del mar territorial de la República de Panamá, específicamente a 21.2 km del sitio del Proyecto (Figura No. 5-1).

6.4 Capacidad Uso y Aptitud del Suelo

6.4.1 Zona Terrestre

La capacidad de uso se define como el potencial que tiene una unidad de suelo para ser utilizada de una manera sostenida sin sufrir deterioro en su capacidad productiva. En los suelos del Pacífico Oeste, área donde se desarrollará el Proyecto, predominan principalmente los suelos de la clase VII, seguido de las clases III, IV, VI y en menor porcentaje la clase VIII (Plan Regional 1996).

En el área bajo estudio predominan las clases VI y VII, los cuales presentan serias limitaciones para su uso, a continuación la descripción de ambas clases:

- **CLASE VI:** Los suelos de esta clase no son arables con severas limitaciones, aptos para pastos, bosques tierras de reserva.
- **CLASE VII:** Los suelos de esta clase no son arables con limitaciones muy severas, aptos para pastos, bosques tierras de reserva.

De acuerdo a estudios anteriores el suelo objeto del área de proyecto se define como Suelo Úmbrico Cámbico, de drenaje imperfecto, de textura arcillosa muy fina y profundo⁴.

⁴ Proyecto Catastro de Tierras y Aguas de Panamá, 1970 (CATAPAN)

6.4.2 Zona Marina

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

6.5 Topografía y Batimetría

6.5.1 Topografía

La topografía es plana con algunas pendientes leves que no sobrepasan los 10 msnm. El 91% del área total del terreno presenta pendientes menores al 7%, el área restante (9%) presenta pendientes entre 7 y 15%, específicamente en el extremo sur del área de estudio. El relieve es característico de regiones bajas y planicies litorales. Se representa en la Figura 6-4, la topografía del área de estudio en escala 1:50,000.

6.5.2 Batimetría

6.5.2.1 *Sitio de Dragado*

El levantamiento batimétrico del sitio de dragado, realizado en septiembre del 2005 por la empresa American Oceanographics, S.A., indica profundidades que van desde el nivel del mar hasta los 16 m cercanos al canal de navegación del Canal de Panamá. La mayor área de dragado se localiza entre los 0 msnm hasta los 9.5 m de profundidad. (Ver Figura 6-5).

Otros estudios llevados a cabo en el área del Puerto de Rodman, muestran profundidades entre los 3.1 hasta los 12.2 metros, y señalan la modificación del fondo marino debido a la constante sedimentación de material procedente de la red hidrográfica, así como por la continua sedimentación debido a fenómenos de erosión en tierra firme (REA Consulting, 2002)⁵.

⁵ EsIA Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman – Categoría II.

6.5.2.2 *Sitio de Disposición de Material*

La batimetría del sitio de disposición fue realizada en julio del 2007, por la empresa American Oceanographics, S.A., la misma presenta profundidades promedio de 23 m las cuales pueden oscilar entre los 20 a 26 m entre la mínima a máxima profundidad. (Ver Figura 6-6).

El volumen de material a disponer se ha estimado inicialmente en 1.3 millones de m^3 de sedimentos previstos a disponer entre 3 a 6 meses, para lo cual se va a utilizar la metodología de vertidos por cuadrantes. Cabe destacar que este sitio ya ha sido utilizado como área de disposición de material dragado para las actividades de expansión del Puerto de Balboa - Fase 3, los monitoreos realizados dentro del Programa de Seguimiento Vigilancia y Control para dicha expansión señalan que durante 83 semanas de disposición no se observó variaciones significativas en las profundidades del sitio⁶.

6.6 Clima

Según la clasificación de Köppen, las condiciones climáticas y meteorológicas en el área de estudio están bajo una fuerte influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). El área de estudio está dentro de una zona que pertenece a un clima Tropical de Sabana (AWI). Este tipo de clima se caracteriza por presentar una precipitación anual menor de 2,500 mm.

6.6.1 Precipitación

El análisis realizado para este estudio, está basado en los registros de la estación meteorológica de Balboa AFAA, la cual es administrada por la Autoridad del Canal de Panamá. La Estación de Balboa AFAA, es una de las estaciones más cercanas al área de estudio y de las que presentan registros que datan de más de 100 años. Durante el análisis, se utilizó un periodo de registro de 6 años (2000-2005)⁷. La Tabla 6-2 muestra los promedios mensuales de precipitación registrados.

⁶ EsIA Dragado de Mantenimiento del Puerto de Balboa – Categoría II

⁷ ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología. 2007.

Tabla 6-2
Promedios Anuales y Mensuales de Precipitación (mm)
Periodo de años 2000-2005, Estación Balboa AFAA / ACP

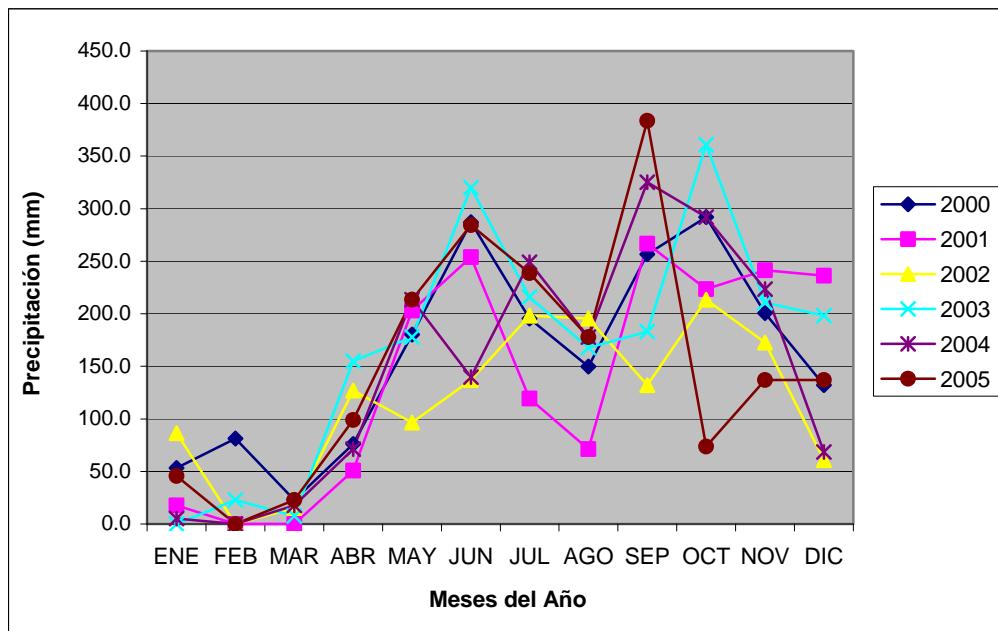
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	53.3	81.3	22.9	76.2	180.3	287.0	195.6	149.9	256.5	292.1	200.7	132.1	1927.9
2001	17.8	0.0	0.0	50.8	203.2	254.0	119.4	71.1	266.7	223.5	241.3	236.2	1684.0
2002	86.4	0.0	15.2	127.0	96.5	137.2	198.1	195.6	132.1	213.4	172.7	61.0	1435.1
2003	0.0	22.9	7.6	154.9	177.8	320.0	215.9	167.6	182.9	360.7	210.8	198.1	2019.3
2004	5.1	0.0	17.8	71.1	213.4	139.7	248.9	177.8	325.1	292.1	223.5	68.6	1783.1
2005	45.7	0.0	22.9	99.1	213.4	284.5	238.8	177.8	383.5	73.7	137.2	137.2	1813.6
Precipitación Promedio	34.7	17.4	14.4	96.5	180.8	237.1	202.8	156.6	257.8	242.6	197.7	138.9	1777.2
Precipitación Máxima	86.4	81.3	22.9	154.9	213.4	320.0	248.9	195.6	383.5	360.7	241.3	236.2	---
Precipitación Mínima	0.0	0.0	0.0	50.8	96.5	137.2	119.4	71.1	132.1	73.7	137.2	61.0	---

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

La precipitación es el parámetro de mayor variación, tanto en sus valores mensuales como anuales. La precipitación promedio anual, registrado en la Estación de Balboa a través de un periodo de seis años (2000-2005) fue de 1777.2 mm. El período seco es bastante marcado, iniciándose regularmente en el mes de diciembre y extendiéndose hasta el mes de abril, en tanto el lluvioso se extiende de mayo hasta noviembre.

En términos generales, el mes que presentó la precipitación máxima fue septiembre, registrándose un promedio de 383.5 mm. En estos seis años de registro, los meses de febrero y marzo, se consideran como los más secos con una precipitación mínima de 0 mm y precipitaciones promedios de 17.4 mm y 14.4 mm respectivamente. Las lluvias suelen ocurrir en horas vespertinas, dependiendo siempre de la intensidad de la ZCIT. Los valores se reflejan en la Gráfica 6-1. El año que presento los mayores registros de precipitaciones anuales fue el 2003 con un promedio anual de 2,019.3 mm.

Grafica 6-1
Precipitación Promedios Mensuales (mm) (Periodo 2000-2005)



Fuente: Elaborado por URS, con datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología de ACP. 2007

6.6.2 Temperatura

Considerando los datos de seis años de registros (2000-2005) obtenidos de la estación Balboa AFAA, la temperatura ha tenido pocas variaciones (Tabla 6-3). El promedio anual alcanza un valor de 26.8°C, la cual oscila entre un promedio máximo de 28.0°C y una promedio mínimo de 26.0°C. De acuerdo al periodo de registro analizado (2000 a 2005), el mes que registró el promedio de máxima temperatura fue marzo con 28.8°C, mientras que el mes de diciembre registró el promedio mínimo de temperatura con 25.0°C.

Tabla 6-3
Promedio Mensual y Anual de la Temperatura °C (2000-2005)
Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	25.4	26.4	26.8	27.4	26.6	26.3	26.2	26.1	25.3	25.6	25.6	25.6	26.1
2001	26.1	26.7	26.9	27.8	26.8	26.6	26.1	26.9	25.6	25.9	25.4	25.7	26.4
2002	27.1	27.4	28.0	27.7	27.9	27.1	27.1	26.9	26.6	26.4	26.5	26.5	27.1
2003	27.1	27.9	27.8	28.2	27.1	25.9	26.7	26.5	26.2	26.1	25.7	25.9	26.8
2004	26.2	27.2	28.3	27.9	27.2	27.1	26.7	26.8	27.1	26.8	26.7	26.7	27.0
2005	28.4	27.8	28.2	28.3	27.3	28.0	27.3	27.3	27.0	26.8	26.5	26.8	27.5
Temperatura Promedio													
Temperatura Máxima	28.4	28.7	28.8	28.7	27.9	28.0	27.8	27.8	27.3	27.1	27.5	28.0	28.0
Temperatura Mínima	25.3	25.9	26.5	27.0	26.3	25.9	25.9	25.1	25.3	25.2	25.4	25.0	26.0

Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología. 2007

6.6.3 Radiación Solar

Entre los factores que influyen en los valores de la radiación, se encuentran la presencia y densidad de la vegetación arbórea, así como con la nubosidad presente a lo largo del año. La radiación solar se intensifica mayormente en los meses secos, los cuales corresponden normalmente a los cuatro primeros meses del año, alcanzando valores por arriba de los 10,000 langleyes.

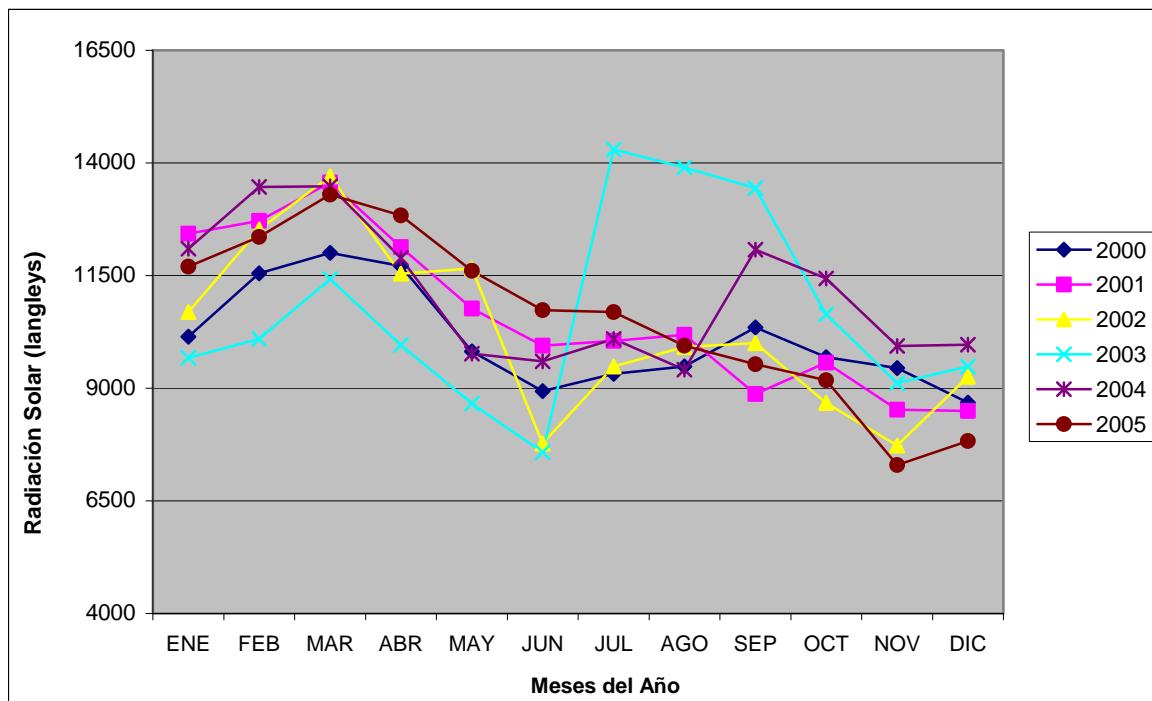
Para el periodo de años evaluados, se obtuvo que el mes con mayor radiación solar fue marzo con valores que alcanzan los 12,913.22 langleyes como promedio, mientras que la intensidad más baja se registró en el mes de noviembre con promedios de 8,673.44 langleyes (Tabla 6-4, Gráfica 6-2).

Tabla 6-4
Promedio Mensual y Anual de la Radiación Solar Langleys (2000-2005)
Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	10143.63	11552	12004	11716.09	9819.21	8937.74	9319.00	9480.00	10350.31	9689.18	9444.97	8681.24	121137.37
2001	12431.33	12712.45	13569.98	12135.24	10765.86	9943.77	10054.56	10187.98	8875.43	9568.38	8523.07	8495.14	127263.19
2002	10688.08	12522.94	13703.17	11542.85	11653.60	7774.40	9482.36	9914.38	10000.53	8670.20	7726.39	9254.60	122933.50
2003	9671.99	10094.67	11421.23	9961.49	8660.79	7578.70	14294.88	13903.84	13437.01	10639.08	9111.62	9481.77	128257.07
2004	12099.21	13466.74	13484.28	11893.38	9763.58	9596.24	10095.40	9412.27	12072.87	11436.40	9939.07	9969.23	133228.67
2005	11700.43	12362.02	13296.65	12831.92	11606.17	10735.82	10692.10	9945.46	9532.62	9174.64	7295.50	7824.95	126998.28
Promedio	11122.45	12118.47	12913.22	11680.16	10378.2	9094.44	10656.38	10473.99	10711.46	9862.98	8673.44	8951.16	151963.6

Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología. 2007

Gráfica 6-2
Radiación Solar(Langleys) Periodo 2000-2005



Fuente: Elaborado por URS, con datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología de ACP. 2007

6.6.4 Humedad Relativa

La humedad relativa (HR) se encuentra en estrecha correlación con la precipitación. Los meses con menor valor de HR para el periodo estudiado coinciden con los meses de menor precipitación, siendo ellos los meses de febrero hasta abril. En la tabla 6-5 se muestra que los meses de menor humedad corresponden a febrero y marzo con valores promedios de 69.6% y 69.1% respectivamente, por su parte, los meses que presentan la mayor humedad son los meses de julio a noviembre, correspondientes de la época lluviosa, durante estos meses la HR alcanza porcentajes por encima de 80%.

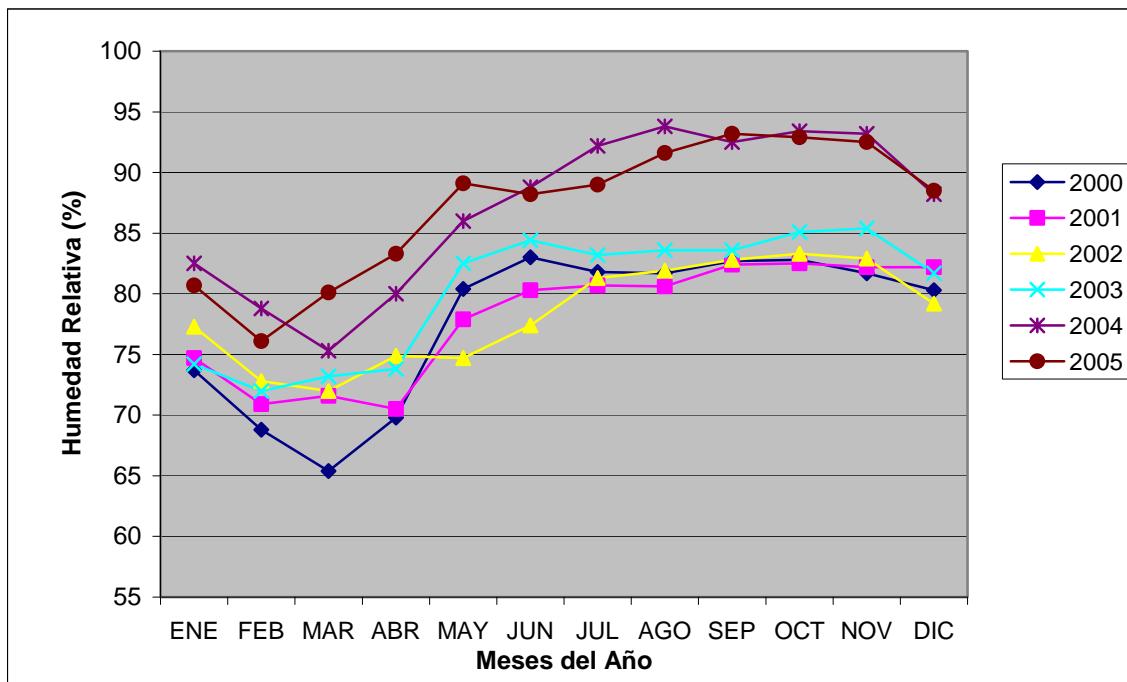
Tabla 6-5
Promedio Mensual de la Humedad Relativa %(2000-2005)
Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	73.7	68.8	65.4	69.8	80.4	83.0	81.8	81.7	82.7	82.8	81.7	80.3	77.7
2001	74.7	70.9	71.6	70.5	77.9	80.3	80.7	80.6	82.4	82.5	82.2	82.2	78.0
2002	77.3	72.8	72.0	74.9	74.7	77.4	81.3	81.9	82.8	83.3	82.9	79.2	78.4
2003	74.2	72.0	73.2	73.8	82.5	84.4	83.2	83.6	83.6	85.1	85.4	81.7	80.2
2004	82.5	78.8	75.3	80.0	86.0	88.8	92.2	93.8	92.5	93.4	93.2	88.2	87.1
2005	80.7	76.1	80.1	83.3	89.1	88.2	89.0	91.6	93.2	92.9	92.5	88.5	87.1
Promedio	73.5	69.6	69.1	71.9	79.4	81.7	81.9	82.4	82.2	83.0	83.3	79.5	77.6

Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología. 2007

Un aspecto importante de resaltar, es que a través de los años la humedad relativa ha ido en aumento, registrándose para los años comprendidos entre 2003 al 2005, un incremento por arriba del 87% de humedad en comparación con los registros anuales para los años del 2000 al 2002, en los cuales se presentan valores promedios anuales que no sobrepasan el 78% de humedad. (Ver Tabla 6-5 y Gráfica 6-3).

Gráfica 6-3
Promedio Mensual y Anual de Humedad Relativa (HR)



Fuente: Elaborado por URS, con datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología de ACP. 2007

6.6.5 Viento

El promedio anual de velocidad del viento obtenido de la estación meteorológica Balboa AFAA, es de 8.6 km/hr, considerándose como de intensidad moderada (Tabla 6-6). Los valores máximos de velocidad del viento aparecen durante los meses de enero hasta abril con velocidades de 9.2 a 10.6 km/hr, los cuales son característicos de la estación seca. Mientras que durante los meses de junio a noviembre se registran valores mínimos de velocidades de viento de 4.8 a 6.0 km/h. Tal como se observa en la Tabla 6-6, el año 2000 registró los valores mínimos de velocidad del viento entre todos los años analizados.

Tabla 6-6
Promedios Mensuales de la Velocidad del Viento (2000-2005)
Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	6.1	6.8	6.8	7.4	6.3	5.6	6.3	6.0	5.5	6.6	5.3	6.9	6.3
2001	8.7	10.6	9.8	9.2	7.2	5.5	6.3	6.6	5.3	5.3	6.9	6.6	7.3
2002	8.0	9.5	9.7	6.9	8.0	6.6	5.8	6.4	4.8	5.3	5.5	7.2	7.0
2003	10.6	9.8	9.0	8.2	6.1	5.8	5.5	6.9	5.1	4.8	5.6	5.5	6.9
2004	7.2	8.9	10.1	8.2	6.8	6.4	6.4	6.9	6.3	5.3	6.3	7.6	7.2
2005	8.2	10.5	9.0	9.0	6.8	5.6	5.5	6.8	6.1	6.9	7.1	6.4	7.3
Prom.	8.2	9.3	9.1	8.2	6.9	5.9	6.0	6.6	5.5	5.7	6.1	6.7	7.0
Máx	10.6	10.6	10.1	9.2	8.0	6.6	6.4	6.9	6.3	6.9	7.1	7.6	7.3
Mín	6.1	6.8	6.8	7.4	6.1	5.5	5.5	6.0	4.8	4.8	5.3	5.5	6.3

Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología. 2007

Con relación a la dirección de los vientos, de acuerdo con la información obtenida de la ACP (Tabla 6-7), la dirección predominante de los vientos es de origen Noroeste. Los vientos durante los meses de enero hasta agosto y noviembre y diciembre, provienen del Noroeste en tanto, aquellos provenientes del Suroeste son frecuentes en los meses de septiembre y octubre.

Tabla 6-7
Promedio de Dirección del Viento (deg)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	351.8	353.4	354.7	354.5	321.3	302.9	311.6	299.0	184.5	301.7	296.3	313.0	318.2
2001	328.6	332.9	325.6	336.0	295.9	296.3	298.3	302.8	267.9	267.8	303.8	319.1	309.0
2002	340.3	352.2	348.6	346.7	292.7	256.6	319.8	313.1	239.3	287.9	323.3	331.3	316.8
2003	355.1	347.9	352.6	337.4	317.4	191.4	311.8	284.1	190.5	174.2	311.6	327.9	313.7
2004	347.6	347.6	359.2	342.6	318.2	317.9	321.7	321.2	209.9	204.3	314.3	336.8	324.2
2005	351.2	352.4	336.2	335.7	300.1	190.7	289.7	291.3	293.9	186.6	313.8	329.3	309.8
Prom.	338.4	341.9	344.5	337.8	304.1	290.8	311.0	310.2	263.5	248.1	303.3	328.4	310.16

Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología. 2007

6.6.6 Evaporación

De acuerdo con los datos obtenidos por la sección de meteorología e hidrología de la ACP, la evaporación calculada para la estación de Balboa AFAA, es mayor entre los meses de febrero a abril y empieza a disminuir desde mayo hasta noviembre y en diciembre empieza a aumentar hasta completar el ciclo en abril (Tabla 6-8).

Tabla 6-8

Promedios Mensuales de la Evaporación (mm) Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2000	87.8	106.9	116.7	113.1	81.0	68.7	73.1	66.7	71.0	66.4	64.3	63.7	979.3
2001	103.9	117.2	123.3	113.8	85.9	72.8	73.5	75.9	61.1	66.3	59.1	58.2	1011.2
2002	87.2	113.0	127.5	98.5	101.8	61.5	68.5	68.5	69.9	59.4	53.2	71.3	983.2
2003	87.7	94.4	102.5	90.1	61.8	48.2	107.8	103.4	97.1	70.5	58.3	65.7	987.3
2004	97.4	120.1	131.4	106.4	76.5	71.4	72.3	67.1	90.8	83.5	73.1	89.1	1079.2
2005	103.7	119.3	119.9	112.1	88.5	82.6	78.6	70.0	64.9	62.0	47.5	55.7	1004.8
Promedio	109.7	118.9	135.5	117.9	93.1	76.2	82.0	82.8	82.8	77.8	71.6	81.5	

Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología. 2007

6.7 Hidrología

Dentro de los límites de la zona terrestre del área de estudio, no se identificaron cursos o corrientes de agua superficial. El curso de agua superficial más próximo al área del proyecto corresponde el Río Velásquez el cual se encuentra fuera del polígono del Proyecto. Este Río cruza la carretera Panamericana por medio de un puente de concreto que lleva el mismo nombre y desemboca al Canal de Panamá hacia el Norte del área bajo estudio.

6.7.1 Calidad de las Aguas Superficiales

6.7.1.1 Zona Terrestre

Dentro del área del proyecto, no existen cursos o fuentes de agua superficiales. Sin embargo, estudios realizados por Moffatt & Nichol (2004) sobre la calidad de las aguas del Río Velásquez y de otros cuerpos de agua ubicados cercanos al área del proyecto, muestran la existencia de influencia humana sobre la calidad del agua de estos ríos. Los resultados, presentan valores críticamente bajos de oxígeno disuelto (1.5 mg/l), valores de conductividad eléctrica muy altos (Ver Tabla 6-9), lo que indican que la calidad del agua es muy pobre.

Tabla 6-9
Calidad de las Aguas Superficiales de los Ríos Velásquez y Farfán

Nombre del Río	pH	T °C	Turbidez (NTU)	DO (mg/l)	Salinidad (ppt)	TDS (mg/l)	Conductividad (ug/cm)
Río Velásquez	8.0	28.0	23.5	7.3	32.3	24,206	52,600
Río Farfan	7.1	26.0	3.2	1.5	-	167.5	356

Fuente: Moffatt & Nichol (2004).

6.7.1.2 Zona Marina

6.7.1.2.1 Sitio de Dragado

El sitio de dragado esta ubicado dentro del área costera del Pacífico del Canal de Panamá, las aguas que lo rodean están expuestas a la influencia de actividades portuarias y del transito de buques. Estudios realizados por REA Consulting, S.A., en el año 2002⁸, indicaron altos niveles de turbidez, DBO y sólidos suspendidos para estas aguas.

Con el propósito de caracterizar la calidad del agua superficial en el sitio de dragado, se realizó un muestreo el 18 de abril del 2007. Para la caracterización se establecieron dos estaciones de muestreo y en cada estación se tomó una muestra de agua superficial a profundidades de 0 – 0.50

⁸ EsIA Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman – Categoría II.

m. Las muestras fueron analizadas por el Centro de Investigaciones Químicas, S.A. (CIQSA). En la Tabla 6-10 se indica la localización de las estaciones de muestreo (Ver Figura No. 6-7).

Tabla 6-10
Ubicación de Sitios de Muestreo para la Caracterización de la
Calidad de las Aguas Superficiales

Estaciones		Coordenadas UTM WGS84	
Sitio de Dragado	Muestra 1	656709	989954
	Muestra 2	656916	990274
Sitio de Disposición	Muestra 1	674150	981785

Fuente: Elaborado por URS Holdings.

Todos los análisis de laboratorio fueron realizados de acuerdo a métodos estandarizados para el análisis de aguas, (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). Se realizaron análisis microbiológicos (coliformes totales y estreptococos fecales), sugeridos como indicadores microbiológicos para ambientes marinos por la Organización Mundial de Salud. (OMS), químicos (sólidos totales disueltos, sólidos totales y sólidos suspendidos) y orgánicos (aceites – grasas e hidrocarburos totales de petróleo). Ver Tabla 6-11 e informe de laboratorio en **Anexo 3**,

Los resultados del análisis microbiológico del agua indican ausencia de estreptococos fecales para ambas muestras analizadas y concentraciones de 100 a 400 NMP/100 ml para los coliformes totales. Las concentraciones obtenidas para los coliformes totales se mantienen dentro de los valores guías para la calidad de las aguas superficiales propuestos por la EPA⁹. Cabe mencionar que, los resultados obtenidos por REA Consulting, S.A. (2002) para estos parámetros en el sitio de dragado, mostraron valores para coliformes fecales (430 y 410 NMP/100) por encima de los límites permisibles por la EPA para aguas recreacionales, sin embargo se encuentran por debajo de los valores permisibles por la Unión Europea y de Ontario en Canada. Por su parte, los valores reportados para estreptococos (20 y 30 /100 ml), por los autores anteriores, se muestran por debajo de los límites permisibles.

⁹ Tabla 1: Valores guías para la calidad de aguas superficiales. Informe de Calidad de Agua en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 2003 – 2005. Volumen II.

Las concentraciones de sólidos totales y sólidos totales disueltos reportaron valores de 28,000 a 31,000 mg/l, y los compuestos orgánicos (aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo) reportaron valores de 0.4 y <0.001 respectivamente para las dos muestras analizadas. Estos valores se mantuvieron dentro de los requisitos de calidad propuestos por el Anteproyecto de Norma de Calidad para las Aguas Marino Costeras¹⁰ que se encuentra en fase de discusión por la ANAM, así como de los valores guías de Canadá para la calidad de las aguas para la protección de la vida acuática¹¹.

Tabla 6-11
Calidad de las Aguas en el Sitio de Dragado

	Coliformes Totales	Estreptococos Fecales	Sólidos Totales Disueltos	Sólidos Totales	Sólidos Suspensidos	Aceites y Grasas	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)
Unidades	CFU/100 ml		Mg/l				
Muestra 1	400	0	31,000.00	3,002.8	2.8	0.4	<0.001
Muestra 2	100	0	28,000.00	28,003.9	3.9	0.4	<0.001

Fuente: Elaborado por URS Holding, con base a Informe de Análisis Químico del Centro de Investigaciones Químicas, S.A.

Nota: CFU= Unidades Formadoras de Colonias.

Cabe destacar que aun cuando los resultados de los análisis de calidad de agua realizados en el presente estudio indican cumplimiento con los valores guías utilizados como referencias, el sitio de dragado ha sido reportado en otros estudios¹², con altos niveles de contaminación.

6.7.1.2.2 Sitio de Disposición de Material

El sitio de disposición esta ubicado en la Bahía de Panamá a unos 21.2 km del sitio de dragado, las aguas que lo rodean están expuestas a la influencia del transito de buques hacia el Canal de Panamá y a zonas pesqueras. Para su caracterización se tomaron muestras de agua superficial del sitio de disposición el día 21 de junio del 2007. Los análisis fueron realizados por el Centro

¹⁰ Propuesta de Anteproyecto de Calidad de Aguas Marinas y Costeras. Proyecto ejecutado por URS Holdings, bajo el Programa Ambiental de la ANAM, 2006.

¹¹ Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of aquatic life.

¹² EsIA Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman – Categoría II.

de Investigaciones Químicas, S.A. (CIQSA). La Tabla 6-10 indican la ubicación del sitio de muestreo (Ver Figura 6-8).

Todos los análisis de laboratorio fueron realizados de acuerdo a métodos estandarizados para el análisis de aguas, (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). Se realizaron análisis para los mismos parámetros enunciados en el sitio de dragado. Ver Tabla 6-12 e informe de laboratorio en **Anexo 3**),

Los resultados del análisis microbiológico del agua indican ausencia de coliformes totales y de estreptococos fecales, lo que coincide para el caso de los coliformes con lo reportado por REA Consulting, S.A. (2002).

Por su parte, las concentraciones de sólidos totales y sólidos disueltos totales reportaron valores de 32,000 mg/l para ambos parámetros, por lo cual la concentración de sólidos suspendidos que resulta de la diferencia de ambos parámetros (sólidos totales – sólidos disueltos totales) fue nula. Estos valores muestran la alta actividad de depuración que tiene el sitio de disposición, dado que es conocido que este sitio ha sido utilizado como sitio de disposición de material dragado para varias actividades portuarias, (mantenimiento del Puerto de Balboa y del Puerto de Rodman). Estos valores se reportaron en cumplimiento con los requisitos de calidad propuestos por el anteproyecto antes citado.

Se reporta la presencia de compuestos orgánicos (aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo) en valores de 5.0 y 4.5 mg/l respectivamente, su descarga en el agua superficial puede deberse a derrames accidentales, ya que el sitio de disposición esta relativamente cerca de la entrada y salida de buques del área del Canal de Panamá.

Tabla 6-12
Calidad de las Aguas en el Sitio de Disposición

	Coliformes Totales	Estreptococos Fecales	Sólidos Totales Disueltos	Sólidos Totales	Sólidos Suspendidos	Aceites y Grasas	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)
Unidades	CFU/100 ml						
Muestra 1	0	0	32,000.00	32,000.00	0	5.0	4.5

Fuente: URS Holding. NMP= Número más probable. Las muestras fueron analizadas por el Centro de Investigaciones Químicas, S.A.

Estudios realizados en el año 2002, en el sitio de disposición reportaron la presencia de *Estreptococos fecales* en las 3 muestras analizadas, en valores de 20, 250 y 320 CFU/100 ml¹³.

6.7.1.2.3 Caracterización del Sedimento Marino

Los sedimentos brindan información acerca de los ambientes sedimentarios y los organismos asociados a ellos, especialmente los organismos bentónicos, que están estrechamente relacionados a las condiciones físico – químicas del ambiente en que habitan. La distribución y estructura de los sedimentos están controladas por condiciones hidrográficas¹⁴. Algunas de las propiedades que se consideran para su caracterización son: el tamaño de sus partículas, contenido de materia orgánica, y su composición química.

Con el propósito de caracterizar los sedimentos marinos del área de dragado, como del sitio de disposición, se procedió a realizar una campaña de toma de muestras durante los días 21 y 23 de junio del año 2007, en 6 estaciones distribuidas entre ambos sitios (3 estaciones en c/u). La Tabla 6-13 indica la ubicación de cada estación (Ver Figura 6-7). La metodología de muestreo consistió en la toma de muestra de sedimento con una draga Petersen de 0.025 m² de capacidad. El material colectado en cada estación fue colocado en bolsas plásticas tipo Ziploc de sellado hermético, rotuladas y transportadas al laboratorio para su análisis. Los análisis realizados

¹³ EsIA Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman – Categoría II.

¹⁴ EsIA – Operación de Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman y Disposición Final de Material Dragado – Categoría II.

incluyeron: determinación de la granulometría, porcentaje de materia orgánica y análisis químicos para identificar presencia de metales, e hidrocarburos en el sedimento (**Anexo 4**).

Para determinar la granulometría se utilizó una batería de tamices metálicos con aperturas de malla variables: 0.500, 0.250, 0.125 y 0.053 milímetros. Por su parte, el contenido de materia orgánica se determinó incinerando la muestra colectada en un incinerador Thermolyne Furnace 1300 a unos 450°C por 2 horas y luego pesando en una balanza analítica digital marca COBOS, el residuo para obtener por diferencia de peso el contenido de materia orgánica. Para los análisis químicos se colectaron dos muestras de sedimento en cada sitio (dragado y disposición) y se enviaron al laboratorio International Analytical Group (IAG) ubicado en la ciudad de Pensacola, Florida. Los parámetros analizados incluyeron: porcentaje de sólidos, aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo (TPH) por el método FL-PRO, y metales (arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, estaño, manganeso, mercurio, plomo y zinc). (Ver **Anexo 4**).

Tabla 6-13
Ubicación de Sitios de Muestreo para la Caracterización de Sedimentos

Estaciones		Coordenadas UTM WGS84	
Sitio de Dragado	P01	656698	990000
	P02	656758	990092
	P03	656853	990183
Sitio de Disposición	P04	674150	981785
	P05	676353	980304
	P06	675331	981221

Fuente: Elaborado por URS Holdings.

6.7.1.2.3.1 Sitio de Dragado

Los análisis de granulometría para el área de dragado indican una preponderancia de material fino limo arcilloso, acentuándose en la estación de muestreo más cercana al muelle de Rodman (P01) fracciones granulométricas más gruesas de hasta 0.5 mm. En general, la granulometría para el sitio de dragado esta compuesta mayormente de limo y arcilla (91 – 95%) y con porcentajes de arena de característica muy fina, mediana a gruesa en menor proporción (5 – 9%). (Ver Tabla 6-14).

Tabla 6-14
Resultados de la Granulometría - Sitio de Dragado

Clasificación	Tamaño (mm)	Porcentaje (%)	Porcentaje Acumulativo (%)
P01			
Arena gruesa	0.50 – 1.0	4	0
Arena mediana	0.25 – 0.50	2	0
Arena fina	0.125 – 0.250	1	0
Arena muy fina	0.053 – 0.125	2	98
Limo y arcilla	< 0.53	91	100
P02			
Arena gruesa	0.50 – 1.0	0	0
Arena Mediana	0.25 – 0.50	2	0
Arena fina	0.125 – 0.250	1	0
Arena muy fina	0.053 – 0.125	2	95
Limo y arcilla	< 0.53	95	100
P03			
Arena gruesa	0.50 – 1.0	0	0
Arena Mediana	0.25 – 0.50	1	0
Arena fina	0.125 – 0.250	1	0
Arena muy fina	0.053 – 0.125	3	97
Limo y arcilla	< 0.53	95	100

Fuente: Elaborado por URS Holdings, a partir del Informe de Sedimentos y Fauna Bentónica del Puerto de Rodman. Lic. Edgardo Muñoz. Junio 2007.

En cuanto al contenido de materia orgánica se presentaron valores relativamente similares (10.48%, 9.48% y 12.78%), para las tres estaciones de estudio (Ver Tabla 6-15). El mayor porcentaje de materia orgánica (12.78%) fue obtenido de la estación P03, cercana al cauce de navegación del Canal de Panamá. Estos valores están asociados a la descarga de materia en suspensión resultante de la masa de agua que proviene del Canal de Panamá, la cual es descargada por los esclusajes que ocurren periódicamente. Además el área esta más cerca de tierra firme por lo que puede, recibir aportes adicionales.

Tabla 6-15
Resultados del Contenido de Materia Orgánica – Sitio de Dragado

Estaciones		Materia orgánica (%)
Sitio de Dragado (Muelle de Rodman)	P01	10.41
	P02	9.48
	P03	12.78

Fuente: Elaborado por URS Holdings, basándose en Informe de Sedimentos y Fauna Bentonica del Puerto de Rodman. Lic. Edgardo Muñoz. Junio 2007.

Los resultados obtenidos del análisis químico reportan valores puntuales que proporcionan una idea de la condición del ecosistema (Ver Tabla 6-16). Se aprecia que para las dos estaciones analizadas para este parámetro (P01 y P03), el nivel de aceite y grasas, cadmio y estaño no fueron detectados, el mercurio reporta un valor de 0.082 mg/kg en la estación P01, el cual se mantiene dentro de los valores guías para sedimentos establecidos por la legislación Canadiense. La concentración más alta para el cobre se obtuvo en esta misma estación (82 mg/kg). Los valores obtenidos para estos metales se encuentran dentro de los rangos observados en otras instalaciones portuarias reportadas en la literatura¹⁵. Las concentraciones reportadas para el hierro alcanzan los 51,000 mg/kg, sin embargo no siempre puede considerarse que estos valores están relacionado con contaminación por metales, ya que las descargas naturales pueden producir valores similares. Los hidrocarburos presentan concentraciones variables y en algunos no fueron detectados (Ver Tabla 6-15), estos resultados son producto de las labores que se realizan en el área y del flujo continuo de buques que transitan por el Canal. Los datos obtenidos para las estaciones en el Puerto de Rodman reflejan valores similares a los encontrados en otros puertos que desarrollan actividades similares¹⁶.

¹⁵ GÓMEZ H., J.A., FUENTES H., MV., LEONE, O, Y VEGA, C. A. 2006. Características geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Bahía de Panamá. *Tecnociencia* Vol 8(1):113-132.

¹⁶ D' CROZ, L., MARTINEZ, V. & AROSEMENA, G. 1994. El inventario biológico del Canal de Panamá. I El estudio marino. Número especial. Vicerrectoría de investigación y postgrado. Universidad de Panamá. *Revista Scientia*. Número especial. 598 p.

Tabla 6-16
Resultados del Análisis Químico – Sitio de Dragado

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS		VALORES GUÍAS ¹⁷ (mg/kg)
			P01	P03	
% Sólidos	%	Porcentaje/Humedad	32	43	
Aceite y grasa	mg/Kg	9071B	ND	ND	
Arsénico	mg/Kg	6010B	11	11	5.9
Cadmio	mg/Kg	6010B	ND	ND	0.6
Cobre	mg/Kg	6010B	82	44	
Cromo	mg/Kg	6010B	62	79	37.3
Hierro	mg/Kg	6010B	51000	51000	
Lata	mg/Kg	6010B	ND	ND	
Manganoso	mg/Kg	6010B	450	370	
Mercurio	mg/Kg	7471A	0.082	ND	0.17
Plomo	mg/Kg	6010B	19	2.4	35.0
Zinc	mg/Kg	6010B	120	81	123
HIDROCARBUROS					
C8-C40	mg/Kg	FL - PRO	150	18	
C8-C10	mg/Kg	FL - PRO	ND	ND	
C10-C28	mg/Kg	FL - PRO	65	ND	
C28-C40	mg/Kg	FL - PRO	110	21	

Fuente: Elaborado por URS Holding, basándose en Informe Técnico de Análisis Químicos de International Analytical Group, 2007. Nota: ND: no detectable

6.7.1.2.3.2 Sitio de Disposición de Material

La granulometría para el área de disposición indica un predominio de material limo arcilloso en un 99%, con mínimas fracciones de 1 a 2% de arena muy fina. Esta característica es representativa de las 3 estaciones monitoreadas (Ver Tabla 6-17).

¹⁷ Valores Guías para Sedimentos (Protección de la Vida Acuática), Legislación canadiense.

Tabla 6-17
Resultados de la Granulometría - Sitio de Disposición

Clasificación	Tamaño (mm)	Porcentaje (%)	Porcentaje Acumulativo (%)
P04			
Arena gruesa	0.50 – 1.0	0	0
Arena Mediana	0.25 – 0.50	0	0
Arena fina	0.125 – 0.250	0	0
Arena muy fina	0.053 – 0.125	1	98
Limo y arcilla	< 0.53	99	100
P05			
Arena gruesa	0.50 – 1.0	0	0
Arena Mediana	0.25 – 0.50	0	0
Arena fina	0.125 – 0.250	0	0
Arena muy fina	0.053 – 0.125	2	95
Limo y arcilla	< 0.53	98	100
P06			
Arena gruesa	0.50 – 1.0	0	0
Arena Mediana	0.25 – 0.50	0	0
Arena fina	0.125 – 0.250	0	0
Arena muy fina	0.053 – 0.125	1	97
Limo y arcilla	< 0.53	99	100

Fuente: Elaborado por URS Holdings, basándose en Informe de Sedimentos y Fauna Bentonica del Puerto de Rodman. Lic. Edgardo Muñoz. Junio 2007.

La materia orgánica en el sitio de disposición presentó valores relativamente similares para las estaciones P04: 31.92% y P05 28.62%, no así para la estación P06: 18.79%, la cual se ubica en la parte central del sitio de disposición. (Ver Tabla 6-18).

Si se comparan los dos sitios de muestreo se observa una mayor concentración de materia orgánica en la Bahía de Panamá o sitio de disposición de material. Estos valores pueden estar relacionados con las condiciones propias del lugar y las labores de descarga de material dragado de distintos puertos, actividad que se ha estado realizando con anterioridad a la toma de muestras realizadas en este estudio.

Tabla 6-18
Resultados del Contenido de Materia Orgánica – Sitio de Disposición

Estaciones		Materia orgánica (%)
Sitio de Disposición (Bahía de Panamá)	P04	31.92
	P05	28.62
	P06	18.79

Fuente: Elaborado por URS Holdings, basándose en Informe de Sedimentos y Fauna Bentonica del Puerto de Rodman. Lic. Edgardo Muñoz. Junio 2007.

En las dos estaciones monitoreadas en el sitio de disposición (Bahía de Panamá) no se detectaron aceite y grasas, ni los metales cadmio y el estaño (Ver Tabla 6-19). Los niveles de mercurio se encontraron dentro de límites permisibles establecidos por los Valores Guías para sedimentos (para la vida acuática), establecidos por la legislación Canadiense. (P04: 0.10 mg/kg; P05: 0.030 mg/kg). El cobre, presentó valores consecuentes con otros estudios realizados en el área de la Bahía de Panamá (72 mg/kg para P04 y 46 mg/kg para P05). El hierro presenta concentraciones altas para P04 (50000 mg/kg) y P05 (48000 mg/kg), aunque como se explicó anteriormente, no siempre puede considerarse este un signo de contaminación ya que descargas naturales pueden ocasionar que se presenten estos valores. Los hidrocarburos presentaron concentraciones relacionadas con las características y actividades que se realizan en toda la zona de la Bahía de Panamá y sus valores fueron más bajos que los reportados para el área del Muelle de Rodman.

Tabla 6-19
Resultados del Análisis Químico – Sitio de Disposición

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS		VALORES GUÍAS (mg/kg)
			P04	P05	
% Sólidos	%	Porcentaje/Humedad	49	41	
Aceite y grasa	mg/Kg	9071B	ND	ND	
Arsénico	mg/Kg	6010B	10	7	5.9
Cadmio	mg/Kg	6010B	ND	ND	0.6
Cobre	mg/Kg	6010B	72	46	
Cromo	mg/Kg	6010B	58	47	37.3
Hierro	mg/Kg	6010B	50000	48000	
Estaño	mg/Kg	6010B	ND	ND	
Manganoso	mg/Kg	6010B	350	320	
Mercurio	mg/Kg	7471 ^a	0.1	0.03	0.17

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS		VALORES GUÍAS (mg/kg)
			P04	P05	
Plomo	mg/Kg	6010B	18	6.7	35.0
Zinc	mg/Kg	6010B	110	72	123
HIDROCARBUROS					
C8-C40	mg/Kg	FL – PRO	29	110	
C8-C10	mg/Kg	FL – PRO	ND	ND	
C10-C28	mg/Kg	FL – PRO	ND	40	
C28-C40	mg/Kg	FL – PRO	21	81	

Fuente: Elaborado por URS Holding, basándose en Informe Técnico de Análisis Químicos de International Analytical Group, 2007. Nota: ND: no detectable.

6.7.1.3 *Caudales (máximos, mínimos y promedios anuales)*

Considerando que dentro del área de estudio terrestre no existe cursos de agua superficiales este tema no se desarrolla.

6.7.1.4 *Corrientes, Mareas y Oleajes*

6.7.1.4.1 *Sitio de Dragado*

En la costa pacífica la circulación de aguas está dominada por los movimientos inducidos por las mareas (semi-diurnas) las cuales tienen una amplitud de 5.0 m en mareas vivas y 2.7 m en mareas muertas. Esta circulación produce corrientes de velocidades máximas de 0.2-0.3 m/s generalmente en el área del estuario más cerca del mar, y en aguas a poca profundidad a los lados del Canal de Panamá, la acción combinada de corrientes y olas produce erosión y circulación de sedimentos.

Para la caracterización de las corrientes, mareas y oleajes en el sitio de dragado se utiliza por su cercanía al área del proyecto, los datos provenientes de las mediciones de corrientes realizadas por la ACP en el área de la Rada del Puerto de Balboa. Las mediciones se realizaron durante el mes de abril del año 2005, y sus resultados indican que durante la marea saliente las corrientes llevan una dirección Sureste y disminuyen la velocidad de 0.14 m/s al entrar frente al área del proyecto hasta 0.08 m/s al momento de su salida. (Figura 6-9). Por su parte, durante la marea

entrante, se obtuvo que la dirección de las corrientes hacia el área del proyecto es en sentido Noroeste con una velocidad de 0.22 m/s (Figura 6-10).

6.7.1.4.2 Sitio de Disposición de Material

Las corrientes del sitio de disposición están influenciadas por la corriente oceánica del Golfo de Panamá combinada con la oscilación de las mareas. En la Bahía de Panamá generalmente los flujos más fuertes se alinean Norte-Sur, controlados por el efecto de las mareas, y el efecto de la corriente oceánica proporciona un componente hacia el Oeste. Las velocidades máximas de las corrientes no exceden de alrededor de 0.3 m/s. El flujo residual se dirige hacia el Oeste o Sur-Oeste.

El estudio del “Dragado de Mantenimiento del Puerto de Rodman y Disposición Final del Material Dragado”, elaborado por Rea Consulting, S.A. en el año 2002, describió el comportamiento de las corrientes dentro del área de disposición de material de dragado, en dicho estudio se indicó que la fase y la dirección del movimiento de la marea afecta la corriente predominante. Durante la marea entrante, la dirección de la corriente tiende a oscilar de norte - noreste hacia el este - noreste y la velocidad disminuye de más de 0.7 nudos a menos de 0.4 nudos en el punto pico de movimiento de la marea, durante la marea saliente la dirección de la corriente tiende a oscilar desde una dirección al Norte NNE mientras que la velocidad aumenta más a 0.8 nudos en el pico de movimiento de la marea.

Las olas en la Bahía están formadas por vientos locales y por un oleaje que entra desde el océano, con dirección Sur Sudoeste-Oeste (200-250°). En agua profunda el oleaje normal tiene una amplitud de 1.0 m a 1.75 m y un periodo de 10-18 segundos, pero esta energía se disipa más adentro de la Bahía, y a la entrada del Canal es menos fuerte (la condición que ocurra cada 100 años es 0.7 m de amplitud con un periodo de 17 s).

Los vientos locales pueden formar olas de una amplitud de alrededor de 1.0 m y un periodo de alrededor de 4 segundos durante tormentas. Las corrientes inducidas por el pasaje de una ola son de carácter fuerte en aguas de poca profundidad, y en combinación con las corrientes oceánicas y

las corrientes inducidas por la marea pueden erosionar y transportar los sedimentos existentes en el lecho de la bahía; esta es una consideración importante en el análisis de destino de materiales dragados depositados en el mar.

6.7.2 Aguas Subterráneas

Es poca la información existente sobre las aguas subterráneas en el área de estudio, esto debido principalmente a que los estudios realizados se han enfocado en los cuerpos superficiales como principales recursos que son aprovechados.

6.7.2.1 Caracterización del Acuífero

Estudios realizados por The Louis Berger Group (2004), determinaron que el nivel freático en el área del Canal de Panamá evidencia un comportamiento estacional, durante la temporada seca se deprime por debajo de los cinco (5) metros de superficie. Sin embargo, debido a que la textura de los suelos, que es de un alto contenido de arcillas plásticas y a que existe un horizonte argílico (acumulación de arcillas), se produce un nivel freático colgante que se encuentra a menos de un (1) metro de la superficie. Estos niveles suben en la temporada lluviosa a menos de 50 cm de la superficie, causando problemas de drenaje superficial, y en algunos casos, aflorando a la superficie. Mediante perforaciones profundas realizadas, se encontró que el nivel de las aguas subterráneas permanente, se encuentra más profundo, entre cuatro (4) y cinco (5) metros de profundidad (Berger, 2004).

6.8 Calidad del Aire

Las principales actividades realizadas dentro del área de estudio así como, en áreas colindantes son esencialmente portuarias (Puerto de Rodman, Puerto de Balboa), y de tránsito de barcos por el Canal de Panamá. Las fuentes principales de contaminación atmosférica la constituyen los gases producto de las emisiones de los buques, así como del tránsito vehicular pesado que circula por la carretera Panamericana localizada hacia el Suroeste del área de estudio.

Con la finalidad de obtener datos puntuales de la calidad de aire en el área de estudio, se realizó un monitoreo de calidad de aire por métodos pasivos durante un periodo de 21 días, para determinar las concentraciones ambientales (para promedios de 24 horas) de los contaminantes NO₂, SO₂ y PTS. El monitoreo fue realizado por el Instituto Especializado de Análisis (IEA) durante los días del 4 al 25 de junio del 2007. (Ver ubicación del sitio de monitoreo en la Figura 6-7, y el Informe de Medición de Calidad de Aire en el **Anexo 5**).

Los resultados del monitoreo indican que las concentraciones para todos los contaminantes analizados se encuentran dentro de los límites establecidos en las normas utilizadas como referencias (ver Tabla 6-20). Estos resultados evidencian la poca contaminación ambiental registrada para el periodo de muestreo en el área de estudio, debido a que el área no está expuesta a la influencia de las emisiones vehiculares o industriales de magnitud. Los valores obtenidos pueden considerarse como valores de fondo naturales para los contaminantes monitoreados¹⁸.

Otros estudios realizados en áreas colindantes (Puerto de Balboa), señalan que las operaciones portuarias existentes no producen vapores tóxicos, ni gases de efecto invernadero. Las fuentes identificadas de contaminación atmosférica incluyen: los barcos que transitan por el Canal de Panamá y que atracan a los Puertos de Balboa y Rodman, vehículos a motor que operan en ambos puertos, como grúas y mulas y vehículos de residentes¹⁹.

Tabla 6-20

Resultados de Calidad de Aire vs. valores de norma, concentraciones de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Contaminante	Valor Obtenido (Promedios)	Valor Norma			
		OPS- OMS ²⁰	OPS- OMS ²¹	EPA	ANAM
Total de partículas en suspensión PTS	19.9	-	-	-	150
Dióxido de Azufre SO ₂ (1)	4.3	365	500	365	365
Dióxido de Azufre	1.0	365	500	365	365

¹⁸ Informe de Monitoreo PTS/NO₂/SO₂. Área de Rodman, para URS Holdings, Inc, junio 2007.

¹⁹ EIA, Categoría II, de la Expansión del Puerto de Balboa, Fase 4. febrero 2006.

²⁰ Valores Guías de OPS-OMS hasta octubre del 2006

²¹ Nuevos Valores Guías de OPS-OMS desde octubre del 2006

Contaminante	Valor Obtenido (Promedios)	Valor Norma			
		OPS- OMS ²⁰	OPS- OMS ²¹	EPA	ANAM
SO ₂ (2)					
Dióxido de Nitrógeno NO ₂ (1)	13.7	160	200	-	150
Dióxido de Nitrógeno NO ₂ (2)	9.7	160	200	-	150

Fuente: Elaborado por URS Holdings, basándose en valores obtenidos del Informe de Monitoreo, Área de Rodean Área Canalera. 2007.

6.8.1 Ruido

Para determinar las condiciones actuales en cuanto a los niveles de ruido ambiental se realizó un monitoreo durante los días 18 al 24 de abril del 2007 en cinco puntos previamente establecidos en el perímetro del área de estudio y un punto de monitoreo central, (Ver localización en Figura 6-7; Fotos de a 5 a la 9). Las lecturas de ruido fueron tomadas utilizando un Sonómetro Integrador Registrador, modelo 407780 de Extech (Foto 5 y 8). La calibración del equipo de ruido fue verificada con un calibrador acústico antes de cada medida. Los niveles de ruido en cada sitio fueron medidos por periodo de una (1) hora en la escala A. Todos los puntos de muestreo fueron medidos en horarios diurnos (6:00 A.M. a 9:59 P.M.) y nocturnos (10:00 P.M. a 5:59 A.M.), registrando el L máximo (Lmáx), L mínimo (Lmin), y L equivalente (Leq), que representa el nivel de ruido ponderado en la hora de medición. Adicionalmente, se registró información complementaria, como lo es ruido ambiental existente, condiciones climáticas al momento de realizar las mediciones. (Los certificados de calibración del equipo se incluye en el **Anexo 6**).

Condiciones Atmosféricas

Las condiciones atmosféricas durante los monitoreos diurnos fueron favorables. Durante los monitoreos nocturnos se presentaron condiciones atmosféricas variadas, ya que durante algunas horas el tiempo presentó una ligera llovizna. En la Tabla 6-21 se presentan las condiciones ambientales durante los monitoreos de campo.

Tabla 6-21
Condiciones Ambientales Durante los Monitoreos de Campo

ID del Sitio de Monitoreo	Humedad Relativa (%)		Temperatura (°C)		Velocidad del Viento (MPH)	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
Punto 1	43.0	* ¹	37.1	* ¹	0.1	* ¹
Punto 2	39.5	90.2	34.0	24.7	2.6	0.5
Punto 3	67.6	83.7	30.0	25.4	2.3	2.2
Punto 4	46.2	85.6	33.2	25.6	2.6	0.4
Punto 5	37.6	84.2	33.4	25.8	1.3	1.4

Fuente: Elaborado por URS Holdings, sobre la base de datos de campo.

Nota: todos las mediciones diurnas fueron realizadas bajo condiciones de un día soleado y sin lluvias, Las mediciones nocturnas fueron realizadas bajo condiciones de lloviznas y tiempo nublado para los puntos 3 y 4. *¹ el monitoreo en el Punto 1 no pudo ser realizado para el horario nocturno por estar el área de monitoreo cerrada.

Resultados de Monitoreos

Los resultados de las mediciones se resumen en la Tabla 6-22 mostrada a continuación. En términos generales, el ruido de línea base registrado durante el presente monitoreo osciló entre los Leq de 49.3 y 55.8 decibeles durante el horario diurno y entre Leq de 43.3 y 53.6 decibeles para el horario nocturno.

Los resultados obtenidos para el monitoreo diurno indican cumplimiento de todos los valores reportados con la norma de referencia nacional (Decreto Ejecutivo No.1). No así los resultados del monitoreo nocturno, los cuales indicaron incumplimiento con la norma de referencia para los puntos de monitoreo 2 y 5 (50 dBA para horarios nocturnos). De acuerdo a los datos de campo se observa que dichas excedencias pudieron deberse a que durante la realización de ambos monitoreos se registró una leve llovizna que pudo influenciar en los resultados obtenidos.

Durante las visitas al sitio se observó que los niveles de ruido existentes en el área de estudio, están asociados a la flota vehicular temporal que circula por la carretera interna de la antigua base hacia el Puerto de Rodman, aquellos producidos por las actividades portuarias (Balboa y Rodman), muy esporádicos los ruidos producidos por las embarcaciones que transitan por el Canal de Panamá y por aquellos generados por las bocinas y/o troneras del transporte público o de camiones que cruzan el Puente de Las Américas.

Tabla 6-22
Resultados de los Monitoreos de Ruido Ambiental, dentro del Área de Estudio

ID del Sitio de Monitoreo	Coordenadas		Fecha	Hora de inicio	Período	Nivel de Ruido Medido (dBA)			Valor Norma	Ruido de Fondos
	X	Y				Leq	Lmáx	Lmin		
Punto 1 Límite Norte	0656291	0990535	18/04/07	12:42 P.M.	Diurno	51.6	78.2	36.1	60	Aves
					Nocturno* ¹				50	
Punto 2 Centro	0656524	0990121	18/04/07	4:10 P.M.	Diurno	49.3	65.9	41.7	60	Aves
			23/04/07	10:45 P.M.	Nocturno	53.6	56.2	43.8	50	llovizna
Punto 3 Límite Este	0656607	0989943	19/04/07	10:59 P.M.	Diurno	52.8	66.8	46.1	60	Transito de vehículos, actividades portuarias, voces de personas
			24/04/07	12:13 A.M.	Nocturno	47.3	62.1	41.2	50	
Punto 4 Límite Sur	0656567	0989629	19/04/07	12:14 P.M.	Diurno	55.8	72.8	50.0	60	Transito de vehículos, actividades portuarias, voces de personas, troneras de buses.
			24/04/07	1:42 A.M.	Nocturno	43.3	63.1	40.3	50	
Punto 5 Límite Oeste	0656011	0990265	19/04/07	1:39 P.M.	Diurno	54.7	80.3	40.4	60	Bocinas de barcos, voces de personas, transito de vehículos
			24/04/07	3:03 A.M.	Nocturno	52.3	74.3	40.3	50	

Fuente: Elaborado por URS Holdings para el estudio.

Nota: *¹ el monitoreo en el Punto 1 no pudo ser realizado para el horario nocturno por estar el área de monitoreo cerrada.

6.8.2 Olores

Hoy en día el olfato, junto con el sentido de la vista, se mantiene como un factor clave de aceptación o rechazo de nuestro entorno. Este hecho es particularmente importante cuando una población está expuesta a determinadas percepciones de olores, como por ejemplo, olores procedentes de una instalación industrial, de un área abierta, por ejemplo: (descarga de aguas negras, basurero a cielo abierto, etc.), en este caso en particular, las actividades de dragado y depósitos. En algunas ocasiones, los olores percibidos pueden provocar molestias al ser humano, afectando negativamente la sensación de bienestar pudiendo inducir efectos secundarios como dolor de cabeza y náuseas²².

Para caracterizar los olores dentro del área de estudio se realizó una evaluación de campo que consistió en medición de olores puntuales en diversas áreas utilizando un olfatometro de campo (Nasal Ranger). El Nasal Ranger basa su funcionamiento en una serie calibrada de diluciones mediante la mezcla de los olores ambientales con el aire filtrado por filtros de carbono libre de olor. En el campo de la olfatometría este proceso se define como Límite de Dilución (Dilution to Threshold, D/T). Esta es una medida del número de diluciones necesarias para llevar los olores ambientales a niveles no detectables. Este factor de dilución fue definido por la U.S. Public Health Service (actualmente EPA) de los Estados Unidos en la década de los años 50 y 60. El olfatometro de campo calcula esta tasa de dilución de la siguiente manera:

$$D/T = \frac{\text{Volumen de Aire filtrado por el Carbón}}{\text{Volumen de Aire Ambiental con Olor}}$$

La literatura cita como valores de referencia de normas de olores, límites de dilución entre 2, 4, 7 y 15. El valor de la dilución que se registra constituye el umbral o límite de dilución (D/T). No obstante lo anterior, si al llegar a la dilución de 2 todavía no se detecta ningún olor, se podrá reportar como valor de 0 (ausencia de olor).

²² Estudio Final Científico y Técnico – Normas de Calidad de Controles de Olores Molestos, URS Holdings, Inc. Noviembre, 2004.

El monitoreo de intensidad de olores fue realizado el día 18 de abril del 2007, por personal de URS Holdings, Inc. (Foto 10). Para el levantamiento de la información de campo se utilizaron además, un GPS para marcar los puntos de monitoreo y las hojas de campo con los formatos previamente elaborados. En cada punto se registraron dos mediciones como control y la presencia de dos técnicos diferentes.

Los sitios de medición corresponden a los límites del área de estudio, incluyendo un punto central y algunos puntos al sur donde actualmente se desarrolla la mayor actividad del área; en total se tomaron lecturas con el olfatometro de campo en 8 puntos en total. Ver Tabla 6-23 con los puntos de medición (Figura 6-7).

Tabla 6-23
Resultados de la Medición de Olores Molestos, Área de Rodman

Sitio	Lugar	Coordenadas		Intensidad		Descripción del Olor
		X	Y	Medición 1	Medición 2	
Punto 1	Limite Norte	0656291	0990535	0	0	Ninguno
Punto 2	Centro	0656524	0990121	0	0	Ninguno
Punto 3	Limite Este	0656607	0989943	2	0	Combustible
Punto 4	Limite Sur	0656567	0989629	7	2	Combustible/humo
Punto 5	Limite Oeste	0656011	0990265	0	2	Humo
Punto 6	Limite Sur	0656611	0989596	7	2	Combustible/combustible
Punto 7	Limite Sur	0656527	0989826	0	0	Ninguno
Punto 8	Limite Este	0656713	0990076	0	2	Humo

Fuente: Elaborado por URS Holdings, sobre la base de información de monitoreo de campo.

Los resultados del muestreo reportaron valores de 0 para la mayoría de los sitios medidos, 4 puntos de medición mostraron valores de intensidades de 2 y 7, correspondiendo estos valores a las áreas límites al Puerto de Rodman y al área de navegación del canal, donde fue percibido un olor a combustible y humo. Las condiciones atmosféricas del muestreo fueron favorables, día soleado, dirección del viento predominante hacia el Noreste, temperaturas de 34°C y humedad de 39.5%.

6.9 Amenazas Naturales

Se denomina amenaza o riesgo natural a la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el ambiente por causa de un fenómeno natural. A continuación se presenta una reseña de la situación relacionada con las amenazas naturales enfocadas para el área central de Panamá y especificando cuando sean posible los eventos reportados para el área de estudio y/o sitios colindantes al Proyecto. Entre las amenazas naturales analizadas se incluyen la sismicidad, las inundaciones y la erosión y deslizamientos.

6.9.1 Sismicidad

Los sismos se describen como movimientos de la corteza terrestre que generan deformaciones intensas en las rocas del interior de la tierra, acumulando energía que súbitamente es liberada en forma de ondas que sacuden la superficie terrestre²³. El área de estudio está ubicada en una zona de convergencia de placas terrestres estructuralmente compleja. Esto la convierte, según los especialistas del Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, en un área con riesgo sísmico, a pesar de poseer una sismicidad baja, en razón de que históricamente han existido eventos sentidos por las poblaciones próximas a la Ciudad de Panamá, las cuales han sido asociadas con fallas existentes (Cowan, 2001). 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.

Basados en datos geofísicos y pautas topográficas y de fallas, algunos autores proclaman la existencia de una frontera tectónica, llamada Discontinuidad del Canal o Zona de Fractura Gatún, que corta a la mitad el Istmo de Panamá y corre con una orientación NNO-SSE²⁴.

Igualmente, otros autores han sugerido que fallas en esta región son fallas descontinuadas normales ubicadas entre N40°E y N70°E. La Falla Gatún es la más importante de estas fallas. Es activa pero produce un nivel de sismicidad muy bajo.

²³ Roque H., Katherin, 2007. Los Desastres Naturales.

²⁴ Louis Berger Group Ltd 2004

La región central de Panamá presenta muchas fallas, pero no todas tienen el potencial para causar terremotos, en otras palabras no todas las fallas en esta región son fallas activas. Según el estudio “Los Terremotos en el Istmo de Panamá” (Camacho, 2006), en la región determinada como Panamá Central, que involucra el área donde se emplaza el Canal de Panamá, la sismicidad es muy baja y ésta, históricamente, sólo ha dado origen a un evento destructor, el cual ocurrió el 2 de mayo de 1621. Dicho evento, causó daños en la Ciudad de Panamá, en donde la intensidad alcanzó los VII MM (Víquez y Camacho, 1993) y sus réplicas se sintieron de forma casi diaria, de mayo hasta agosto. En la Tabla 6-24, se muestra un resumen de los principales eventos sísmicos históricos ocurridos en el área central de Panamá.

Tabla 6-24
Principales Eventos Sísmicos Ocurridos en el Área en General

Fecha	Detalles
21 Noviembre 1541	Sentido en la Ciudad de Panamá
2 Mayo 1621	Epicentro en la Costa Pacífica. Intensidad > 7.0
7 Mayo 1822	Originado por convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, Bocas. Magnitud de 7.5. Licuefacción y tsunami a lo largo da la costa del Caribe.
13 Octubre 1873	Sentido más severamente en Aspinwall-Colón
7 Septiembre 1882	Originado por convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, San Blas. Magnitud 7.7 – 8. Licuefacción y tsunami a lo largo de la costa del Caribe y daños en la Ciudad de Panamá.
5 Febrero 1883	Originado en Falla Azuero – Zona o bajo superficie marina. Magnitud 7.0. Daños pequeños en la Ciudad de Panamá.
30 Septiembre 1909	Originado en Altos de Balboa-Panamá y Nombre de Dios-Colón
27 Mayo 1914	Originado por convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, San Blas. Magnitud 6.5 – 7.2. Ciudades terminales de Panamá y Colón
7 Marzo 1930	Originado por convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, San Blas. Ciudad de Panamá y Colón. Magnitud 6.0 – 6.5.
21 Noviembre 1935	Originado por convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, San Blas. Magnitud 6.5. Sentido fuertemente en la Zona del Canal.
2 Mayo 1943	Originado en Falla Sur de Panamá. Magnitud > 7.0. Sentido fuertemente en la Ciudad de Panamá.
4 /6 Enero 1951	Originado en Falla Sur de Panamá. Magnitud 6.7, > 7.0. Temblor preliminar y principal. Daño moderado en la Ciudad de Panamá .
26 Julio 1962	Originado en Falla Sur de Panamá. Magnitud 6.7 - 7.0. Sentido fuertemente en la Zona del Canal, sin reporte de daños.
19 Enero 1971	Originado por convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, Panamá. Magnitud 5.5 – 6.5. Estremecimiento fuerte en la Ciudad de Panamá, daño moderado.
12 Julio 1974	Zona de Colisión Colombia – Panamá Este. Magnitud 7.3. Temblor fuerte y

Fecha	Detalles
	daños notables.
11 Julio 1976	Zona de Colisión Colombia – Panamá Este. Magnitud 6.8, 7.0. Dos eventos en 4 horas. Sentido fuertemente en la Ciudad de Panamá, sin daños reportados.
26 Febrero 2000	Originado por Convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, San Blas. Magnitud 6.1. Sentido fuertemente en la Ciudad de Panamá, daños menores.
16 Marzo 2002	Epicentro Cuenca de Bayano. Intensidad $Mw = 5.0$
13 Agosto 2003	Originado por la convergencia del Cinturón Deformado del Norte de Panamá

Fuente: Elaborado por Consultores de URS Holdings, Inc. a partir de The Louis Berger Group Inc., 2004 y URS Holdings, 2007.

6.9.2 Inundaciones

El concepto de inundaciones aquí planteado, se entiende como aquellos eventos que se presentan en zonas aledañas a los cauces de las corrientes naturales y que ocurren por causa de desbordamiento de las mismas.

Las magnitudes y los efectos de las inundaciones dependen de las características de las crecientes que son generadas por lluvias intensas, y de otros eventos relacionados con ellas, como son los deslizamientos de taludes, la formación y el rompimiento de presas naturales, y las obstrucciones al flujo por destrucción de obras civiles.

Las zonas inundables se clasifican de acuerdo con las causas que generan las inundaciones. Estas causas son las siguientes:

- Encharcamiento por lluvias intensas sobre áreas planas;
- Encharcamiento por deficiencias de drenaje superficial;
- Desbordamiento de corrientes naturales;
- Desbordamiento de ciénagas;
- Avalanchas producidas por erupción volcánica, sismos, deslizamientos y formación de presas naturales;
- Obstáculos al flujo por la construcción de obras civiles: puentes, espolones y obras de encauzamiento, viviendas en los cauces y represamientos para explotación de material aluvial; y
- Sedimentación.

Sobre la base de esta definición y en función de la información disponible no se encontró áreas propensas a inundaciones y sus posteriores efectos sobre el medio natural y humano, salvo los eventos controlados de derrames que realiza la ACP para manejo de las aguas en el funcionamiento del Canal de Panamá²⁵, los cuales no han provocado inundaciones en el área del Proyecto hasta la fecha.

6.9.3 Erosión y Deslizamientos

La pérdida de suelos por erosión hídrica y los deslizamientos de tierras ocurren como resultado de cambios súbitos o graduales de la composición, estructura, hidrología o vegetación de un terreno en declive o pendiente.

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

Por la combinación de la estratigrafía, la actividad sísmica, el clima lluvioso, y las actividades diarias en el Canal, en casi todas las pendientes del área del Canal existe un potencial de derrumbes, lo que causa sedimentación, sin embargo, el área de estudio está cubierto por una capa vegetal que protege el aumento de la sedimentación en el área y sólo se atribuye a aquella de tipo natural geológica. Una vez establecida la Terminal, el área estará protegida en su mayoría por una capa de concreto evitando la sedimentación.

²⁵ EIA Categoría III Programa de Ampliación del Canal de Panamá – Tercer Juego de Esclusas. URS Holdings, 2007.