

6.0 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

El capítulo que se presenta a continuación, contiene la información relacionada con los aspectos geológicos, caracterización del suelo, topografía, clima, hidrología, calidad del aire y vulnerabilidad del proyecto frente a amenazas naturales como son: las inundaciones, erosión y deslizamiento. Para su desarrollo se ha tomado en consideración el contenido mínimo establecido en el Decreto Ejecutivo No 123 del 14 de agosto de 2009. Adicionalmente, debido a las características particulares con las que cuenta el área de influencia del proyecto, es importante establecer que la misma se ha dividido en dos grandes componentes a saber: el área del alineamiento y el área de las instalaciones auxiliares, con lo cual se pretende facilitar la comprensión del tema en desarrollo, especialmente cuando nos referimos a zonas que, por sus usos específicos, se encuentran aisladas unas de otras. Para aquellos casos en los cuales la información de los componentes sea similar, no se hará referencia a los mismos sino que se hablará del área del proyecto en general.

Como parte de los documentos de referencia para este capítulo se utilizaron algunos estudios realizados por la firma consultora y otra documentación complementaria, tales como: el Informe de Línea Base de la Línea 1 del Metro de Panamá (Panamá Environmental Services - PES 2010), el Estudio de Impacto Ambiental – Categoría III Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá – Tercer Juego de Esclusas (URS Holdings 2007), Mapa Hidrogeológico de Panamá (1999) y el Plan Regional de Uso de Suelo de la Autoridad de la Región Interoceánica (ARI 1996), entre otros.

ASPECTOS FÍSICOS DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE PANAMÁ

6.1 Formaciones Geológicas Regionales

Área del Alineamiento

A nivel regional, las investigaciones geológicas del área central de Panamá, dentro de la cuál se encuentra el Proyecto, han revelado la presencia de una cuenca sedimentaria bien definida; la

cual, se extiende desde el Pacífico hasta el Caribe, formando una pared interconectada de cuencas delgadas y alargadas.

En la región donde se localiza el área de alineamiento de la ruta del Metro, existen dos formaciones geológicas regionales identificadas, la Formación Panamá (TO-PA) y la Formación La Boca (TM-LB), las cuales predominan en el entorno donde se ubica la ciudad de Panamá. Ambas pertenecen al periodo Terciario, siendo la Formación Panamá (TO-PA) la que se caracteriza por ser la de mayor extensión (Ver Figuras 6-1 a; 6-1 b).

Formación Panamá

La Formación Panamá es de origen extrusivo y muestra dos facies: terrestre y marina. La facie terrestre consiste primordialmente de aglomerados y tobas que se extienden desde el lago Miraflores hacia la ciudad de Panamá, hacia el Noreste, a través de la división continental y hacia el Este en el área de la Costa Pacífica (Ver Figuras 6-1 a y 6-1 b). La facie marina presenta areniscas tobáceas, limonitas tobáceas, lentes de depósitos de corrientes y lentes de calizas marinas.

Los aglomerados de esta Formación consisten en bloques subangulares a subredondeados de andesita altamente diseminados en una matriz tobácea. Los depósitos de corriente están hechos de areniscas tobáceas que exhiben estratificación cruda. Esta formación data del Oligoceno Superior y engloba más de un 70% de la Ciudad de Panamá.

Formación La Boca

La formación La Boca es sedimentaria de origen volcánica compuesta de areniscas, limonitas, calizas, lutitas ligníticas, aglomerados y tobas que datan del Mioceno Superior. Todos los materiales son tobáceos, depositados en agua, calcáreos, variadamente fosilíferos e hidrotermalmente alterados a minerales arcillosos. La misma subyace en toda la zona Este de la entrada del Canal de Panamá (Ver Figura 6-1 b). Esta Formación cuenta con tres (3) divisiones básicas:

1. La parte más baja es una serie de agua salobre de una limonita relativamente débil de suave a medianamente dura, con limonitas ligníticas intercaladas frecuentemente con un conglomerado basal presente. A este estrato se le conoce como Las Cascadas.
2. La porción media es una serie marina de aguas someras con calizas y lentes de areniscas y limonitas que comprenden el miembro de la Caliza Emperador. Las calizas son un depósito de arrecife, duro, denso y fosilífero.
3. La serie superior es un espesor de arenisca, arenisca tobácea, aglomerado tobáceo y toba que representa condiciones ambientales de gradual aumento de profundidad. Esta serie está topada por un flujo basáltico en el cerro Las Cascadas.

Áreas Auxiliares

Debido a que las cinco (5) Áreas Auxiliares seleccionadas se localizan dentro de la ciudad de Panamá, al igual que el alineamiento del Metro, en ellas también se identificaron las mismas formaciones geológicas regionales ya que éstas predominan en el entorno donde se ubica la Ciudad de Panamá (Ver Figuras 6-1 a y 6-1 b). Dichas formaciones son: Formación Panamá “TO-PA” facie terrestre, la cual es dominante hacia el sector Norte y medio del alineamiento del Metro (Parcela de UNESA Tinajitas, Terreno de la UP y Patio y Talleres) y la Formación La Boca “TM-LB”, que en la región se ubica principalmente hacia el Sur del alineamiento en la Cuenca del Canal de Panamá en los sectores de Corte Culebra y la Esclusas del Pacífico (Amador 1 y Patio de Ferrocarril).

6.1.1 Unidades Geológicas Locales

Área del Alineamiento

La geología del área del alineamiento, toma como base la información establecida en el Mapa Geológico 1:100,000 del Atlas Nacional de la República de Panamá (Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia - 2007); así como, los resultados de las perforaciones realizadas por la empresa Ingenieros geotécnicos, S.A., TECNILAB, S.A. y el Mapa Geológico de la Comisión del Canal.

La geología en el área del alineamiento del proyecto, proviene del Periodo Terciario y se encuentra representada por dos formaciones geológicas a saber: la Formación Panamá (TO-PA), que va desde el área de los Andes (PK 13 + 700) hasta aproximadamente la intersección de la Vía España con la Ave. Justo Arosemena (PK 4+200) ocupando un área de 8.718 ha (15.6%) y la Formación La Boca cuya distribución dentro del área de influencia establecida para el alineamiento del proyecto estaría dada desde el límite con la Formación Panamá (PK 4+200), hasta la estación final en el área de Albrook (PK 0+00), ocupando un área de 47.015 ha (84.3%) (Ver Tabla 6-1 y Figuras 6-1 a; 6-1 b).

Tabla 6-1
Formaciones Geológicas Presentes en el Alineamiento del Proyecto

Formación	Unidad Geológica	Período	Formas	Estratotipos	Área (has.)	Porcentaje (%)
Panamá	TO-PA	Terciario	Sedimentarias	Areniscas tobácea, lutita, tobácea, caliza algácea y foraminifera	8.718	15.642
La Boca	TM-LB	Terciario	Sedimentarias	Esquistos arcillosos, lutitas, areniscas, toba y caliza.	47.015	84.358

Elaborado por URS Holdings, Inc.

Como resultado de los trabajos de campo realizados para este proyecto, donde se hicieron 145 perforaciones con equipo mecánico, todas a una profundidad de 30 metros y a intervalos apropiados (cada 100 m) para obtener información sobre la capacidad de soporte o consistencia de los suelos (Ver Anexo 6-1 en Formato Digital debido al volumen del mismo), se encontró lo siguiente:

Tramo del Alineamiento	Características
Los Andes – Fernández de Córdoba. (PK 13+700 – PK 6+500)	Presenta un aglomerado interrumpido ocasionalmente por estratos de tobas. La sección subterránea que inicia entre la Ave. 12 de Octubre y la Fernández de Córdoba transcurre sobre roca meteorizada en su gran mayoría, aparentemente este tramo no presenta mucha fracturación. La masa rocosa se puede considerar en bloques.
Vía España – Justo Arosemena hasta la Calle 38. (PK 6+500 – PK 3+400)	Esta sección transcurre de forma bastante uniforme sobre roca sana o con poca meteorización. En ciertos sectores se presentan ocasionalmente secuencias de diferentes tobas y aglomerados con propiedades de macizo rocoso diferentes. Hacia la

Tramo del Alineamiento	Características
	intersección de la Vía España con la Ave. Justo Arosemena (calle 38), se presentan rocas lávicas andesíticas-basálticas, alternando con tobas en todo el sector y con aglomerados de basalto a toba consistentes (rocas de diferente dureza relativamente similares).
Justo Arosemena desde Calle 39 – Ave. 3 de Noviembre (PK 3+300 – PK 2+200)	En esta zona entran en contacto la Formación Panamá que se va debajo de la Formación La Boca. La construcción del túnel en este sector se ha planificado a una profundidad donde limitan la roca meteorizada con la roca sana. A medida que se acerca a la Plaza 5 de Mayo la calidad de la roca disminuye y se presentan cambios litológicos con zonas de fuerte fracturación, las cuales podrían ser zonas de fallas regionales. En este tramo el túnel se ubica un 38% dentro de roca sana y un 62% dentro de roca meteorizada.
5 de Mayo – Albrook (PK 2+200 – PK 0+00)	Este tramo del alineamiento, se caracteriza por ser una zona donde predomina la arenisca de la Formación La Boca y donde la masa rocosa se presenta de triturada a fracturada, indicando un sector de posibles fallas que cuenta con una circulación de agua importante. En el área adyacente a Curundú, se cuenta con una fracturación más moderada y la masa rocosa va de fracturada a masiva en bloque. Se observa alteración hidrotermal leve.

Fuente: Secretaría del Metro de Panamá

Áreas Auxiliares

Con relación a la descripción geológica de las Áreas Auxiliares de la Línea 1 del Metro de Panamá, la misma se realizó utilizando como base el Mapa Geológico de Panamá, El Estudio de Descripción del Ambiente Físico del Estudio de Impacto Ambiental Categoría III Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá – Tercer Juego de Esclusas, los resultados de las perforaciones para el estudio del Metro realizadas por la empresa Ingenieros Geotécnicos, S.A. y TECNILAB, S. A. y la información obtenida a través de observaciones llevadas a cabo durante las giras de reconocimiento. A continuación se detalla la geología presente en las distintas Áreas Auxiliares:

Uso Propuesto/ Áreas Auxiliares	Formación Geológica	Características Geológicas	Área (ha.)
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Viaductos Parcela de UNESA Tinajitas	Formación Panamá “TO-PA” facies terrestre o volcánica	Pertenece al Grupo Panamá facie terrestre formado en el Periodo Terciario de la época del Oligoceno. Esta formación incluye conglomerados depositados por las corrientes que consisten en areniscas tobáceas con estratificaciones naturales. La formación contiene peñones (“boulders”), guijarros y cantos rodados, que son redondeados a semi-redondeados y sub-angulares.	4.76
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Dovelas Terreno Universidad de Panamá			2.719
Sitio de Depósito de Material de Excavación Amador 1	La Boca “TM-LB”	Grupo Culebra es una formación sedimentaria formada en el Terciario Mioceno inferior que consiste de esquisto arcilloso, lutita, arenisca, toba y caliza. Esta formación corresponde a tres Áreas Auxiliares que se utilizarán para la Línea 1 del Metro de Panamá:	6.808
Sitio de Deposito de Material de Excavación Patio de Ferrocarril			6.882
Patio y Taller			10.960

Elaborado por: URS Holdings, Inc.

6.1.2 Caracterización Geotécnica

La geotecnia, es una nueva rama de la geología que se encarga de estudiar el comportamiento de las rocas y de los suelos expuestos a cualquier obra civil. La geotecnia, determinará la estabilidad, resistencia y viabilidad de los materiales que componen las diferentes formaciones ante la construcción de una obra de desarrollo. Dentro de este marco, se presentan las características geotécnicas del área de influencia del proyecto para los diferentes componentes del mismo.

Área del Alineamiento

Para conocer un poco más sobre las características geotécnicas del área del alineamiento, se presenta a continuación el análisis de la información recabada en campo para diferentes tramos identificados a lo largo del alineamiento del proyecto, los cuales tienen como base las perforaciones realizadas por las empresas Ingenieros Geotécnicos, S.A. y TECNILAB, S. A. (Ver Anexo 6-1 en Formato Digital debido al volumen del mismo).

Tramo del Alineamiento	Características
Los Andes – Fernández de Córdoba. (PK 13+700 – PK 6+500)	<p>La geología del subsuelo es cónsona con la geología superficial. Las rocas se presentan muy meteorizadas y fracturadas en todas las direcciones. Se puede decir que tienen una dureza moderadamente suave a fuerte y suelos residuales de consistencia suave muy húmedos, por lo que resulta muy inestables y erosionables. El nivel freático no es consistente en toda la ruta; el mismo se presenta muy localizado.</p> <p>Dado que este tramo corresponde a la parte elevada del Metro, las rocas no deberían ser un problema mayor siendo que el mismo se fundamentará ya sea en zapatas, fundaciones o pilotes.</p>
Fernández de Córdoba – 5 de Mayo (PK 6+500 – PK 2+200)	<p>Este tramo se caracteriza porque en muchos de los puntos analizados, no existe correlación con la geología superficial. Los suelos corresponden a limos arenosos, arenas limosas con alto contenido de humedad. El nivel freático es somero y constante, lo cual hace que la resistencia de estos suelos disminuya. La roca meteorizada se localiza a una profundidad media, a partir del suelo, que no es mayor de quince metros.</p> <p>En esta zona predomina el aglomerado tobáceo, color marrón, fuertemente fracturado, con intervalos completamente triturados, de resistencia moderadamente débil a débil, presentando algunas inclusiones de arenisca, las fracturas transversales son de superficie rugosa, y escalonada, manteniendo un patrón continuo. Las fracturas tienen un espaciamiento de cercano a muy cercano, según se profundiza, la roca se torna de un color gris marrón a gris, con clastos de tamaño medio, ligeramente meteorizados, moderadamente suave y resistencia débil, fracturado, con fracturas cercanas, rellenas de una película muy delgada de óxido de hierro. Esta roca al igual que los suelos tiene propiedades geomecánicas muy débil ya que la materia cementante corresponden a cenizas volcánicas, las cuales en presencia de agua, disminuyen su resistencia al corte debilitando las mismas especialmente si se encuentran sobre estratos más duros, tal como se indica en los sondeos.</p>

Tramo del Alineamiento	Características
	<p>Hacia el área de la Plaza 5 de Mayo se observaron rocas basálticas y andesíticas muy falladas o fracturadas. Debido a las direcciones caóticas de las fracturas su definición especial se hace difícil, por lo que se requiere un cuidado especial al momento del corte de las mismas.</p>
<p>5 de Mayo – Albrook (PK 2+200 – PK 0+00)</p>	<p>Este tramo se encuentra conformado por limo arenoso y limo arcilloso, de chocolate a chocolate amarillento con un espesor que varía entre 1.50 a 15.00 m, posee una consistencia blanda y plasticidad de alta a media. En cuanto a su contenido natural de agua el mismo se presenta de alto a medio, con un color marrón rojizo, marrón claro y a veces color gris.</p> <p>Después del limo arenoso y limo arcilloso es posible observar un estrato de arenisca tobácea amarillenta, con un espesor que varía entre los 15.00 a 26.00 m con mineralización de limolita, hematita y calcita, reflejando una consistencia dura, plasticidad baja y un contenido natural de agua bajo a medio, color marrón. Cabe resaltar para este estrato, que a los 16 metros de profundidad se encuentra una zona de fracturamiento o fallamiento que se debe considerar al momento de la construcción ya que las mismas tienen inclinaciones de hasta 80° y a partir de los 20.00 metros se presenta un estrato de roca muy fracturado, donde la mayoría de las rocas del subsuelo cuenta con una dureza de suave a moderadamente fuerte.</p> <p>A partir de los 26.00 a 30.00 metros se encontró arenisca tobácea, muy fracturada, de textura clástica, matriz tobácea con mineralización de calcita.</p>

Fuente: Informe Final de la Línea Base Ambiental para el Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 1 del Metro de Panamá (PES, 2010). Elaborado por: URS Holdings, Inc.

Áreas Auxiliares

De acuerdo a las Formaciones Geológicas identificadas en cada una de las Áreas Auxiliares, a continuación se presenta la descripción geotécnica de las mismas.

Uso Propuesto/ Áreas Auxiliares	Características Geotécnicas
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Viaductos Parcela de UNESA Tinajitas	Contienen rocas que generalmente presentan características más resistentes en la región Norte de las Áreas Auxiliares de la Línea 1 del Metro de Panamá. El estudio geotécnico realizado para el diseño del Metro establece que esta formación presenta compresión media del orden de 20.7 MPa, con altos valores de Calidad de Diseño de la Roca “RQD” generalmente por encima del 50%, y condiciones relativamente homogéneas. En este tipo de material se pueden cimentar utilizando pilotes perforados a través de la roca sin camisa. Excavaciones abiertas en lechos rocosos sanos de la formación Panamá, facies terrestre, suelen soportar condiciones estables con pendientes casi verticales (1H: 10V).
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Dovelas Terreno Universidad de Panamá	
Sitio de Depósito de Material de Excavación Amador 1	Es de resistencia débil a moderada con valores de UCS entre 10 y 50 350 kg/cm ³ , y valores de PLT Prueba de Carga Puntual de 0.98 a 5.0
Sitio de Depósito de Material de Excavación Patio de Ferrocarril	

Elaborado por: URS Holdings, Inc.

6.2 Geomorfología

Área del Alineamiento

El área del alineamiento del Metro corresponde a una zona bastante plana, producto de las diferentes intervenciones antrópicas que han tenido lugar a lo largo de los años. A continuación se presenta la descripción de la geomorfología local de los componentes de este proyecto.

Una característica identificada para este componente es la presencia de fallas normales establecidas a lo largo del diseño estructural de la geología del alineamiento, lo cual constituye una de las observaciones resultantes de las perforaciones realizadas. Los conglomerados encontrados presentan material abundante no escogido y con matriz de arcilla y limo.

En la sección del alineamiento que corresponde a la Formación Panamá, es posible observar deformaciones menores y locales, las cuales podrían haberse originado debido a la presencia de clásticos de grados gruesos, aglomerados Bas Obispo y Las Cascadas (TM-CAS), en Panamá Centro.

Los materiales que constituyen la litosfera se mueven y transforman según un sistema cíclico, provocando que las rocas no permanezcan de forma estable sino que tengan acciones y movimientos, tanto físicos como químicos, a través de la tectónica y de la química de la corteza. La ocurrencia de procesos tales como la erosión, transporte y sedimentación; así como, los procesos de metamorfismo, orogénesis y vulcanismo provocan acentuación de los ciclos geoquímicos llamados externo e interno.

Áreas Auxiliares

Los sitios donde se ubican las Áreas Auxiliares para la Línea 1 del Metro de Panamá, son relativamente planos, aunque de topografía irregular, como resultado de movimientos de tierras para los rellenos realizados en el pasado. La geomorfología de las Áreas Auxiliares se clasifica como de llanuras bajas.

6.3 Caracterización del Suelo

La sección que se desarrolla a continuación contiene aspectos relacionados con el uso de suelo existente en el área de influencia directa del proyecto, la capacidad de uso y aptitud; así como, el deslinde de las propiedades.

Área del Alineamiento

Los suelos en el área del proyecto para la construcción de la Línea 1 del Metro de Panamá son rellenos depositados para diversos usos urbanos en los alrededores de la Ciudad de Panamá. Dichos suelos, no presentan horizontes diagnósticos típicos por lo que se clasifican como Antrosoles úrbicos (FAO, 1990).

En el área del alineamiento, estos suelos se encuentran totalmente desarrollados y compuestos en su mayor parte por estructuras viales y servidumbres, por lo que no se requiere hacer un detalle de los mismos.

Áreas Auxiliares

Por su parte, las áreas auxiliares aún cuentan con algo de vegetación correspondiendo a rellenos antrópicos, de los cuales a continuación se describen las características individuales de cada uno.

Uso Propuesto/ Áreas Auxiliares	Características de los Suelos
<p>Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Viaductos</p> <p>Parcela de UNESA Tinajitas</p>	<p>Los rellenos son muy recientes y de topografía irregular. A los lados del cauce natural del área se amontonan los depósitos que han sido distribuidos con hoja frontal de Bulldozer. Los depósitos son profundos y de materiales diversos entre tosca, tierras de diversas procedencias y pedazos de concreto y bloques distribuidos de manera desordenada. La topografía es la más irregular de todas las Áreas Auxiliares. Las lecturas del penetrómetro midieron niveles de compactación que llegan hasta valores de 3.0 kg/cm². Estos suelos se encuentran contaminados con todo tipo de materiales, incluyendo coliformes.</p>
<p>Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Dovelas</p> <p>Terreno Universidad de Panamá</p>	<p>Contiene suelos medianamente profundos de topografía plana y regular. Se pudo observar indicios de erosión laminar en las áreas sin cobertura vegetal. Las lecturas del penetrómetro permitieron establecer que los mismos no están muy compactados. Se midieron niveles de compactación promedio de 0.75.0 kg/cm².</p>
<p>Sitio de Depósito de Material de Excavación</p> <p>Amador 1</p>	<p>Este es un polígono que limita con la costa pacífica y presenta depósitos ya estabilizados por la compactación. Las observaciones con el penetrómetro fueron de más de 3.0 kg/cm², fuera del rango de lectura por lo que los mismos están completamente compactados.</p>
<p>Sitio de Depósito de Material de Excavación</p> <p>Patio de Ferrocarril</p>	<p>Este polígono es largo y angosto, separado del área de operaciones del Ferrocarril de Panamá por una cerca de alambre. En esta área, los suelos son más homogéneos y profundos. Las lecturas de penetrómetro permitieron establecer que los mismos no están compactados a pesar de estar contiguos al ferrocarril. Presentan una bajo nivel de compactación con lecturas de 0.50 kg/cm².</p>

Elaborado por: URS Holdings, Inc.

6.3.1 Descripción del Uso de Suelo

Área del Alineamiento

En la mayor parte del área de influencia directa del Proyecto, el uso de suelo predominante es el residencial-urbano. A continuación, se presentan los diferentes usos de suelo existentes en el área del alineamiento del proyecto; para lo cual, se utilizó como fuente de información el Plan de Zonificación del MIVI. En las Figuras 6-2 a, 6-2 b y 6-2 c se muestran esquemáticamente dichos usos.

El área del alineamiento ocupa en total unas 55.733 hectáreas, donde el 67% (37.284 ha) corresponde a la red vial, le siguen en área de ocupación la Zona Comercial con 10% (5.379 ha) y la Zona Residencial de Alta Densidad + Zona Comercial con 8.12% (4.52 ha); el resto de los usos de suelo ocupan menos del 6% del área del alineamiento (Ver Figura 6-2 a, 6-2 b y 6-2 c). Cabe destacar que, el uso de suelo clasificado como áreas silvestres protegidas no se encuentra dentro del área del alineamiento.

La Tabla 6-2 muestra la distribución de usos de suelo para el área del alineamiento.

Tabla 6-2
Usos de Suelo en el Área de Alineamiento del Metro

Uso de Suelo	Superficie (ha)	%
Industrial	0.752	1.349
Industrial + Zona Comercial	3.762	6.750
Res Especial de Mediana Densidad + Zona Comercial	0.523	0.939
Residencial de Alta Densidad	0.186	0.333
Residencial de Alta Densidad + Zona Comercial	4.526	8.122
Residencial de Mediana Densidad + Zona Comercial	0.202	0.362
Residencial Especial de Mediana Densidad	2.574	4.618
Servicio Institucional Urbano	0.130	0.234
Zona Comercial	5.379	9.652
Zona Mixta Comercial Urbana	0.240	0.431
Zonas de Usos Públicos y Comunales	0.175	0.314
Red Vial	37.284	66.898
Total	55.733	100.000

Elaborado por : URS Holdings Inc.

Considerando que las áreas en las cuales se desarrollarán las obras del Metro en su mayoría corresponden a áreas de uso público y comunal como lo son las vías de circulación vehicular, y que la mayor parte de las estructuras que podrían resultar afectadas se encuentran ubicadas dentro de la servidumbre vial, se espera que no existirán discrepancias significativas en cuanto al uso de suelo. Se debe tener en cuenta que, el proyecto conlleva un Plan de Reasentamiento para aquellos casos en que se requiera la afectación de estructuras o propiedad privada dentro de la servidumbre de las vías.

Áreas Auxiliares

Las Áreas Auxiliares del proyecto ocupan un total de 32.129 hectáreas, donde el uso de suelo más representativo, según el Plan de Zonificación del MIVI, es el uso Industrial (9.67 ha). A continuación, la Tabla 6-3 muestra la zonificación existente en cada una de las Áreas Auxiliares.

Tabla 6-3
Usos de Suelo en las Área Auxiliares del Metro

Áreas Auxiliares	Uso de Suelo	Superficie (ha)
Amador 1	Turismo Urbano	0.272
	Relleno	6.536
Ferrocarril	Industrial	0.923
	Zona Mixta Comercial Urbana	1.112
	Zona de Usos Públicos comunales	0.212
	Infraestructura	4.635
Pacios y Talleres	Industrial	8.089
	Servicio Institucional Urbano	0.281
	Infraestructuras	2.590
Parcela de UNESA Tinajitas	Industrial	0.658
	Residencial Especial de Mediana Densidad	4.103
Terreno Universidad de Panamá	Zonas de Uso Público y Comunales	2.7186

Elaborado por : URS Holdings Inc.

Si bien, de acuerdo al MIVI, para las Áreas Auxiliares se han determinado una serie de usos acordes con las características del sitio y el entorno en que se ubican; en la actualidad las mismas

se encuentran en desuso. Las Áreas Auxiliares están conformadas por lotes baldíos en descanso, en donde se ha ido proliferando una vegetación en crecimiento temprano, en espera en que posteriormente se le asigne un determinado uso.

6.3.2 Deslinde de la Propiedad

Debido a las características que presenta el proyecto para la construcción de la Línea 1 del Metro de Panamá, el deslinde de la propiedad es variado y se encuentra en función del componente del proyecto al cual nos estemos refiriendo (área del alineamiento o áreas auxiliares). A continuación se presenta la información relacionada:

Área del Alineamiento

El área del alineamiento corresponde en su mayor parte a terrenos que pertenecen al Gobierno Nacional, los cuales se encuentran constituidos por las vías públicas, el área de servidumbre de estas vías y el subsuelo donde se establecerá el túnel para la parte subterránea del Metro. Adicionalmente, dentro de esta área es posible observar la presencia de algunas estructuras que se encuentran dentro de los terrenos de la servidumbre, los cuales son propiedad del estado y que de acuerdo con los datos preliminares del Inventario de Estructuras realizado por la Secretaría del Metro de Panamá, alcanzan un aproximado de 212 estructuras entre permanentes y temporales que podrían ser afectadas parcial o totalmente por el desarrollo del proyecto. Igualmente, se ha estimado que debido al diseño del proyecto posiblemente sea necesaria la recuperación de espacios dentro del área de influencia del proyecto en propiedades privadas, obteniéndose en base a cálculos preliminares un aproximado de 13 estructuras que podrían ser afectadas.

Cabe resaltar, que los datos relacionados con el deslinde de propiedad de estas estructuras, se encuentran pendientes de un levantamiento censal, el cual aún no ha sido completado ya que involucra trabajos de verificación y seguimiento más detallados que los implementados durante el inventario de estructuras y los estudios catastrales realizados a la fecha. Debido a lo anterior, esta información será complementada previa a la ejecución de las obras cuando se hayan

identificado con exactitud las propiedades que serán afectadas y el tipo de afectación a cada una de ellas; asimismo, se podrá determinar si debido a los trabajos de diseño se requiera la afectación de alguna propiedad que no haya sido inicialmente identificada. No obstante, en el Anexo 6-5 se presentan algunas imágenes de los trabajos adelantados en el tema donde es posible observar la base de datos con la que se cuenta, la ubicación de las estructuras en fotografías aéreas, la información catastral y la identificación por color, de acuerdo al tipo de afectación que se piensa podría tener la estructura identificada.

Áreas Auxiliares

Por tratarse de áreas ubicadas en diferentes sectores de las ciudades de Panamá y San Miguelito y a las cuales se les han asignado distintos usos, el deslinde de la propiedad, en el caso de las Áreas Auxiliares, corresponde a diversos propietarios dependiendo del área, pudiendo ser estos el Gobierno Nacional o una empresa privada.

Uso Propuesto/ Áreas Auxiliares	Deslinde de la Propiedad
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Viaductos Parcela de UNESA Tinajitas	Inmobiliaria SUCASA, S.A.
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Dovelas Terreno Universidad de Panamá	Universidad de Panamá
Sitio de Depósito de Material de Excavación Amador 1	En trámite de inscripción por parte del Estado.
Sitio de Depósito de Material de Excavación Patio de Ferrocarril	Compañía del Ferrocarril de Panamá
Mantenimiento y Reparación del Metro Patio y Talleres	Ministerio de Obras Públicas

Elaborado por : URS Holdings Inc.

6.3.3 Capacidad Uso y Aptitud del Suelo

La capacidad de uso se define como el potencial que tiene una unidad de suelo para ser utilizada de una manera sostenida sin sufrir deterioro en su capacidad productiva. La clasificación universal sobre la capacidad agrológica de los suelos, establece ocho Clases que van de la I a la VIII, en función de las limitaciones que presentan para su uso como lo son: la profundidad, topografía, fertilidad, pedregosidad, salinidad; así como, riesgos a las inundaciones y erosión, entre otras. En las siguientes líneas, se presentan las características generales de las diferentes categorías de uso de suelos.

Suelos Clase I

Estos suelos corresponden a suelos arables, prácticamente sin restricciones de uso.

Suelos Clase II

Estos suelos son arables, con algunas limitaciones en la selección de plantas y que requieren de una conservación moderada.

Suelos Clase III

Son los mejores suelos que se encuentran en el área de estudio del Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá. Son suelos con pendientes de hasta 5 por ciento, moderadamente profundos, de mediana a baja fertilidad y riesgo de inundación bajo. Se encuentran en áreas de depósitos fluviales de la red hidrográfica. Su aptitud de uso máxima son los cultivos semi-permanentes y permanentes.

Suelos Clase IV

Son suelos relativamente planos con pendientes de hasta 9 por ciento, moderadamente profundos, de mediana a baja fertilidad y riesgo de inundación moderado. Se encuentran en áreas

de depósitos fluviales de la red hidrográfica y en suelos calcáreos. Su aptitud de uso máxima son los cultivos semi-permanentes y permanentes.

Suelos Clase V

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

Suelos Clase VI

Los suelos clasificados como Clase VI son aptos para la producción forestal, tales como los sistemas de manejo sostenible como la agroforestería con frutales y café. Los suelos Clase VI presentan pendientes de hasta 35% con alguna o varias de las siguientes limitaciones: pedregosidad fuerte, problemas de erosión severos o intensidad de vientos moderada.

Suelos Clase VII

Los suelos Clase VII tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en áreas con cobertura boscosa, siempre que se garantice la preservación del bosque. Si el uso actual del suelo no es bosque, se debe propiciar la Restauración Forestal por Regeneración Natural. Los suelos Clase VII tienen pendientes de hasta 60% y profundidad mayor a 30 centímetros.

Suelos Clase VIII

Los suelos identificados como Clase VIII son áreas estrictamente restringidas a la preservación de la flora y fauna y la protección de áreas de recarga de acuíferos. Son suelos con pendientes

mayores de 75% y menos de 30 centímetros de profundidad efectiva, los suelos con problemas de erosión muy severos son incluidos en esta categoría. También se incluyen en esta categoría los suelos dentro de las áreas protegidas. Se ubican en las áreas más escarpadas y de difícil acceso.

A continuación se presenta la capacidad de uso y aptitud de suelo para el área del proyecto. Cabe destacar, que en general los suelos del área del proyecto forman parte de lo que se denomina Antrosoles úrbicos debido a que los mismos han perdido su aptitud agrológica, más que nada por los altos niveles de perturbación a los que han sido expuestos a través de los años.

Área del Alineamiento

En el área del alineamiento del Proyecto se observan suelos Clase IV, VI y VIII, siendo los suelos Clase IV los que ocupan la mayor extensión (45.467 ha) (Ver Tabla 6-4 y Figura 6-3).

Tabla 6-4
Capacidad Agrológica de los Suelos en el Área de Influencia Directa del
Alineamiento del Metro

Categorías de Capacidad Agrológica	Superficie (ha)
IV	45.467
VI	9.862
VIII	0.404
Total	55.733

Fuente: Generado por URS Holdings con Cobertura de Suelo y el SIG

No obstante lo anterior, se debe tener en cuenta el hecho de que la mayor parte del área del alineamiento corresponde a zonas urbanas, las cuales se encuentran pavimentadas, razón por la cual a la mayoría de estos suelos no se les da un uso agrológico.

Áreas Auxiliares

A pesar que la mayoría de las Áreas Auxiliares aún se encuentran sin estructuras y cubiertas con vegetación, éstas, al igual que el área del alineamiento, constituyen suelos Antrosoles úrbicos,

los cuales no son aptos para fines agropecuarios ni forestales. Tomando en cuenta lo anterior y en base a la experiencia del consultor, se considera que el uso agrológico y capacidad de uso de los suelos observados en las Áreas Auxiliares Terreno Universidad de Panamá, Amador 1, Patio de Ferrocarril y en un sector de Patios y Talleres corresponden a la Clase IV (Ver Tabla 6-5, Figura 6-3). Mientras que en la Parcela de UNESA Tinajitas, se observan suelos Clase VI (Ver Tabla 6-5, Figura 6-3).

Tabla 6-5
Capacidad Agrológica de los Suelos en las Áreas Auxiliares de la Línea 1 del Metro

Área Auxiliar	Categorías de Capacidad Agrológica	Superficie (ha)
Terreno UNIPAN	IV	2.719
Amador I	IV	6.808
Patio de Ferrocarril	IV	6.882
Patios y Talleres	IV	10.960
Parcela de UNESA Tinajita	VI	4.760
Total	–	32.129

Fuente: Elaborado por Consultores de URS Holdings.

En estado natural, ambas Clases de Suelos, IV y VI, son consideradas aptas para cultivos ya sean semipermanentes, permanentes o para la agroforestería con frutales y café. No obstante, debido a las perturbaciones a las que han estado sometidos dichos suelos (relleno y compactación), los mismos no presentan sus características ni condiciones originales, por lo que han perdido su capacidad productiva.

6.4 Topografía

Con la información topográfica es posible obtener los rangos de pendiente; los cuales, son útiles para evaluar tanto las pérdidas de suelos por erosión hídrica como el uso potencial del suelo según la capacidad agrológica de los mismos. Sin embargo, para el análisis de este estudio es importante tener en consideración que el área donde se desarrollará el proyecto es una zona altamente urbanizada, donde en la actualidad se observan pocas áreas verdes ya que la mayor

parte ha sido cubierta por concreto para dar paso a estructuras viales o que ofrecen algún tipo de servicio.

Área del Alineamiento

El área del alineamiento del proyecto posee una topografía bastante plana, con alturas promedio que van desde < 20 msnm hasta los 60 msnm. Este pequeño gradiente altitudinal se debe a que el alineamiento inicia en Albrook, muy cerca de la costa Pacífica en zonas relativamente planas y a medida que avanza en su recorrido el relieve va cambiando hasta alcanzar áreas conformadas por pequeñas colinas y cerros bajos, que presentan alturas de hasta 60 msnm como es el caso entre Pan de Azúcar y Los Andes (Ver Figura 6-4). El hecho de que, en términos generales el alineamiento del Metro se ubique en áreas de poca altura, no es de sorprender considerando que el desarrollo urbano generalmente evita las áreas de altas pendientes debido a las restricciones que la misma impone sobre la instalación de infraestructuras y los potenciales problemas de seguridad que esta puede generar.

A continuación, en la Tabla 6-6, se presenta un detalle de la topografía encontrada a lo largo del alineamiento.

Tabla 6-6
Topografía Registrada a lo Largo del Alineamiento del Metro

Tramo del Alineamiento	Topografía (msnm)
Albrook – Fernández de Córdoba (PK 0+000 – PK 8+500)	20
Fernández de Córdoba – Pueblo Nuevo (PK 8+600 – PK 10+000)	40
Pueblo Nuevo – Pueblo Nuevo (PK 10+100 – PK 10+400)	20
Pueblo Nuevo – San Miguelito (PK 10+500 – PK 12+200)	40
Pan de Azúcar – Los Andes (PK 12+300 – PK 13+700)	60

Fuente: Elaborado por Consultores de URS Holdings.

Áreas Auxiliares

Los sitios donde se ubican las Áreas Auxiliares de la Línea 1 del Metro son planos con pendientes irregulares de menos de 3%. Los más cercanos a la costa Pacífica, como lo son Amador 1 y Patio de Ferrocarril, presentan alturas ≤ 20 msnm, al igual que Terreno UNIPAN y Patios y Talleres (Ver Figura 6-4). En tanto que, Parcela de UNESA Tinajitas se encuentra a una mayor altura, alcanzando los 60 msnm (Ver Figura 6-4). Las máximas diferencias de nivel entre las cotas no superan los 10 msnm.

6.4.1 Mapa Topográfico

En las Figuras 6-4 se representa la topografía del área Proyecto en escala 1:50,000; sin embargo, para facilitar la observación de la información se adjuntan las Figuras 6-4 a y 6-4 b en escala 1:25,000 respectivamente.

6.5 Clima

Área del Alineamiento

El reconocimiento de las condiciones climáticas en las proximidades del alineamiento del Proyecto, es de vital importancia para la interpretación general de las condiciones ambientales del área y su influencia durante la gestión del Proyecto.

6.5.1 Metodología

Para el desarrollo de esta sección, se ha utilizado la información climática obtenida de la base de datos con la cual cuenta la empresa consultora encargada de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (URS Holdings, Inc.) y con datos provenientes del Informe Final de Línea Base Ambiental para el Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 1 del Metro de Panamá (PES 2010), la cual ha sido provista por diferentes instituciones como son: ETESA (Hidrometeorología), ANAM, AAC y ACP.

La data analizada fue variable según el parámetro evaluado y la disponibilidad de registros para la estación de referencia.

6.5.2 Tipos de Climas

De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen, las condiciones climáticas y meteorológicas en el área de estudio del proyecto están bajo una fuerte influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). En general, la migración Norte-Sur de la ZCIT normalmente divide el año en dos temporadas: seca (de mediados de diciembre a principios de mayo) y lluviosa (el resto del año). Adicionalmente, El paso de la ZCIT por Panamá produce dos máximos de precipitación que ocurren por lo general en mayo y octubre. Las tormentas violentas o sistemas bien organizados a escala sinóptica, tales como los frentes fuertes y los huracanes, no son muy frecuentes, siendo la convección y los efectos orográficos los principales mecanismos de generación de precipitación en el área de estudio.

El área donde se establecerá el Proyecto corresponde a una zona de Clima Tropical de Sabana, cuyas principales características se describen a continuación:

- **Clima Tropical Sabana (AWT):** Caracterizado por una precipitación anual promedio menor de 2,200 mm; se caracteriza además, por una estación seca prolongada y una temperatura promedio anual entre 18 °C y 23 °C.

6.5.3 Caracterización Climática

Para efectos de caracterizar el clima, se han seleccionado como variables básicas a describir las siguientes: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar.

6.5.3.1 Precipitación

El análisis sobre la precipitación está basado en los registros disponibles de las estaciones meteorológicas de Balboa (2000-2009), Albrook y Hato Pintado (2007-2009) por ser estas las

más cercanas al área de estudio y que cuentan con información actualizada sobre este parámetro.

Inicialmente presentamos los datos de la Estación Balboa AFFA, por ser esta la más completa de todas estaciones analizadas y por contar con registros que datan de más de 100 años. En su análisis, se utilizó información disponible para un periodo de registro de 10 años (2000-2009)¹. Durante este periodo, la precipitación promedio anual, fue de 1515.038 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 la Tabla 6-7 a continuación se muestran los promedios mensuales de precipitación registrados.

Tabla 6-7
Promedios Anuales y Mensuales de Precipitación (mm)
Periodo de años 2000-2009, 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	195,6	149,9	256,5	292,1	200,7	132,1	160,66
2001	17,8	0	0	50,8	203,2	254	119,4	71,1	266,7	223,5	241,3	236,2	140,33
2002	86,4	0	15,2	127	96,5	137,2	198,1	195,6	132,1	213,4	172,7	61	119,60
2003	0	22,9	7,6	154,9	177,8	320	215,9	167,6	182,9	360,7	210,8	198,1	168,27
2004	5,1	0	17,8	71,1	213,4	139,7	248,9	177,8	325,1	292,1	223,5	68,6	148,59
2005	45,7	0	22,9	99,1	213,4	284,5	238,8	177,8	383,5	73,7	137,2	137,2	151,15
2006	68,6	2,54	71,12	149,9	256,5	208,3	337,8	259,1	127	195,6	154,9	210,8	170,18
2007	2,5	0	10,6	116	332	141	108	243	132	226	296	176	148,59
2008	5	0	4	13	100	200	77	335	117	228	512	58	137,42
2009	14	6	14	93	266	308	292	277	176	272	268	57	170,25
Precipitación Promedio	29,84	11,274	18,612	95,1	203,91	227,97	203,15	205,39	209,88	237,71	241,71	133,5	1,515,038
Precipitación Máxima	86.4	81.3	22.9	154.9	332	308	337.8	335	383.5	360.7	512	236.2	---
Precipitación Mínima	0	0	0	13	96.5	137.2	77	71.1	117	73.7	137.2	57	---

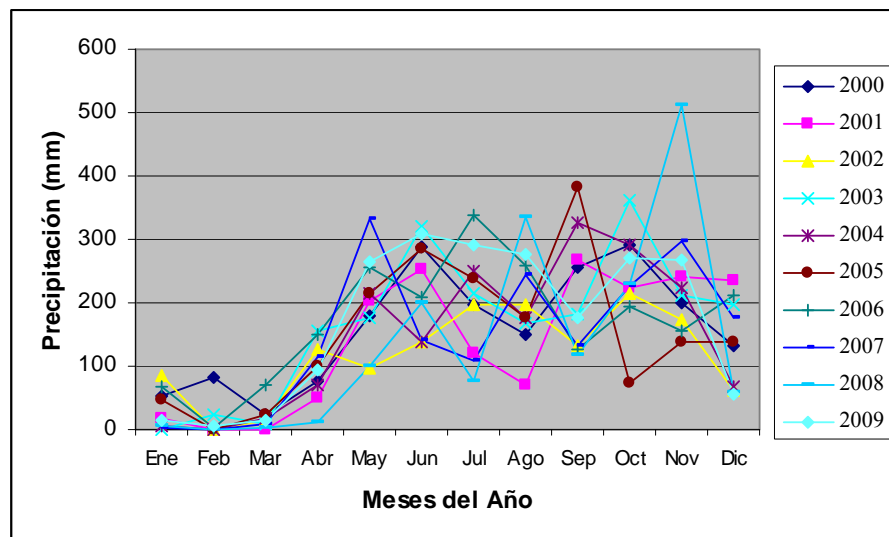
Fuente: ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología.
Elaborado por: URS Holdings, Inc.

En términos generales, el mes que presentó la precipitación máxima fue septiembre, registrándose un promedio de 383.5 mm. En estos nueve años de registro, los meses de febrero y marzo, se consideran como los más secos con una precipitación mínima de 0 mm y

¹ ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología.

precipitaciones promedios de 11.27 mm y 18.61 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 presentó los mayores registros de precipitaciones anuales fue el 2009 con un promedio anual de 170.25 mm.

Grafica 6-1
Precipitación Promedios Mensuales (mm) (Periodo 2000-2009)



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

En cuanto a los datos registrados para la precipitación promedio anual en las estaciones de Albroom, Hato Pintado y Balboa AFFA, durante el periodo comprendido entre los años 2007 y 2009, tenemos que la Tabla 6-8 nos muestra que la estación de Hato Pintado registró para los años 2007 y 2008 mayores niveles de precipitación que las estaciones de Albroom y Balboa. Sin embargo, para el año 2009, el comportamiento fue contrario a los años anteriores.

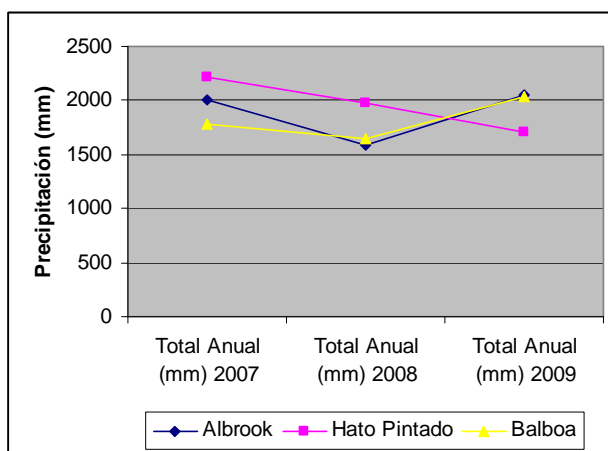
Tabla 6-8
Precipitación Anual (mm) en las Estaciones: Albrook y Hato Pintado
Periodo 2007-2009

Fuente / Estación	Total Anual (mm) 2007	Total Anual (mm) 2008	Total Anual (mm) 2009
Albrook ²	1998.6	1584.3	2044.0
Hato Pintado ³	2217.7	1971.4	1710.7
Balboa AFFA/ACP	1782.66	1649.0	2043

Elaborado por: URS Holdings, Inc.

Al comparar los promedios de precipitación anual entre las tres estaciones analizadas, es posible observar como las estaciones de Albrook y Balboa han mantenido un comportamiento similar en los niveles de precipitación registrados, los cuales difieren con la Estación de Balboa (Gráfica 6-2), la cual a pesar de contar durante los años 2007 y 2008 con niveles de precipitación mayor, ha mostrado una tendencia ha disminuir los niveles registrados a través de los últimos años. Sin embargo, resulta importante destacar que las estaciones de Albrook y Balboa se encuentran poco distantes una de otra en comparación con la distancia que existe entre ellas con respecto a la Estación de Hato Pintado.

Grafica 6-2
Precipitación Promedios Mensuales (mm) (Periodo 2000-2005)



Elaborado por: URS Holdings, Inc.

² Fuente: Aeronáutica Civil

³ Fuente: ETESA. En Hato Pintado solo se tiene registro de 2009 hasta Noviembre.

6.5.3.2 Temperatura

De acuerdo con la información contenida en el Atlas de la República de Panamá, la temperatura anual del aire superficial en la ciudad de Panamá y San Miguelito durante el periodo comprendido entre los años 1971 y 2002 fue 26.6 a 27°C, mientras que las anuales máximas y mínimas estuvieron por el orden de los 35.6 y 15°C respectivamente.

Los datos relacionados con la temperatura se obtuvieron de la estación Balboa AFAA, a partir de los datos provenientes de seis años de registros (2000-2009), en donde es posible observar como la temperatura ha tenido pocas variaciones (Tabla 6-9 y Gráfica 6-3). El promedio anual alcanza un valor de 26.8°C, el cual oscila entre un promedio máximo de 28.0°C y una promedio mínimo de 26.0°C.

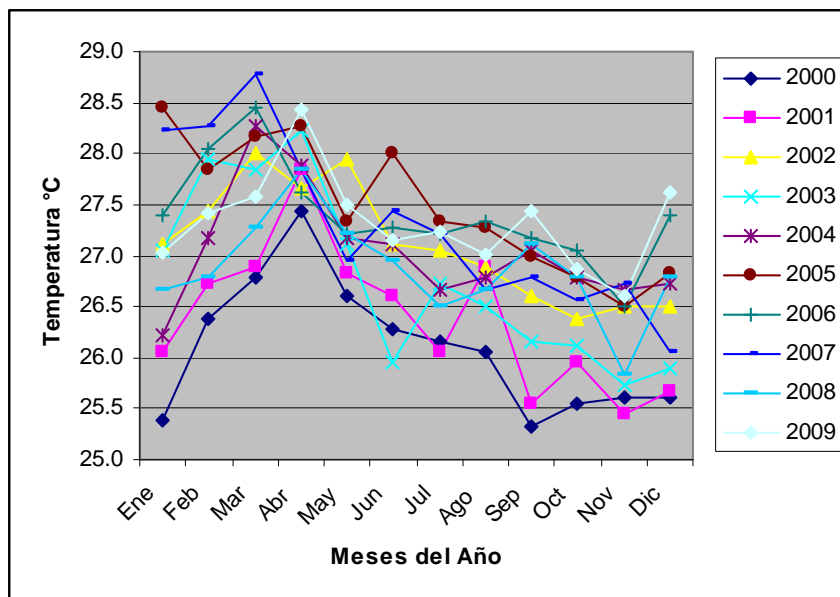
De acuerdo al periodo de registro analizado (2000 a 2009), el mes que registró el promedio de máxima temperatura fue marzo con 28.8°C, mientras que el mes de noviembre registró el promedio mínimo de temperatura con 25.4°C.

Tabla 6-9
Promedio Mensual y Anual de la Temperatura °C (2000-2009), Estación Balboa AFAA

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
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
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
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
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
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
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
2006	27.4	28.1	28.4	27.6	27.2	27.3	27.2	27.3	27.2	27.1	26.5	27.4
2007	28.2	28.3	28.8	27.8	26.9	27.4	27.2	26.7	26.8	26.6	26.7	26.1
2008	26.7	26.8	27.3	27.8	27.2	26.9	26.5	26.7	27.1	26.8	25.8	26.8
2009	27.0	27.4	27.6	28.4	27.5	27.1	27.2	27.0	27.4	26.9	26.6	27.6
Temperatura Promedio	27.0	27.4	27.8	27.9	27.2	27.0	26.8	26.8	26.6	26.5	26.2	26.5
Temperatura Máxima	28.2	28.3	28.8	28.4	27.9	28	27.3	27.3	27.4	27.1	26.7	27.6
Temperatura Mínima	25.4	26.4	26.8	27.4	26.6	25.9	26.1	26.1	25.3	25.6	25.4	25.6

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

Gráfica 6- 3
Promedio Mensual y Anual de la Temperatura °C - Periodo 2000-2009



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

La información registrada en la estación Albrook durante el periodo 2007-2009, nos muestra que la temperatura promedio anual fue de 27.99°C, siendo el mes de abril el que presentó la temperatura mínima mensual para este periodo (26.7°C) y diciembre el que presentó la máxima temperatura mensual alcanzando un valor de 31 grados centígrados (Ver Tabla 6-10).

Tabla 6-10
Promedio Mensual de la Temperatura °C (2007-2009)
Estación Albrook

T °C / Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2007	26.42	28.31	28.99	28.49	27.89	27.76	27.88	27.17	27.36	27.09	27.31	26.94	27.62
2008	27.41	27.72	28.13	26.79	27.86	27.59	27.33	27.44	27.94	27.71	-----	27.92	27.62
2009	28.6	28.8	29.2	29.8	28.7	28.3	28.5	28.1	28.5	28	27.4	31	28.74
Temperatura Promedio	27.51	28.26	28.65	28.25	28.28	27.93	27.9	27.63	27.93	27.54	27.35	28.97	27.99
Temperatura Máxima	28.6	28.8	29.2	29.8	28.7	28.3	28.5	28.1	28.5	28	27.4	31	28.74
Temperatura Mínima	26.42	27.72	28.1	26.7	27.86	27.56	27.3	27.17	27.36	27.09	27.31	26.94	27.29

Fuente: PES, 2010. Elaborado por: URS Holdings, Inc.

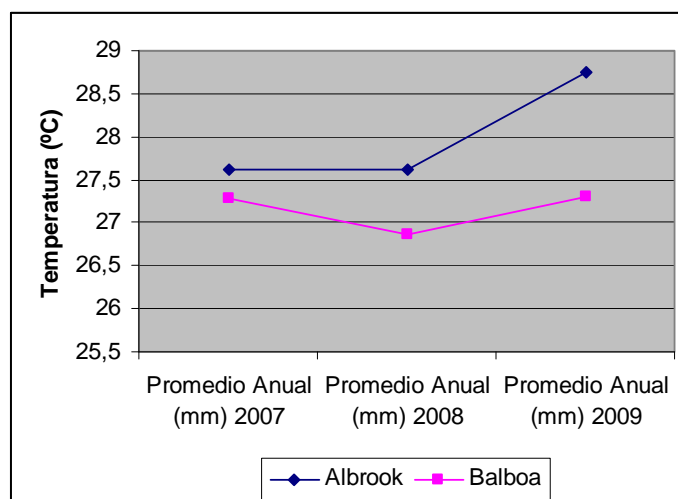
Al establecer una comparación entre la temperatura promedio anual para el periodo comprendido entre los años 2007 y 2009, en las estaciones de Balboa y Albrook, podemos observar que de acuerdo con la información disponible para la temperatura no existen diferencias significativas en el comportamiento de la temperatura para este periodo (Ver Tabla 6-11 y Gráfica 6-4). La diferencia entre temperaturas promedios anuales entre las estaciones, en ninguno de los años analizados supera un (1 °C) grado centígrado.

Tabla 6-11
Promedio Anual de Temperatura °C (2007-2009)
Estaciones de Albrook y Balboa

Fuente / Estación	Promedio Anual (°C) 2007	Promedio Anual (°C) 2008	Promedio Anual (°C) 2009
Albrook ⁴	27.62	27.62	28.74
Balboa AFFA/ACP	27.29	26.86	27.30

Elaborado por: URS Holdings, Inc

Gráfica 6- 4
Promedio Anual de Temperatura °C - Periodo 2007-2009
Estaciones de Albrook y Balboa



Elaborado por: URS Holdings, Inc

⁴ Fuente: Aeronáutica Civil

6.5.3.3 Humedad Relativa

La humedad relativa (HR) se encuentra en estrecha correlación con la precipitación. Durante la estación seca la humedad relativa disminuye pero aumenta en los meses lluviosos. 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 6-12 se muestra que los meses de menor humedad corresponden a febrero y marzo con valores promedios de 78.4 % y 73.9 % respectivamente. Por su parte, los meses que presentan la mayor humedad son los meses de julio a noviembre, correspondientes a la época lluviosa, durante estos meses la HR alcanza porcentajes por encima de 82.6%.

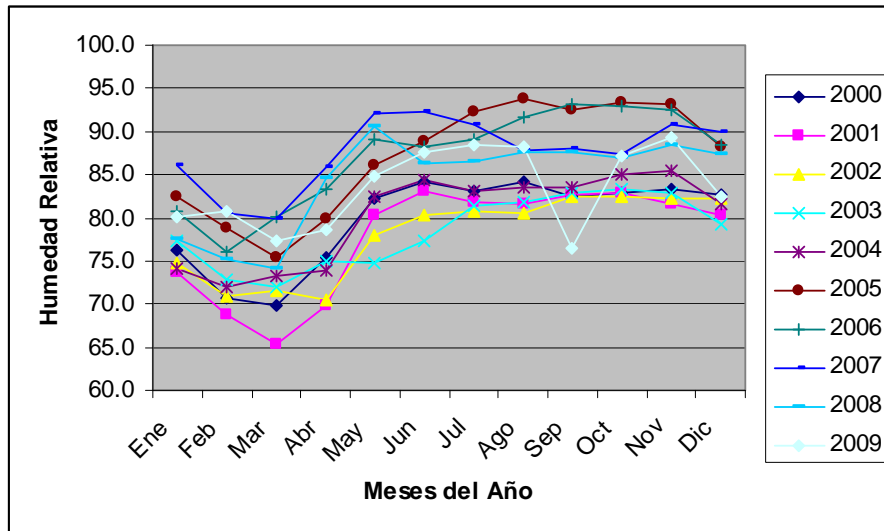
Tabla 6-12
Promedio Mensual de la Humedad Relativa % (2000-2009)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1999	76.2	70.7	69.9	75.3	82.2	84.2	83.0	84.1	82.5	82.9	83.3	82.7
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
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
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
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
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
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
2006	86.0	80.5	79.8	85.9	92.0	92.4	90.7	87.9	88.0	87.3	90.8	90.0
2007	77.5	75.2	74.1	84.5	90.6	86.4	86.5	87.7	87.6	86.9	88.5	87.4
2008	80.2	80.7	77.4	78.6	84.8	87.7	88.5	88.3	76.5	87.1	89.4	82.4
2009	79.5	76.3	74.3	74.0	83.6	84.6	84.8	85.4	84.3	84.9	86.4	80.6
Prom.	78.4	74.8	73.9	77.3	84.0	85.2	85.6	86.1	85.1	86.3	86.9	83.9

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

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 2009, 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 6-12 y Gráfica 6-5).

Gráfica 6-5
Promedio Mensual y Anual de Humedad Relativa (HR)



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

La humedad relativa anual promedio en la estación de Albrook, nos muestra para el periodo 2007-2008 que los valores de humedad registrados han disminuido durante este periodo tal como se observa en la Tabla 6-13. Siendo el año 2009 el que presentó el valor promedio máximo más bajo y el año 2007 el que presentó el valor promedio mínimo más alto.

Tabla 6-13
Humedad Relativa Anual Promedio Máximo y Mínimo
Estación Albrook AAC. Período 2007-2009

Humedad Relativa Anual Promedio Mínimos y Máximos Periodo 2007, 2008, 2009			
Años	Promedio Mínimo	Promedio Máximos	Humedad Promedio
2007	60	88	74
2008	57	88	72.5
2009	57	86	71.5

Fuente: PES, 2010

Al comparar los registros de las estaciones de Albrook y Balboa es posible observar que ambas estaciones reflejan similar comportamiento en las condiciones de humedad registradas durante el

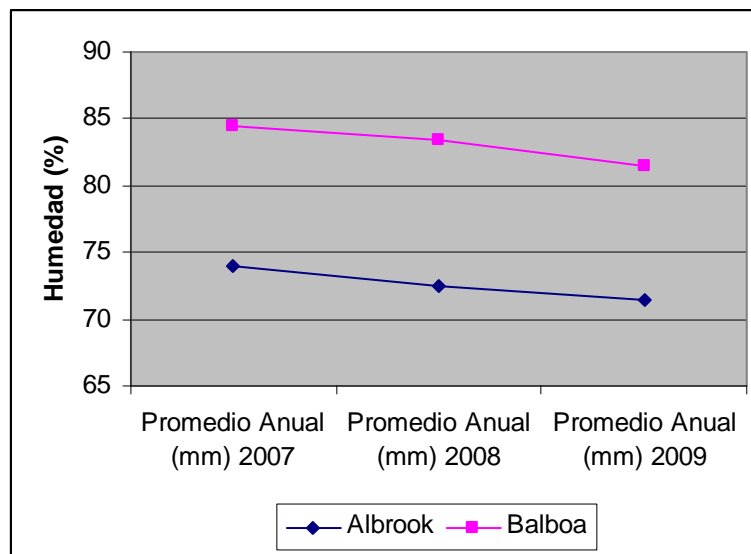
periodo comprendido entre los años 2007 y 2009, observándose una tendencia a la disminución del porcentaje de humedad.

Tabla 6-14
Humedad Relativa Anual Promedio Período 2007-2009
Estaciones de Albrook y Balboa

Fuente / Estación	Promedio Anual (°C) 2007	Promedio Anual (°C) 2008	Promedio Anual (°C) 2009
Albrook ⁵	74	72.5	71.5
Balboa AFAA/ACP	84.4	83.4	81.5

Fuente: URS Holdings, en base a Información proporcionada por ACP, Departamento de Ingeniería y Proyectos, Sección de Meteorología e Hidrología y PES 2010.

Gráfica 6-6
Promedio Anual de Humedad Relativa (HR)



Elaborado por: URS Holdings, Inc.

6.5.3.4 Velocidad del Viento

El anticiclón semipermanente del Atlántico Norte, afecta sensiblemente las condiciones climáticas de nuestro País, ya que desde este sistema se generan los vientos alisios del Nordeste que en las capas bajas de la atmósfera llegan a nuestro país, determinando sensiblemente el clima

⁵ Fuente: Aeronáutica Civil

de la República. Para el análisis de este parámetro, se utilizó como estación de referencia la estación meteorológica de Balboa AFAA.

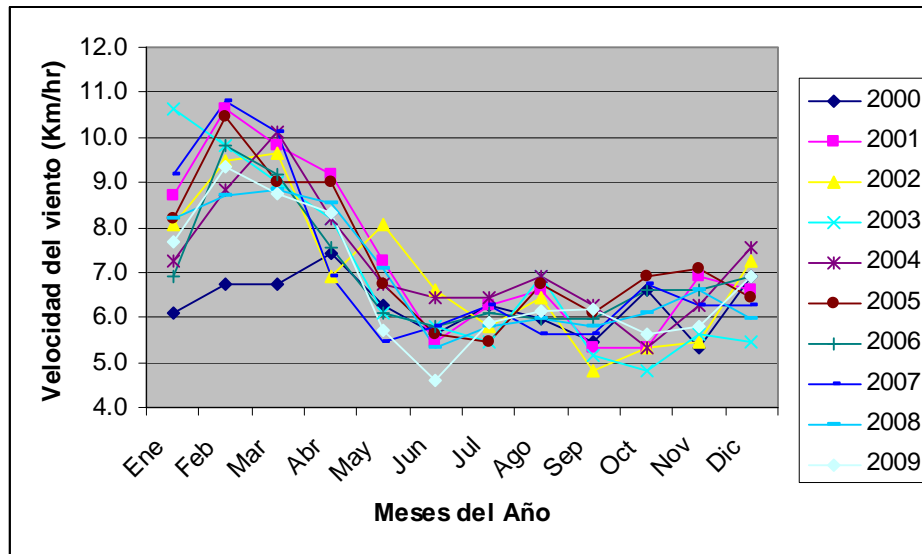
El promedio anual de velocidad del viento obtenido de la estación meteorológica Balboa AFAA, es de 7.0 km/hr, considerándose como de intensidad moderada (Tabla 6-15). Los valores máximos de velocidad del viento aparecen durante los meses de enero hasta abril con velocidades de 8.1 a 9.5 km/hr, los cuales son característicos de la estación seca. Mientras que durante los meses de junio a noviembre se registran valores mínimos de velocidades de viento de 5.7 a 6.2 km/h. Tal como se observa en la Tabla 6-15 y en la Gráfica 6-7, el año 2000 registró los valores mínimos de velocidad del viento entre todos los años analizados.

Tabla 6-15
Promedios Mensuales de la Velocidad del Viento (2000-2009) /Estación Balboa AFAA-ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
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
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
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
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
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
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
2006	6.9	9.8	9.2	7.6	6.1	5.8	6.1	6.0	6.0	6.6	6.6	6.9
2007	9.2	10.8	10.1	6.9	5.5	5.8	6.3	5.6	5.6	6.8	6.3	6.3
2008	8.2	8.7	8.9	8.5	7.1	5.3	5.8	6.0	5.8	6.1	6.6	6.0
2009	7.7	9.3	8.7	8.3	5.7	4.6	5.9	6.1	6.2	5.6	5.8	6.9
Prom.	8.1	9.5	9.1	8.0	6.6	5.7	6.0	6.3	5.7	5.9	6.2	6.6

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

Grafica 6-7
Promedios Mensuales de Velocidad del Viento (2000-2009)



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

En cuanto a la dirección de los vientos, de acuerdo con la información obtenida de la ACP (Tabla 6-16 y Gráfica 6-8), 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.

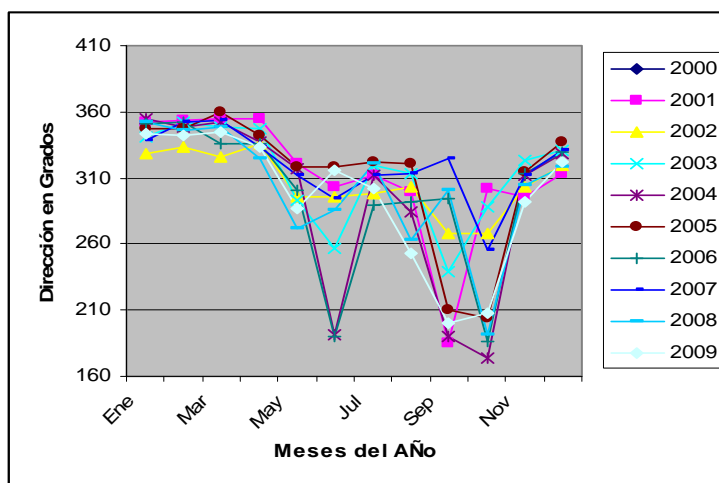
Tabla 6-16
Dirección Promedio del Viento en Grados (2000-2009), Estación Balboa AFAA / ACP

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
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
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
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
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
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
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
2006	338.1	352.0	354.0	332.9	311.4	294.2	311.5	313.7	324.1	255.7	311.8	330.9
2007	352.0	345.8	348.2	324.5	271.3	286.0	320.2	263.3	300.8	191.1	304.8	318.6
2008	343.8	342.3	344.4	333.6	287.3	315.8	301.8	253.3	200.5	207.9	292.5	321.7

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2009	328.0	336.8	340.2	327.0	306.8	275.9	286.3	301.5	287.3	248.1	300.3	311.8
Prom.	343.7	346.3	346.4	337.1	302.2	272.8	307.3	294.3	249.9	232.5	307.3	324.0

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

Grafica 6-8
Promedios Mensuales de Dirección del Viento (2000-2009)



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

6.5.3.5 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 langleys.

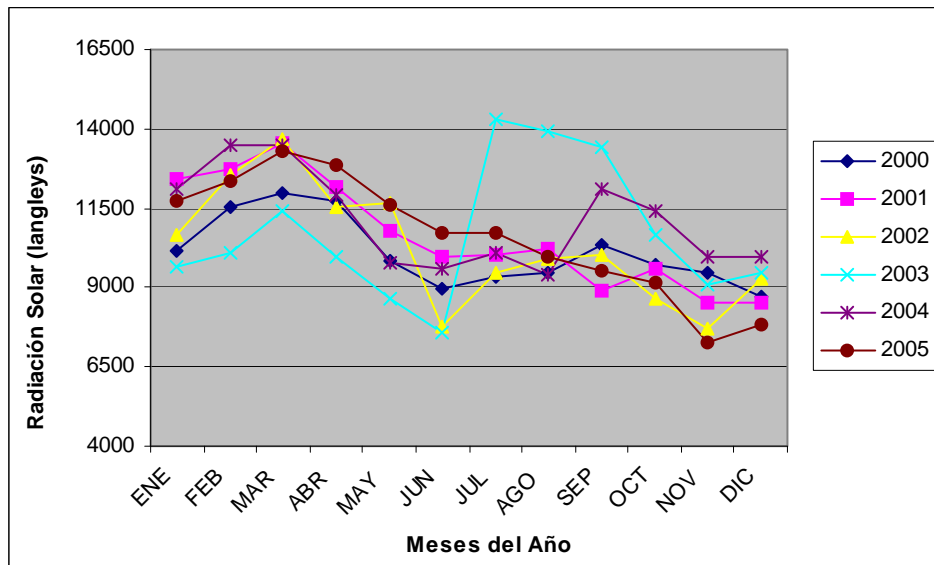
Para el periodo de años evaluados, se obtuvo que el mes con mayor radiación solar corresponde al mes de marzo con valores que alcanzan los 12,101.98 langleys como promedio, mientras que la intensidad más baja se registró en el mes de junio con promedios de 8,143.72 langleys (Tabla 6-17, Gráfica 6-9).

Tabla 6-17
Promedio Mensual y Anual de la Radiación Solar Langleys (2000-2009)
Estación Balboa AFAA

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	10143.63	11552	12004	11716.09	9819.21	8937.74	9319.00	9480.00	10350.31	9689.18	9444.97	8681.24
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
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
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
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
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
2006	8319.18	9697.64	10310.73	9511.37	8014.96	7382.53	7813.25	8137.95	7610.96	9548.17	8206.20	90.87.19
2007	11372.95	11688.23	12559.84	8148.24	8831.57	6808.40	6023.70	6317.18	7372.88	7505.97	6452.02	6971.83
2008	8851.67	7794.73	9844.14	8958.95	7507.82	6014.16	6413.23	7360.92	7852.93	7746.75	6384.82	7592.20
2009	8380.50	8077.13	10825.78	12500.63	7869.57	6665.45	5434.55	6469.08	6985.06	11214.69	8760.78	12006.62
Promedio	10365.90	10996.86	12101.98	10920.02	9449.31	8143.72	8962.30	9112.91	9409.06	9519.35	8184.44	8936.48

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

Gráfica 6-9
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

Áreas Auxiliares

Las Áreas Auxiliares comprendidas por los sitios para la construcción de elementos prefabricados-viaductos (Parcela de UNESA Tinajitas), construcción de elementos prefabricados-dovelas (Terreno Universidad de Panamá), sitios para depósito de material excavado (Amador 1 y Patio de Ferrocarril) y el sitio de Patios y Talleres, por encontrarse dentro la misma zona climática que el alineamiento del Metro, presentan el mismo tipo de clima que este, el cual es el Clima Tropical de Sabana (AWI) y por ende características climáticas de precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar igualmente similares.

6.6 Hidrología

La presente sección resume las características hidrológicas más importantes del área del proyecto. Entre los aspectos considerados para el desarrollo de esta sección se incluyen la cuenca hidrográfica donde se ubica el Proyecto, la descripción de las fuentes de agua superficiales, su calidad de agua, información de aguas subterráneas y la caracterización del acuífero.

El área de estudio hidrológico de la Línea 1 del Metro de Panamá se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica N° 142 denominada Ríos entre el Caimito y Juan Díaz (Ver Figuras 6-5 a y 6-5 b). Esta Cuenca se sitúa en la vertiente del Pacífico, dentro de la provincia de Panamá y ocupa una superficie de 383 km². Sus coordenadas geográficas son 8° 50' y 9° 05' de latitud Norte y 79° 30' y 79° 40' de longitud Oeste. Sus límites naturales son: al Norte con la cuenca del Río Chagres, al Sur con la Bahía de Panamá, al Este con la cuenca del Río Juan Díaz y al Oeste con la cuenca del Río Caimito.

La elevación media de la cuenca es de 67 msnm y el punto más alto se encuentra al Suroeste de la cuenca a una elevación máxima de 507 msnm. La cuenca registra una precipitación media anual de 2,122 mm. El 86 % de la lluvia ocurre entre los meses de mayo a noviembre.

Los recursos hídricos del área de estudio se encuentran conformados por las siguientes corrientes: Río Curundú, Río Matasnillo y Río Abajo. Adicionalmente, existen dos corrientes muy pequeñas e intermitentes en el área de Los Andes, las cuales son tributarias del Río Matías Hernández; sin embargo, considerando que el proyecto no intercepta el cauce principal del Río Matías Hernández, no se consideró necesaria la descripción de esta cuenca limitándonos únicamente a realizar análisis de calidad de agua.

En la actualidad, las cuencas presentes en el área de influencia del proyecto, se caracterizan por encontrarse altamente alteradas por las acciones antropogénicas, como son: el desarrollo de una gran cantidad de urbanizaciones y de vías de comunicación por ellas requeridas. En este sentido, estos cuerpos de agua se encuentran sumamente contaminados debido a la presencia de sedimentos producto de la erosión y los movimientos de tierra; así como, por la descomposición de materia orgánica proveniente de los desechos vertidos en las corrientes y los vertidos resultantes de las actividades humanas e industriales.

Adicionalmente, se puede indicar que los procesos de urbanización y deforestación han introducido cambios en el uso del suelo de estas cuencas hidrográficas, lo que se traduce en una impermeabilización de las diferentes áreas que componen el área de influencia del proyecto, permitiendo que los suelos disminuyan su capacidad de infiltración y se facilite el escurrimiento superficial del agua de la lluvia. Por otro lado, se encuentra el hecho de que el área de influencia del proyecto cuenta con una capacidad natural de desalojo que se ha visto disminuida debido al crecimiento urbano no planificado. Esto, ha permitido que la población ocupe las áreas bajas de las cuencas, las cuales antes pertenecían al espacio natural ocupado por el agua de los ríos en momentos de las grandes crecientes.

Tomando en cuenta la problemática anterior, resulta fácil comprender las causas de que las principales cuencas hidrográficas que se encuentran a lo largo de la primera línea del Metro (Río Matasnillo, Río Abajo y Río Curundú), en sus partes bajas y cercanas al mar constituyan áreas donde se presentan con frecuencia inundaciones. Dichas inundaciones, se acentúan con el decrecimiento o pérdida de las áreas de desborde de los ríos, como resultado de las múltiples construcciones que se vienen dando en los últimos años y que conllevan a la impermeabilización

del terreno. Un ejemplo claro de ello lo constituye la cuenca del Río Curundú, la cual en su parte baja presenta inundaciones frecuentes entre los predios del Hospital Santa Fe y el Mercado de Abastos.

En la actualidad, en este mismo sector (Curundú), se encuentran en etapa de planificación dos proyectos de suma importancia, los cuales en conjunto con la Línea 1 del Metro de Panamá buscan solucionar las condiciones existentes en el área, estos son: el proyecto para el Desarrollo Urbano de Curundú y el proyecto de la Ciudad Gubernamental.

A continuación se presentan las características de los cuerpos de agua presentes en el área del proyecto:

Río Abajo

La cuenca de este Río se encuentra situada al Noroeste de la Ciudad de Panamá, entre las coordenadas 9°00' de Latitud Norte y 79°29' y 79°33' de Longitud Oeste. Limita al Norte con las cuencas del Río Las Lajas y de la Quebrada Santa Rita, al Sur con la Bahía de Panamá, al Este con la cuenca del Río Matías Hernández y al Oeste con las cuencas de los Ríos Mocambo y Curundú. Sus principales afluentes son el río Gallinero y la Quebrada Monte Oscuro (Ver Figura 6-5 a). La cuenca tiene una forma alargada, con un área de drenaje de 23.4 km². El punto más alto de la cuenca está situado a 275 msnm. El relieve de la cuenca es variado, observándose las zonas mas accidentadas hacia la parte alta y en su parte baja las planicies.

En la parte alta de esta Cuenca podemos encontrar urbanizaciones tales como Santa Bárbara, Altos de Panamá, Condado del Rey y Fuente de Fresno entre otras, las cuales cuentan con sistemas de tratamiento primarios para las aguas residuales, descargando sus efluentes al río. Cabe mencionar que, esta es una cuenca altamente urbanizada con aproximadamente el 50 % de su área ocupada.

La calidad del agua del Río Abajo se ve afectada casi desde su nacimiento y va en aumento a lo largo de su recorrido. En su parte media recibe descargas de aguas residuales de origen

doméstico e industrial (Ver Figura 6-5 a). En la intersección con la vía Simón Bolívar (punto por donde pasará la Línea 1 del Metro de Panamá), la sección natural de la corriente es amplia y capaz de desalojar grandes volúmenes de agua. Considerando que el Metro en ese punto pasará elevado, se estima que el riesgo a inundaciones es mínimo.

Río Matasnillo

La cuenca del río Matasnillo se encuentra situada hacia el centro de la Ciudad de Panamá. Su cauce principal tiene una longitud de 7.45 km. y nace cerca de la Policlínica de la Caja del Seguro Social de Betania a una elevación de 90.0 msnm (Ver Figuras 6-5 a y 6-5 b). Su desembocadura se encuentra en el área de Paitilla y ocupa un área de 1,114.7 hectáreas.

Aunque el área de la cuenca hidrográfica del Río Matasnillo es pequeña comparada con los otros ríos de la ciudad, cuando las lluvias son torrenciales se producen inundaciones afectando viviendas y vías de comunicación. Los registros de inundación por el Río Matasnillo, hacen referencia a que durante el año 2003, fueron notorias las inundaciones de este río en el área donde se encuentra situada la intersección de la Vía Brasil con la Calle 50. Un aspecto importante de destacar con respecto a esta cuenca, es el hecho de que a lo largo del recorrido del río, las zonas naturales de amortiguamiento para inundaciones, conocidas como las áreas de desbordamiento del río, han desaparecido como consecuencia de la ausencia de un plan de ordenamiento territorial cónsono con el desarrollo y crecimiento poblacional de la Ciudad de Panamá.

Al igual que la cuenca del Río Abajo, esta cuenca se encuentra completamente urbanizada e incluye áreas como Vista Hermosa, Villa Cáceres, Pueblo Nuevo y el Ingenio. Adicionalmente, atraviesa las vías principales del área metropolitana como lo son la Vía Brasil, Vía España y Calle 50. En su parte media y baja su cauce se encuentra canalizado y revestido. Entre sus principales afluentes se encuentra la quebrada Guayabo, la cual nace en Villa Cáceres y se une cerca del puente de Carrasquilla con la Quebrada Gallinazo, para verter sus aguas directamente al Matasnillo.

Río Curundú

El río Curundú corre en dirección Norte a Oeste y nace en el corregimiento de Ancón, hacia el Norte del Campus Dr. Víctor Levi Sasso de la Universidad Tecnológica de Panamá a una elevación estimada entre los 75 y 80 msnm (Ver Figura 6-5 b). Tiene una longitud de 10.74 km y es una corriente de agua permanente en la mayor parte de su curso, con pocos afluentes de importancia. El área total de la cuenca es de 1,170 hectáreas.

La cuenca del río Curundú limita al Norte con la cuenca del Río Abajo, al Este con la cuenca del Río Matasnillo, al Oeste con la cuenca del Río Cárdenas y al Sur con la Bahía de Panamá (Ver Figura 6-5 b). Se calcula que la precipitación de esta cuenca varía entre 1,850 y 3,400 mm al año. Para 1995, aproximadamente 18 hectáreas (1.5% del total de la cuenca) presentaban uso industrial. Se estima que para el año 2010, el área de uso industrial sea de 37 hectáreas aproximadamente (es decir 3% del área total). La vegetación ribereña presente en las laderas del río Curundú conforma, en su mayoría, un bosque continuado de rastrojos y matorrales sujetos a la influencia humana debido a la presencia de construcciones aledañas y fábricas, entre otros.

En su parte alta, la cuenca ha sufrido una deforestación moderada ya que en alguna medida el hecho de formar parte del Parque Natural Metropolitano, ha limitado su afectación. Sin embargo, en el sector Este de la cuenca se encuentran un sin número de urbanizaciones que contribuyen a acrecentar la escorrentía de la corriente, especialmente durante la época lluviosa. Entre las principales urbanizaciones presentes en el área tenemos Villa Las Fuentes No.2, Altos del Chase, Las Mercedes, Dos Mares, La Alameda, Villa Soberanía, La Locería y la Barriada Viejo Veranillo.

Un aspecto importante en la cuenca del Río Curundú es el hecho de que en su parte baja el mismo ha sido canalizado por un ducto subterráneo de 2 km de longitud que finaliza en su desembocadura, aproximadamente a 2 km. del muelle 18 en el Canal de Panamá. Adicionalmente, vale la pena mencionar el hecho de que en la actualidad se están desarrollando, en la parte baja de este río, proyectos de importancia social encaminados a evitar las afectaciones que se producen a causa de las inundaciones que ocurren en el sector ubicado justo

antes del sitio donde es canalizado, es decir en el cruce con la Avenida Ascanio Villalaz. Esta zona, históricamente ha sido parte de las llanuras de inundación del Río Curundú, con inundaciones significativas y recurrentes en la estación lluviosa.

El área de Curundú, debido a su ubicación y su pendiente plana, recibe volúmenes de escorrentía superficial de secciones de la cuenca que drenan hacia ese sector lo que agrava la situación de inundabilidad del área. No obstante, como parte del Plan de Desarrollo de Curundú, en estos momentos se están diseñando las obras hidráulicas requeridas para evitar la ocurrencia de esta situación, trabajos que, indirectamente, también beneficiarán la construcción de la Línea 1 del Metro de Panamá y la Ciudad Gubernamental.

Sin duda alguna, las cuencas de los ríos Río Abajo, Matasnillo y Curundú (en menor escala), han sufrido un crecimiento poblacional acelerado causando un aumento en el valor máximo instantáneo de las crecidas y una disminución en el tiempo transcurrido entre la precipitación y el punto máximo de la crecida. La urbanización y la deforestación de las cuencas hidrográficas han sido los principales causantes de este cambio de los regímenes hidrológicos.

Al cambiar suelos cubiertos de vegetación por áreas urbanas se crea una especie de “impermeabilización” que disminuye la infiltración y aumenta la escorrentía. A mayor área urbanizada, mayor volumen de agua llega a los ríos en forma más rápida, aumentando los caudales máximos de las crecidas, situación que es posible observar en las cuencas que componen el área del proyecto.

6.6.1 Calidad de las Aguas Superficiales

La calidad de las aguas superficiales depende de las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas y del uso de un determinado cuerpo de agua. Las características del agua deben ser adecuadas para la vida acuática y la salud humana, y reunir ciertos requisitos mínimos cuando se vierte un efluente doméstico o industrial en el mismo.

Con el propósito de conocer la calidad del agua en el cuerpo de agua receptor y su capacidad para un uso determinado, se tomaron muestras de agua para determinar la concentración de parámetros como: pH, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos, Conductividad, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Sulfatos, Nitratos, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Coliformes Fecales y Coliformes Totales, entre otros.

A continuación, se presentan los datos de calidad de agua para cada uno de los componentes del proyecto.

Área del Alineamiento

Los puntos de muestreo en el área del alineamiento del proyecto fueron seleccionados por Panama Environmental Services (PES) en conjunto con la Secretaría del Metro de Panamá (SMP), como parte de la elaboración del Informe Final de la Línea Base para el Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 1 del Metro de Panamá. Los puntos elegidos fueron: el Río Matías Hernández, la Quebrada Monte Oscuro, el Río Abajo, el Río Matasnillo a la altura de la Avenida 12 de Octubre, un afluente del Río Matasnillo a la altura de la Vía España y entrada de Vía Porras, y el Río María Salas en su trayecto detrás del MOP en Albrook y frente a la Terminal de Transporte. Adicionalmente, se incluyó dentro de esta lista un afluente secundario del Río Matías Hernández que sale de la barriada Los Andes No.2 y un afluente del Río Matasnillo a la altura de la Vía España y entrada Vía Argentina (Ver Tabla 6-18 y Figura 6-5 a y 6-5 b). La toma y análisis de las pruebas de aguas superficiales estuvieron a cargo del Centro de Investigaciones Químicas, S.A. (CIQSA).

Tabla 6-18
Puntos de Monitoreo Establecidos para las Aguas Superficiales el Área del Proyecto

Estación de Muestreo	Localización
1	Afluente del Río Matías Hernández – Urbanización Los Andes No 2 y bajo el Puente.
2	Afluente del Río Matías Hernández – Urbanización Los Andes No 2 casi frente a la Casa de las Baterías.
3	Quebrada Monte Oscuro a la altura del Cruce de San Miguelito Comunidad de San Antonio.
4	Río Abajo, en su paso pro la Vía Transistmica, bajo el puente.
5	Afluente del Río Matasnillo a nivel del cruce de la Ave. 12 de Octubre, detrás de la Kiener.
6	Afluente del Río Matasnillo en la intersección con la Vía España, a la altura de la entrada de Vía Porras.
7	Afluente del Río Matasnillo a la altura de la Vía Argentina, frente a la entrada de la Vía Argentina
8	Río María Salas, detrás de las instalaciones del MOP en Curundú, contiguo al Corredor Norte.

Elaborado por: URS Holdings, Inc.

Durante los trabajos en campo, se procedió a muestrear en los sitios elegidos, haciendo uso de un muestreador por sitio, para evitar contaminación por cruce. Se colectaron las muestras en envases plásticos estériles y luego fueron colocadas en una hielera para mantener la integridad de las muestras. Para el análisis se utilizó el método Standard Method for the Examination of Water and Waste Water.

Los resultados obtenidos en el muestreo fueron comparados con el Anteproyecto de Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales. En la Tabla 6-19 aparecen con asterisco los valores que están fuera de los límites máximos establecidos en la norma de referencia.

- *Análisis de Resultados del Muestreo de las Aguas Superficiales*

El análisis de Calidad de las Aguas demuestra que en siete (7) de los sitios muestreados el contenido de coliformes fecales presenta valores muy por encima de los límites permitidos (<2000 NMP/100 mL), con rangos que van desde 12,000 NMP/100 mL hasta los 65,000 NMP/100 mL. Este tipo de contaminación puede estar asociada a la existencia de vertidos de

aguas negras crudas provenientes de las distintas urbanizaciones establecidas en las cuencas correspondientes. Cabe destacar, que a pesar de que se determinó que la estación 8 (Río María Salas) no supera los valores de referencia (1600 NMP/100 mL), se considera que debe tratarse de un error tipo gráfico al observar los valores registrados en este mismo punto para coliformes totales (64,000 NMP/100 mL), los cuales constituyen un indicador de la presencia de otras bacterias responsables de enfermedades gastrointestinales, como son *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* y bacterias facultativas gramnegativas.

El rango de pH de las muestras de agua varió entre 6.40 y 12.0 tendiendo en su mayoría a rangos neutros. La mayor parte de las muestras se encuentran dentro de los límites recomendados para aguas naturales Clase 3-C; a excepción de la estación ubicada en la Quebrada Monte Oscuro (3) a la altura del cruce de San Miguelito la cual registró un pH de 12.0, sobrepasando los valores de referencia establecidos (6.0-9.0).

La concentración de oxígeno disuelto en el agua es relevante en el control de la calidad de las aguas, siendo su presencia y concentración esencial para evaluar los efectos de potenciales agentes contaminantes, principalmente por el balance de oxígeno en el sistema. El oxígeno disuelto se presentó en rangos entre los 0.5 y 4.4 mg/L, encontrándose que la muestra tomada en el Río Matasnillo a la altura de la entrada de Vía Porras (Estación 6) presentó valores de 0.5 mg/L, el cual se encuentra por debajo de lo establecido en la norma de referencia (>3 mg/L). El resto de las estaciones de monitoreo se encuentran en el límite o ligeramente por encima de los valores mínimos que permiten sustentar la vida acuática (>3 mg/L).

Considerando que la Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO₅, representa el oxígeno disuelto en el agua necesario para la oxidación bioquímica aeróbica de las sustancias orgánicas presentes en este medio, este parámetro resulta un buen indicador de la calidad general del agua y concretamente de la contaminación orgánica. La mayoría de los valores de DBO₅ detectados para los sitios muestreados se encontraron dentro del valor de referencia (<10 mg/L), oscilando entre <2.0 mg/L y 4.0 mg/L, a excepción de las estaciones ubicadas en los afluentes del Río Matasnillo: 1) a la altura de la entrada de Vía Porras (Estación 6) y 2) frente a la entrada de la

Vía Argentina (Estación 7), las cuales reportaron valores altos de contaminación de 103.5 y 93.6 mg/L respectivamente.

Otros parámetros como turbiedad, sulfatos y nitratos cumplen con la normativa de referencia utilizadas en todas las estaciones de monitoreo establecidas. En el Anexo 6-2 se presentan los reportes de laboratorio suministrados por la Secretaría del Metro de Panamá como parte del Informe Final de Línea Base Ambiental para el Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 1 del Metro de Panamá elaborado por PES, 2010.

Tabla 6-19
Resultados de Medición de Parámetros Físico Químicos y Bacteriológicos en el Área de
Influencia del Proyecto

Estación de Muestreo	PARÁMETROS											
	pH	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspensos (mg/L-N)	Conductividad (mS/cm)	Turbiedad (NTU)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Totales NMP/100 mL	Coliformes Fecales NMP/100 mL
1	6.40	158.0	1.0	275.0	2.5	4.3	7.7	0.7	<2.0	<2.0	26000	12000*
2	7.75	146.0	4.0	267.0	0.5	4.4	6.0	0.5	<2.0	<2.0	68000	40000*
3	12.0*	3700	35.0	4400.0	15.2	4.0	144.2	2.6	<2.0	<2.0	85000	60000*
4	7.8	215.0	32.0	395.0	3.7	3.0	18.7	0.9	<2.0	<2.0	74000	56000*
5	7.70	160.0	6.0	305.0	5.2	3.2	14.2	0.7	4.0	14.0	64000	44000*
6	6.70	312.0	8.0	570.0	37.7	0.5*	46.7	2.5	103.5*	220.0	92000	65000*
7	7.30	197.0	79.0	337.0	97.0	3.2	53.5	1.4	93.6*	160.0	90000	16000*
8	6.60	168.0	5.0	326.0	1.3	3.9	16.2	1.2	<2	<2	64000	1600
©	6.0-9.0	--	--	--	<100	>3	<500	<10	<10	--	--	<2000

Descripción de las Estaciones de Monitoreo en la Tabla 6-18

© Anteproyecto de Normas de Calidad para Aguas Naturales destinadas a Armonía Paisajística (Clase 3-C)

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc

Áreas Auxiliares

De las cinco Áreas Auxiliares, tres de ellas cuentan con cursos de agua en sus cercanías, Parcela de UNESA Tinajitas y Terreno de la Universidad de Panamá son recorridas por quebradas con agua permanente, en tanto que Patios y Talleres es atravesada por un afluente del río Curundú que se encuentra canalizado. Para evaluar el estado actual de la calidad de las aguas superficiales en estos sitios, se utilizó la Información del Estudio de la Línea Base de la Línea 1 del Metro elaborada por Panama Environmental Services (PES 2010). Además, mediante las

giras de reconocimiento a las Áreas Auxiliares se tomaron registros del estado actual de los cursos de agua presentes en las mismas.

El análisis de la calidad de las aguas realizado por “PES” concluye que en todos los sitios muestreados el contenido de Coliformes presenta valores muy por encima de los límites permitidos. Este tipo de contaminación ha sido documentado por la existencia de vertidos de aguas negras crudas a la red de drenaje. El oxígeno disuelto se presentó en rangos de 7.0 y 7.5 mg/L, estando por encima de los valores mínimos que permiten sustentar la vida acuática, que de acuerdo a la norma vigente es de 4 mg/L (Ver Tabla 6-19).

Por otro lado, se observó que las quebradas que recorren las Áreas Auxiliares Parcela de UNESA Tinajitas y Terreno Universidad de Panamá, se encuentran altamente contaminadas producto del vertido de desechos, basura orgánica y aguas residuales, que se pudo determinar en las mismas durante las visitas realizadas. Las aguas presentaban una coloración turbia y espumante, además el fuerte olor a sulfuro de hidrógeno (huevo podrido) era fácilmente percibido a gran distancia.

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

Para la construcción de cualquier emplazamiento, conocer el régimen de caudal de un cuerpo de agua próximo a cualquier obra, es importante, debido a la influencia que el mismo tendrá en la preservación del ecosistema y en el diseño de la obra. En ese sentido, para la determinación de los caudales máximos de las fuentes de aguas superficiales del Río Curundú, Río Abajo y el Río Matasnillo se utilizaron los siguientes métodos cuantitativos: el método de la Fórmula Racional y el método de Análisis Regional de Crecidas Máximas.

- *Método de la Fórmula Racional:*

Este método se aplica a pequeñas cuencas de drenaje, las cuales no exceden las 1,300 has ó 13 km² aproximadamente. Para determinar el Caudal Máximo Instantáneo, el método utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación:

$$Q_p = 0.2778CiA_d$$

Donde:

Q_p = Caudal máximo expresado en m³/s

C = Coeficiente de escorrentía, el cual depende del tipo y uso de suelo, la geología y la cobertura boscosa. La Tabla 6-19 muestra diferentes valores de C .

i = Intensidad de la precipitación en mm/hr, correspondiente al tiempo de concentración (t_c) de la cuenca.

A_d = Área de la cuenca hidrográfica en km².

Tabla 6-20
Coeficiente de Escorrentía (valores de C)

Características del Área	Valor de C
Residencial urbano - casa unifamiliares	0.30
Residencial urbano - apartamento con jardines	0.50
Comercial e industrial	0.90
Forestada (dependiendo del suelo)	0.05 - 0.20
Parques, prados, terrenos cultivados	0.05 - 0.30
Pavimentadas con asfalto u hormigón	0.85 - 1.00
Terreno saturado por lluvia prolongada	1.00

Fuente: PES, 2010 con información proveniente de:
http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_escorrimento.

- *Método Análisis Regional de Crecidas Máximas:*

Este método fue desarrollado originalmente por Lavalin International en 1986 y actualizado por ETESA en 2007, el método sólo es aplicable en la República de Panamá. El mismo se utiliza para estimar la crecida máxima que se puede presentar en un sitio específico de una cuenca hidrográfica para distintos periodos de retorno (T_r). Para aplicar el método se procede de la siguiente manera:

1. Delimitar y medir el área de la cuenca hasta el sitio de interés en Km².

2. Determinar la zona hidrogeológica a la cual pertenece el área de estudio (Ver Figura 6-6).
3. Contar con el caudal máximo instantáneo para distintos periodos de retorno, el cual se obtiene multiplicando el caudal medio máximo por los factores que se presentan en la Tabla 6-21 según el T_r y la zona.

Tabla 6-21
Periodo de Retorno (T_r)

Índices $Q_{m\acute{a}x.}/ Q_{prom.m\acute{a}x}$ para distintos T_r.				
T_r	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.27	0.29	0.3	0.34
1.05	0.42	0.44	0.45	0.49
1.25	0.61	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.38	1.35	1.32	1.3
10	1.7	1.64	1.6	1.55
20	2.03	1.94	1.88	1.78
50	2.47	2.32	2.24	2.1
100	2.81	2.64	2.53	2.33
1000	4.07	3.71	3.53	3.14
10000	5.48	4.9	4.6	4

Fuente: PES, 2010 con datos suministrados por la Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA)

A continuación, la Tabla 6-22 presenta los caudales máximos con periodos de retorno de 50 y 100 años, estimados en los puntos de intersección del Metro y las corrientes, utilizando los métodos antes descritos.

Tabla 6-22
Caudales Máximos (m^3/s)

Periodos de Retorno (T_r)			
Ríos	Q_{50}	Q_{100}	Métodos
Curundú	129.09	146.86	Análisis de Crecidas Máximas
Matasnillo	177.31	187.72	Formula Racional
Río Abajo	172.57	196.78	Análisis de Crecidas Máximas

Fuente: PES, 2010 con datos provenientes de la Empresa Water, Soil & Land Engineering, S. A.

Cabe resaltar que a excepción del Río Matasnillo (con menos de 10 años de registro de caudales en la estación 142-01-01), las otras dos corrientes no tienen datos históricos de los caudales de crecidas o los caudales mínimos a lo largo de sus extensiones. Adicionalmente, no existen estudios hidrológicos con un componente estadístico que permitan hacer estimaciones de los caudales mínimos en los sitios de interés de las corrientes. No obstante, para proyectos de esta naturaleza, los caudales mínimos son irrelevantes, y lo que interesa son los caudales máximos.

Las descargas en puntos específicos como la Fernández de Córdoba y Bella Vista, no son representativas y tampoco resultan relevantes para realizar un análisis de descarga. Estos puntos se encuentran encajonados.

Para el diseño de la Línea 1 del Metro de Panamá, el contratista que gane la licitación tendrá que considerar análisis hidrológicos e hidráulicos más detallados con el propósito de cuantificar por un lado los caudales de diseño, y por otro, el comportamiento hidráulico de los cauces, al transitar a través de ellos esos caudales.

6.6.1.b Corrientes, Mareas y Oleajes

Área del Alineamiento

Corrientes Sublitorales

El movimiento de las aguas superficiales en la Bahía de Panamá sigue una dirección de Este a Oeste y Suroeste (dirección más frecuente en un 50% a 70%). Sin embargo, en el Golfo de Panamá, el patrón de circulación muestra un flujo hacia el Norte en la parte Este de la entrada del Golfo y hacia el Sur en la parte Oeste. Las corrientes de fondo son más erráticas que las superficiales; son más débiles y presentan una tendencia residual hacia el Sur – Suroeste. A continuación, las Tablas 6-23 y 6-24 muestran información referente a las corrientes marinas.

Tabla 6-23
Estadísticas de Intensidades de Corrientes Superficiales

	Máximos 10% de excedencia	Promedio 50% de excedencia	Mínimo 80% de excedencia
Pulsos 0 - 0.5 hrs.	23 cm/s	12 cm/s	10 cm/s
Corrientes marea 0.5 - 6 hrs.	20 cm/s	12 cm/s	10 cm/s
Corrientes residual 6 - 24 hrs.	10 cm/s	5 cm/s	0

Fuente: PES, 2010 con datos provenientes del EsIA Categoría III, del Proyecto Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

Tal como se observa en la Tabla 6-23 las corrientes permanentes o residuales (mayor porcentaje de persistencia), son débiles con un promedio de 5 cm/s. Adicionalmente, los estudios muestran que, en marea llenante a plena, la frecuencia de las corrientes se dan en dirección Sur – Suroeste en un 50 % del tiempo, mientras que otro máximo modal ocurre en un 25% del tiempo en dirección Noroeste (Ver Tabla 6-24).

Tabla 6-24
Resumen Histórico de Corrientes

Patrón de Corrientes en el Área	✓ Flujos moderados a fuertes (23 cm/s) influenciando parcialmente por mareas.
	✓ Todas las direcciones.
	✓ Más frecuentes al Sur Oeste.
	✓ Corrientes residuales débil al SW (5 cm/s).
Corrientes de Fondo v/s Corrientes Superficiales	✓ Corrientes de fondo más débiles (10 cm/s) y muy fluctuantes.
	✓ No hay evidencia de flujos opuestos.
	✓ Corriente residual de fondo débil al S - SW.
Pronóstico Estación Seca y Lluviosa	✓ 50% al 70% del tiempo al S - SW, pero más intensas que en estación lluviosa.
	✓ Sólo el 13 al 17% del tiempo, hacia áreas sensibles.
	✓ 50% del tiempo al S - SW, mas débil que estación seca.

Fuente: PES, 2010 con datos provenientes del EsIA Categoría III, del Proyecto Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

Corrientes Litorales

Los estudios sobre las corrientes litorales muestran que estas obedecen principalmente al oleaje. Así pues, los modelos teóricos expresan la velocidad de las corrientes como función de la gravedad, pendiente de playa, periodo de la ola y el ángulo entre la cresta de la ola y la playa.

Tomando como base el informe del EsIA Categoría III, del Proyecto de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, citado en PES, 2010, se presenta a continuación la Tabla 6-25 la cual muestra los cálculos de las velocidades de las corrientes marinas en las desembocaduras de los principales ríos de la ciudad de Panamá, entre los cuales se encuentran: El río Matasnillo, Río Abajo, Matías Hernández y Juan Díaz, formando parte del área del proyecto los tres primeros.

Tabla 6-25
Corrientes Litorales en Algunos Ríos de la Bahía de Panamá

Río	B	A°	V (cm/s)
Matasnillo	0.002	20 del S	3.1
Río Abajo	0.001	10 DEL SW	0.6
Matías Hernández	0.001	30 DEL S	5
Juan Díaz	0.001	30 DEL S	5.3

Fuente: PES, 2010 con datos provenientes del EsIA Categoría III, del Proyecto Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

Áreas Auxiliares

Según el Estudio de Impacto Ambiental Categoría III del Proyecto de Ampliación del Canal de Panamá – Tercer Juego de Esclusas, las corrientes de la zona donde se ubican las Áreas Auxiliares del Metro de Panamá, específicamente en el Sitio de Depósito de Materiales Amador 1, están forzadas por la corriente oceánica del Golfo de Panamá combinada con la oscilación de las mareas.

Al considerar la información antes presentada, podemos indicar que no se espera que los efectos de mareas tengan injerencia en el alineamiento de la Línea 1 del Metro de Panamá, aún en el

peor de los casos cuando se den oleajes; ya que los mismos, no son significativos en los puntos de intersección del área del proyecto y las corrientes.

6.6.2 Aguas Subterráneas

Estudios realizados en América Central y Panamá, estiman que el volumen de agua subterránea aprovechable es de 3,31 km³/año, de los cuales el 87 % proviene de la vertiente del Pacífico y el 13 % restante de la vertiente del Atlántico. Encontrándose el uso más intensivo de las aguas subterráneas en el Arco Seco (Los Santos y Herrera), específicamente en los sectores mas apartados de los servicios de agua potable y riego. Tomando en cuenta esta información, procedemos a presentar los datos relacionados con las aguas subterráneas en el área del proyecto de la Línea 1 del Metro de Panamá.

Área del Alineamiento

De acuerdo con los estudios de Línea Base suministrados y analizados por la empresa Ingenieros Geotécnicos, S.A., el nivel freático de las aguas subterráneas para el trayecto Cruce Vía Fernández de Córdoba – Los Andes se encuentra entre los 3 m y los 14 m. En tanto, que en el trayecto cercano a Albrook, donde se incluye el sitio de depósito del Ferrocarril de Panamá el nivel de las aguas subterráneas es mas somero pudiéndose encontrar hasta 1.44 metros de profundidad.

Áreas Auxiliares

En general, el nivel de las aguas subterráneas en las Áreas Auxiliares del Metro de Panamá, es fluctuante en función de la recarga durante la estación lluviosa, sobre todo en los sitios contiguos al sitio de depósito del Ferrocarril, el área de Patios y Talleres, los sitios de prefabricados de la Parcela de UNESA Tinajitas y en el Terreno Universidad de Panamá, por presentar menor cantidad de suelos impermeabilizados. En el caso particular del sitio de depósito denominado Amador 1, los niveles de las aguas subterráneas son dependientes de la intrusión de aguas del mar, debido a la colindancia con el mismo.

Calidad de las Aguas Subterráneas

El deterioro de la calidad de las aguas subterráneas puede ser causado principalmente por la infiltración de aguas contaminadas desde la superficie, provenientes de actividades industriales, vertimiento de aguas servidas sin tratamiento; así como por el vertimiento de hidrocarburos.

Con el propósito de conocer la calidad de las aguas subterráneas en el área del proyecto, se tomaron muestras de agua para determinar la concentración de parámetros como: pH, Temperatura, Conductividad, Turbidez y Oxígeno Disuelto.

- ***Metodología de muestreo de campo***

Los puntos de muestreo fueron seleccionados por Panama Environmental Services (PES) en conjunto con la Secretaría del Metro de Panamá (SMP), como parte de la elaboración del Informe Final de la Línea Base para el Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 1 del Metro de Panamá. Los puntos elegidos fueron seleccionados de las perforaciones realizadas por las empresas: Tecnilab e Ingenieros Geotécnicos, S.A., a lo largo en el de la Primera Línea del Metro asegurándose de que en los mismos, se hubiese dejado piezómetros instalados con tuberías de 3/4" Ø y de 1/2 Ø.

La toma y análisis de las pruebas de aguas superficiales estuvieron a cargo del Centro de Investigaciones Químicas, S.A. (CIQSA) y de PES. Los puntos de monitoreo seleccionados se presentan en la Tabla 6-26 y Figuras 6-5 a y 6-5 b, a continuación.

Tabla 6-26
Puntos de Monitoreo de Aguas Subterránea Establecidos en el Área del Proyecto

Localización	No. de Puntos	Nomenclatura de Pozo
Los Andes a la Vía Fernández de Córdoba	6	H12, H18, H28, H31, H43 y H46
Vía Fernández de Córdoba - Plaza 5 de mayo	6	SUB-3, SUB-14, SUB-34, SUB-42, SUB-44 y SUB-57
Plaza 5 de Mayo - Albrook	3	Pz 16, Pz 19, y Pz 22

Elaborado por: URS Holdings, Inc.

Los muestreos se realizaron los días 16 de enero y el 4 de febrero del año 2010. Inicialmente, se procedió con la purga de los pozos un día antes del muestreo con el propósito de permitir su recarga. Posteriormente, se midieron los niveles de agua mediante la utilización de un medidor Interfaceprobe marca Heron al tiempo que se procedía con la toma de la muestra.

Para la extracción del agua subterránea y debido al pequeño diámetro de las tuberías instaladas en los pozos, se utilizó una tubería de nivel, a la cual se le adaptó un tapón en uno de sus extremos y se perforó a una distancia prudencial, en función de la profundidad del agua, para permitir el ingreso del agua subterránea. Cabe destacar, que en aquellos pozos que se encontraban desprotegidos al momento del muestreo, el agua colectada se observaba turbia y con gran cantidad de sólidos suspendidos. A continuación las Tablas 6-27 y 6-28 presentan las características de los pozos monitoreados.

Tabla 6-27
Características de los Pozos Ingenieros Geotécnicos

Características de los pozos							
Empresa Ingenieros Geotécnicos, S.A.							
Pozo		H12	H18	H28	H31	H43	H46
Profundidad ⁶ reportada (m)		3.80	--	14.50	--	1.80	2.10
Prof 2 (m)	Fecha 15/01/10	5.23	3.10	4.89	6.52	2.02	1.30
Prof 3 (m)	Fecha 16/01/10	6.09	4.57	4.57	7.62	2.32	1.1
Observaciones	Los pozos instalados y seleccionados se encontraban con tapa de rosca, con candado y rotulados.						

Fuente: PES, 2010.

⁶ Profundidad reportada (TOC) desde la superficie.

Tabla 6-28
Características de los Pozos TECNILAB

Características de los pozos										
TECNILAB										
Pozo		SUB3	SUB14	SUB 34	SUB42	SUB 44 ⁷	SUB 57	PZ 16 ⁸	PZ 19	PZ 22
Profundidad ⁹ reportada (m)		4.31	4.0	0.90	6.93	0.63	0.58	2.40	4.38	5.70
Prof 2 (m)	Fecha 15/01/10 20/01/10 04/02/10	3.57	4.0	1.52	7.22	2.5	0.60			
								2.32	0.89	2.36
Prof 3 (m)	Fecha 16/01/10	4.64	3.84	1.43	7.43	2.5	0.61	2.28	0.94	2.26
Observaciones	Los pozos instalados por TECNILAB se encuentran a ras del suelo y en algunos casos la tubería se ubica por debajo del nivel del suelo, poseen una chapa de metal que los cubre (donde se traba el candado), y no cuentan con identificación. Sub 3: Sin tapa de PVC, con candado. Sub 14: Con tapa de PVC, con candado. Sub 34: Sin tapa de PVC, con candado. Sub 42: Sin tapa PVC, sin candado. Sub 44: Sin tapa de PVC, con candado. Sub 57: Sin tapa de PVC con candado. Pz 16: Con tapa de PVC, sin candado. Pz 19: Con tapa PVC, sin candado. Pz 22: Con tapa PVC, con candado.									

Fuente: PES, 2010.

En la Tabla 6-29 se muestran los valores de agua subterránea registrados.

⁷ SUB 44 se muestreó el 20 de enero de 2010 debido a dificultades en la logística, se encuentra en un estacionamiento y se mantuvo ocupado durante el proceso inicial.

⁸ Los Pz 16, Pz 19 y Pz 22 fueron muestreados el 4 de febrero del 2010.

⁹ Profundidad reportada (TOC) desde la superficie.

Tabla 6-29
Resultados de Medición de Parámetros Físico en el Agua Subterránea del Área de
Influencia del Proyecto

Nomenclatura	PARÁMETROS				
	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	Turbiedad (NTU)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Los Andes – Vía Fernández de Córdoba					
H12	7.7	28.9	642.0	73.0	4.5
H18	7.7	30.6	345.0	27.5	3.5
H28	7.6	30.2	424.0	42.7	3.7
H31	8.0	29.6	425.0	22.3	4.0
H43	6.7	30.7	249.0	51.0	3.9
H46	7.4	28.7	402.0	34.9	4.5
Vía Fernández de Córdoba – Plaza 5 de Mayo					
SUB-3	7.4	32.1	223.0	224.0	3.9
SUB-14	7.6	30.7	190.0	56.0	3.6
SUB-34	7.4	31.7	222.0	44.8	3.1
SUB-42	6.9	30.8	207.0	121.0	4.6
SUB-44	6.7	30.7	198.0	417.0	2.8
SUB-57	7.2	33.6	196.0	793.0	2.4
Plaza 5 de Mayo – Albroom					
Pz 16	6.4	31.0	160.0	32.0	3.4
Pz 19	6.1	30.5	163.0	95.0	2.7
Pz 22	6.3	30.1	159.0	18.6	2.5
Descripción de las Estaciones de Monitoreo en la Tabla 6-27 y 6-28					

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc.

Identificación y demarcación de flujos de aguas subterráneas

Empleando la información suministrada por la SMP, en cuanto a las perforaciones realizadas a lo largo de la línea, PES, 2010 ha incorporado el plano de dirección de flujos de aguas subterráneas. Cabe resaltar que para el levantamiento de esta información se consideró la topografía, elevación de cotas y las perforaciones (Ver Figura 6-7).

6.6.2.a Identificación del Acuífero

De acuerdo con la información existente en el Mapa Hidrogeológico de Panamá, el área del proyecto corresponde a zonas con acuíferos locales (intergranulares o figurados) con permeabilidad baja y de productividad limitada o poco significativa ($Q=3-5 \text{ m}^3/\text{h}$).

Estos acuíferos están constituidos por depósitos marinos generalmente de naturaleza clástica con secciones ocasionales de origen bioquímico (calizas). La granulometría predominante de estos materiales es del orden de limos y arcillas. En estas formaciones se encuentran intercalaciones de basaltos y andesitas. Se puede obtener cierta producción en pozos individuales y la calidad química de las aguas es variable.

6.7 Calidad del Aire

Las actividades que tienen lugar en el área donde se desarrollará el proyecto son muy variadas siendo las principales de tipo residencial, comercial e industrial. Aunado a ello, tenemos que la mayor parte del alineamiento del proyecto tiene lugar en vías que manejan importantes flujos vehiculares en la ciudad como son: la Vía Transístmica, Vía Fernández de Córdoba, Vía España, Ave. Justo Arosemena, entre otras; en este sentido, es de esperar que una de las principales fuentes de contaminación atmosférica la constituyan los gases producto de las emisiones de los vehículos que circulan por la vía antes indicadas.

A manera de antecedente, tenemos que dentro del área de influencia del proyecto, el Instituto Especializado de Análisis (IEA) de la Universidad de Panamá realiza monitoreos de calidad del aire a través de algunas de las estaciones con las que cuenta. A continuación, la Tabla 6-30 presenta la ubicación de las estaciones con las que cuenta el IEA que se encuentran cercanas al área de estudio (Curundú, San Miguelito y la Universidad de Panamá).

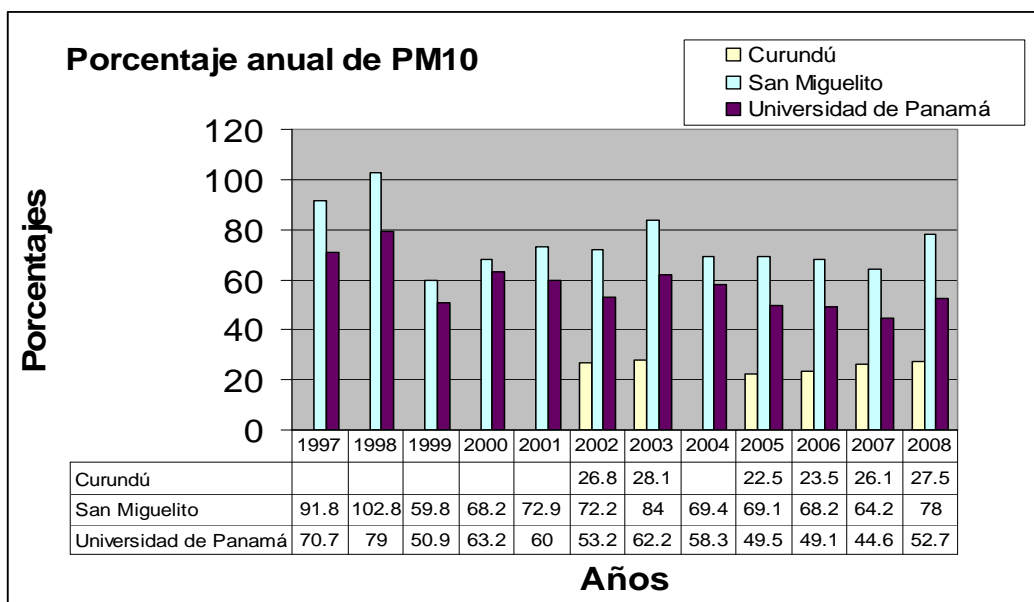
Tabla 6-30
Estaciones de Monitoreo del IEA Ubicadas en el Área de Estudio

No.	Estación	Localización
1	Curundú	Campus Dr. Harmodio Arias Madrid, de la Universidad de Panamá.
2	San Miguelito	En las cercanías de la Garita de la Policía de Panamá, próxima al puente vehicular de San Miguelito.
3	Universidad de Panamá	contiguo a puente vehicular de la Vía Simón Bolívar

Fuente: Elaborado por URS Holdings, Inc.

Entre los gases monitoreados por el IEA se encuentran: el Ozono (O3), Dióxido de Nitrógeno (NOx), y Partículas (PM10), los cuales son generados principalmente por las emisiones vehiculares, la quema del combustible, los vapores de combustible provenientes de las industrias que utilizan chimenea, incendios y construcción. Cabe resaltar, que de estas sustancias, según la OMS/OPS, el material particulado PM10, es uno de los de mayor importancia para la salud pública. A continuación, la Gráfica 6-10 nos presenta los datos registrados por el IEA para este parámetro.

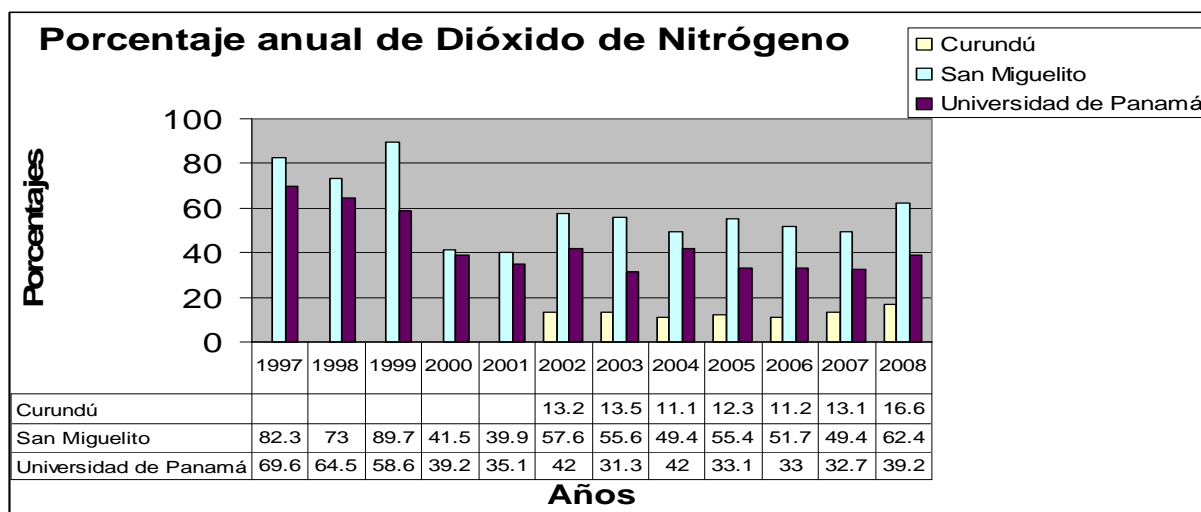
Gráfica 6-10
Registros de PM10 en las Estaciones de Monitoreo del IEA Ubicadas en el Área de Estudio



Fuente: PES, 2010 con datos del IEA.

Los datos presentados en la Gráfica 6-10, reflejan como en los últimos cuatro años de registro (2005-2008), los valores de PM10 han aumentado para todas las estaciones, lo cual podría estar asociado con el aumento en la flota vehicular y los continuos congestionamientos vehiculares que tienen lugar en las áreas donde se encuentran ubicadas las estaciones del IEA. Igual comportamiento registró el NO₂, ver Gráfica 6-11.

Gráfica 6-11
Registros de NO₂ en las Estaciones de Monitoreo del IEA Ubicadas en el Área de Estudio



Fuente: PES, 2010 con datos del IEA

En cuanto al ozono (O₃) la información registrada por las estaciones del Instituto Especializado de Análisis en el área de Curundú, San Miguelito y la Universidad de Panamá para el año 2008, en la misma se puede observar que el comportamiento del ozono (O₃,) presenta valores más elevados en la estación de Curundú, sobrepasando las otras dos estaciones en más de 10µg/m³¹⁰. Sin embargo, todos los valores registrados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para el anteproyecto de norma de la ANAM (235 µg/m³). A continuación, se presenta la información correspondiente a los componentes del proyecto.

¹⁰ Guía de calidad de aire según la OMS, son de 100µg/m³ media en 8 horas

Área del Alineamiento

Tomando como base los antecedentes de calidad de aire existentes y con el propósito de conocer los niveles de contaminantes en el área del proyecto, se procedió a realizar monitoreos de calidad de aire en diferentes puntos del área del proyecto, a partir de lo siguiente:

- Metodología de Monitoreo

A pesar de la cercanía de las estaciones de monitoreo del Instituto Especializado de Análisis de la Universidad de Panamá al área del proyecto, la Secretaría del Metro de Panamá solicitó el monitoreo de calidad del aire durante el proceso de elaboración de la Línea Base para el Estudio de Impacto Ambiental por parte de la empresa Panama Environmental Services (PES).

Como parte de los trabajos de campo se analizaron los siguientes parámetros PM_{10} , NO_2 , SO_2 y O_3 . Los métodos utilizados para el análisis de cada parámetro se describen a continuación:

Para PM_{10} : *Método gravimétrico en balanza analítica de los cassettes prepesados y su ponderación con el número de litros colectados por hora:*

Se pesa el cassette con el filtro de micro fibra de vidrio (Peso Inicial), luego se hace pasar aire del lugar en estudio a un flujo determinado (en L/Min), esto es para que en el filtro se retengan todas las partículas suspendidas en el aire (de 100 micras o menos), se procede a pesar en el Laboratorio el cassette con el filtro el cual contiene ahora la muestra (Peso final) y gravimétricamente se obtienen los $\mu g/m^3$.

Para NO_2 : *Método colorimétrico basado en el método Griess Saltzman y lectura en espectrofotómetro:*

Fijación de NO_2 en disolución ácida. Se basa en la reacción del NO_2

con ácido sulfanílico para formar un compuesto de diazonio, que reacciona con α -Naftilamina formando un compuesto azoico (Color rojo púrpura) que absorbe a 550 nm.

La toma de la muestra tuvo una duración de una hora, con tren de muestreo, burbujeador, bomba de vacío (Gilian BDX ABATEMENT Air Sampler).

Para SO₂: Se utilizó el método de fijación de aire en disolución orgánica, a un flujo de litros (1.5 L) por minuto determinado, adaptado en un tren de muestreo con bombas de vacío y posterior lectura titrimétrica con BaCl₂ 0.01M utilizando Thorin como indicador.

Para O₃: Se realizó la fijación del ozono existente en el aire en disolución Iodimétrica a un flujo determinado en litros (1,5 LPM) por minuto, y posterior lectura en espectrofotómetro, donde la concentración de ozono es directamente proporcional a la degradación del color de la disolución utilizada.

La toma de la muestra tuvo una duración de una hora, con tren de muestreo, burbujeador, bomba de vacío (Gilian BDX ABATEMENT Air Sampler).

Los puntos de monitoreo fueron seleccionados en función de la identificación de las áreas de mayor afluencia vehicular y en base a la seguridad del personal de laboratorio (Ver Figuras 6-5 a y 6-5 b). Las mediciones en los puntos de monitoreo se realizaron durante una hora en horario diurno y una hora en horario nocturno.

La norma de referencia utilizada fue el Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire Ambiente de la ANAM; sin embargo, tres (3) de los contaminantes que la norma presenta (PM₁₀, NO₂ y SO₂) deben ser analizados como mínimo por un intervalo de tiempo de 24 horas, razón por la cual no es posible comparar la norma directamente con las mediciones. No obstante lo anterior, se sabe que el fin de presentar la concentración de un contaminante por espacio de 24 horas, es tener en cuenta las diferentes condiciones bajo las que se generan dichos contaminantes. Por lo tanto, a

pesar de que no se realizaron mediciones por un periodo de tiempo de 24 horas, se realizó una medición durante el día y una durante la noche, lo que corresponde a dos momentos en los que las condiciones son totalmente distintas, tanto en emisiones vehiculares como en condiciones atmosféricas. En este sentido, se calculó el promedio de estas dos mediciones y se comparó contra los valores establecidos en el Anteproyecto de Norma Aire Ambiente.

Se seleccionaron 11 puntos de muestreo cuyas características y condiciones climáticas al momento del monitoreo se presentan en la Tabla 6-31. Cabe resaltar que debido a que al momento de levantar la información de la línea base aún no se había definido el punto donde concluiría el proyecto (Línea 1 del Metro), uno de los puntos de monitoreo (P1) que corresponde al Cruce de Vía Transístmica Entrada de San Isidro, quedó ubicado fuera del alineamiento final; no obstante, se presenta la información recabada en el mismo a manera de referencia.

Tabla 6-31
Caracterización de los Puntos de Monitoreo de Calidad del Aire

No.	Punto de Muestreo	Características y Condiciones Climáticas																														
1	Cruce Vía Transístmica / Entrada San Isidro	<p>La Vía Transístmica posee una alta circulación vial durante todo el día. La calle de acceso a San Isidro se constituye en una de las pocas vías de acceso y salida a las comunidades de San Isidro, Santa Librada, Cerro Batea, Santa Marta y el Valle de Urracá, en el Distrito de San Miguelito, por lo cual hay una alta circulación vial. En ambas vías durante el proceso de muestreo hubo circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares. También se identificó una fuente de contaminación importante constituida por las instalaciones industriales del sector.</p> <p>Este punto, se ubica geográficamente entre dos cerros que forman un valle con la Vía Transístmica atravesando ambos. Se observan áreas residenciales en un radio de 250 m sobre la ladera de uno de los cerros colindantes, y un área industrial en la ladera opuesta. A continuación se presentan los datos meteorológicos presentes durante el monitoreo.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>E-O</td><td>NE-SO</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>2.3</td><td>7.9</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>29.0</td><td>26.8</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>62.1</td><td>58.3</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>7:40 a 8:40 am</td><td>9:05 a10:05 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Thermo Hygro Anemometer</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	E-O	NE-SO	Velocidad del Viento	Km/h	2.3	7.9	Temperatura	°C	29.0	26.8	Humedad Relativa	%	62.1	58.3	Hora	---	7:40 a 8:40 am	9:05 a10:05 pm	Equipo	Extech Thermo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	E-O	NE-SO																													
Velocidad del Viento	Km/h	2.3	7.9																													
Temperatura	°C	29.0	26.8																													
Humedad Relativa	%	62.1	58.3																													
Hora	---	7:40 a 8:40 am	9:05 a10:05 pm																													
Equipo	Extech Thermo Hygro Anemometer																															

No.	Punto de Muestreo	Características y Condiciones Climáticas																														
2	Centro Comercial Los Andes	<p>Durante el proceso de muestreo se observó la circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares que transitan por la Vía Transístmica. Adicionalmente, en este punto debido a la presencia del Centro Comercial Los Andes se mantienen condiciones de circulación vehicular entrante y saliente.</p> <p>Geográficamente el punto seleccionado, se ubica sobre un área plana. Las áreas residenciales y comerciales, se observan en un radio de 400m; así mismo es posible observar algunas áreas industriales. Sin embargo, de estas últimas no se observan chimeneas que pudiesen contribuir con la emisión de gases en el sector. A continuación se presentan los datos meteorológicos presentes durante el monitoreo.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NE-SO</td><td>NE-SO</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>7.6</td><td>5.4</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>29.2</td><td>26.4</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>42.6</td><td>64.3</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>10:00 a 11:00 am</td><td>10:15 a 11:15 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hygro Anemometer</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NE-SO	NE-SO	Velocidad del Viento	Km/h	7.6	5.4	Temperatura	°C	29.2	26.4	Humedad Relativa	%	42.6	64.3	Hora	---	10:00 a 11:00 am	10:15 a 11:15 pm	Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NE-SO	NE-SO																													
Velocidad del Viento	Km/h	7.6	5.4																													
Temperatura	°C	29.2	26.4																													
Humedad Relativa	%	42.6	64.3																													
Hora	---	10:00 a 11:00 am	10:15 a 11:15 pm																													
Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																															
3	Puente de San Miguelito	<p>Ubicado sobre la intersección entre la Vía Transístmica y la Vía José Domingo Díaz, específicamente en el Puente de San Miguelito, este punto constituye una intersección de alta confluencia vehicular diurna como nocturna. Por la Vía Transístmica se mueve todo el componente vehicular particular, colectivo, selectivo y equipo pesado que sale y entra de la ciudad de Panamá hacia y desde el Norte hacia la ciudad de Colón. En tanto, la Vía Domingo Díaz se caracteriza por su gran circulación vehicular en ambas direcciones, ya que comunica las urbanizaciones que se ubican en las afueras de la ciudad y grandes sectores de desarrollo urbanístico. En ambas vías durante el proceso de muestreo se observó circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica en un área abierta, relativamente plana, con cerros bajo a más de 300m. Los colindantes son principalmente de tipo comercial sobre las vías y algunos residenciales hacia el Noreste. Aún cuando se observan algunas fincas de tipo industrial al Noreste a mas de 300m que pudiesen emitir de fuentes fijas. Los datos meteorológicos presentes al momento del monitoreo son los siguientes.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NE-SO</td><td>NE-SO</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>5.6</td><td>6.8</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>33.5</td><td>28.9</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NE-SO	NE-SO	Velocidad del Viento	Km/h	5.6	6.8	Temperatura	°C	33.5	28.9												
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NE-SO	NE-SO																													
Velocidad del Viento	Km/h	5.6	6.8																													
Temperatura	°C	33.5	28.9																													

No.	Punto de Muestreo	Características y Condiciones Climáticas																																	
		Humedad Relativa	%	36.5	56.0																														
		Hora	---	11:15 a 12:15 am	9:27 a 10:27 pm																														
		Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																																
4	Intersección Vía Transistmica / Avenida 12 de Octubre	<p>En este punto confluye el tráfico proveniente del Corredor Norte (salida del Centenario) y área Noroeste de la ciudad de Panamá, y del sector Sur de la ciudad en ambas direcciones. Esta intersección esta ligada a la Calle 75A Oeste, intersección de gran afluencia vehicular diurna y nocturna, caracterizada por comercios, industrias y edificios residenciales de planta baja comercial. Por ellas se mueve el componente vehicular particular, colectivo, selectivo y equipo pesado.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica en un punto medio bajo con pendiente <3% sobre un área abierta. En un radio de 300m, la única industria identificada es la empresa Kiener.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NE-SO</td><td>NE-SO</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>5.6</td><td>6.8</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>33.5</td><td>28.9</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>36.5</td><td>56.0</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>11:15am a 12:15 pm</td><td>9:27 a 10:27 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hygro Anemometer</td></tr></table>				Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NE-SO	NE-SO	Velocidad del Viento	Km/h	5.6	6.8	Temperatura	°C	33.5	28.9	Humedad Relativa	%	36.5	56.0	Hora	---	11:15am a 12:15 pm	9:27 a 10:27 pm	Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																																	
		Diurno	Nocturno																																
Dirección del Viento	---	NE-SO	NE-SO																																
Velocidad del Viento	Km/h	5.6	6.8																																
Temperatura	°C	33.5	28.9																																
Humedad Relativa	%	36.5	56.0																																
Hora	---	11:15am a 12:15 pm	9:27 a 10:27 pm																																
Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																																		
5	Intersección Vía Transistmica / Vía Fernández de Córdoba	<p>Esta Intersección se caracteriza porque acopia el tráfico proveniente del Corredor Norte (salida del Centenario) y área Noroeste de la ciudad de Panamá, y del sector Sur de la ciudad en ambas direcciones. Esta intersección esta ligada a la Avenida de La Paz, intersección de gran afluencia vehicular diurna y nocturna, caracterizada por ser altamente comercial. En ambas vías durante el proceso de muestreo hubo circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica en un punto medio bajo con pendiente <3% sobre un área abierta. En un radio de 300m solo se identifican lotes comerciales y residenciales, aparte de una iglesia. A continuación se presentan los datos meteorológicos presentes durante el monitoreo.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NE-SO</td><td>N-S</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>5.6</td><td>8.0</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>34.1</td><td>29.7</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>36.5</td><td>59.5</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>11:05 am a 12:05 pm</td><td>9:35 a 10:35 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hygro Anemometer</td></tr></table>				Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NE-SO	N-S	Velocidad del Viento	Km/h	5.6	8.0	Temperatura	°C	34.1	29.7	Humedad Relativa	%	36.5	59.5	Hora	---	11:05 am a 12:05 pm	9:35 a 10:35 pm	Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																																	
		Diurno	Nocturno																																
Dirección del Viento	---	NE-SO	N-S																																
Velocidad del Viento	Km/h	5.6	8.0																																
Temperatura	°C	34.1	29.7																																
Humedad Relativa	%	36.5	59.5																																
Hora	---	11:05 am a 12:05 pm	9:35 a 10:35 pm																																
Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																																		

No.	Punto de Muestreo	Características y Condiciones Climáticas																														
6	Intersección Vía España / Vía Brasil	<p>La Vía España se constituye en la segunda vía principal de la ciudad de Panamá, de alta circulación vehicular tanto diurna como nocturna. Esta intersección congrega la flota vehicular que se mueve desde y hacia el área bancaria por excelencia y hacia las áreas comerciales y residenciales de la Avenida Balboa y la Vía Israel hacia el Sur y hacia las áreas comerciales y residenciales del Norte de la ciudad. Durante el proceso de muestreo hubo circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares. El transporte público colectivo solo circula sobre la Vía España.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica sobre un área relativamente plana, de gran desarrollo comercial y residencial, en un radio de 500m no hay actividades industriales. Los datos meteorológicos se presentan a continuación.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NO-SE</td><td>O-E</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>6.7</td><td>7.0</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>34.0</td><td>28.8</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>37.4</td><td>48.0</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>2:40 a 3:40 am</td><td>9:50 a 10:50 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hygro Anemometer</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NO-SE	O-E	Velocidad del Viento	Km/h	6.7	7.0	Temperatura	°C	34.0	28.8	Humedad Relativa	%	37.4	48.0	Hora	---	2:40 a 3:40 am	9:50 a 10:50 pm	Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NO-SE	O-E																													
Velocidad del Viento	Km/h	6.7	7.0																													
Temperatura	°C	34.0	28.8																													
Humedad Relativa	%	37.4	48.0																													
Hora	---	2:40 a 3:40 am	9:50 a 10:50 pm																													
Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																															
7	Intersección Vía España / Avenida Manuel Espinosa Batista	<p>Constituyen una Intersección de gran confluencia vehicular tanto diurna como nocturna. Este cruce también es utilizado como paso para el desalojo del área Universitaria, del Sector de Obarrio, Bella Vista, el sector de El Cangrejo, y de aquellos que accesan la ciudad por el Puente de Las Américas. Por esta intersección se mueve un componente vehicular particular, colectivo, selectivo y equipo pesado que sale y entra de la ciudad de Panamá por el Sur.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica en un área limitada por una pequeña elevación sobre la cual se ubican comercios y edificios residenciales. Los datos meteorológicos se presentan a continuación.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NO-SE</td><td>O-E</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>3.9</td><td>7.5</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>34.3</td><td>28.0</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>36.3</td><td>60.2</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>2:05 a 3:05 pm</td><td>10:00 a 11:00 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hygro Anemometer</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NO-SE	O-E	Velocidad del Viento	Km/h	3.9	7.5	Temperatura	°C	34.3	28.0	Humedad Relativa	%	36.3	60.2	Hora	---	2:05 a 3:05 pm	10:00 a 11:00 pm	Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NO-SE	O-E																													
Velocidad del Viento	Km/h	3.9	7.5																													
Temperatura	°C	34.3	28.0																													
Humedad Relativa	%	36.3	60.2																													
Hora	---	2:05 a 3:05 pm	10:00 a 11:00 pm																													
Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																															
8	Intersección	En este punto confluye el tráfico proveniente del Corredor Norte (salida																														

No.	Punto de Muestreo	Características y Condiciones Climáticas																														
	Avenida Justo Arosemena / Cl. 42 Bella Vista	<p>de la CSS), de la Trasistmica, y la Vía España y que se dirige hacia el sector Sur de la ciudad. Con gran concurrencia vehicular diurna y muy poca nocturna, caracterizada por ser altamente comercial y residencial. Por la misma, se mueve un componente vehicular particular, colectivo, selectivo y equipo pesado. En ambas vías durante el proceso de muestreo hubo circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica en un punto medio alto con pendiente. En un radio de 300m solo se identifican lotes comerciales y residenciales, una sinagoga, y hospitales privados, no se identificaron áreas industriales. A continuación se presentan los datos meteorológicos.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NO-SE</td><td>SO-NE</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>1.7</td><td>4.5</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>29.7</td><td>26.5</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>57.6</td><td>64.8</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>8:55 a 9:55 am</td><td>7:50 a 8:50 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hygro Anemometer</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NO-SE	SO-NE	Velocidad del Viento	Km/h	1.7	4.5	Temperatura	°C	29.7	26.5	Humedad Relativa	%	57.6	64.8	Hora	---	8:55 a 9:55 am	7:50 a 8:50 pm	Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NO-SE	SO-NE																													
Velocidad del Viento	Km/h	1.7	4.5																													
Temperatura	°C	29.7	26.5																													
Humedad Relativa	%	57.6	64.8																													
Hora	---	8:55 a 9:55 am	7:50 a 8:50 pm																													
Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																															
9	Intersección Avenida Justo Arosemena / Cl. 34 Este Bella Vista	<p>Intersección que acopia el tráfico proveniente del Sector de Calidonia y de la parte central de la ciudad hacia el área hospitalaria y hacia la Avenida Balboa. Esta intersección está ligada a la Avenida Cuba, ya que la Avenida Justo Arosemena tiene un solo sentido (hacia las afueras de la ciudad). Intersección de gran afluencia vehicular diurna y poca nocturna, caracterizada por ser altamente comercial. Alrededor de ella ubicamos gran cantidad de hoteles, el área hospitalaria, áreas comerciales y varias instituciones gubernamentales. Por ella se mueve el componente vehicular particular, colectivo, selectivo y equipo pesado. En ambas vías durante el proceso de muestreo hubo circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica en un punto medio bajo con pendiente <3%. En un radio de 300m solo se identifican lotes comerciales y residenciales, aparte de una iglesia, no se identificaron actividades industriales. Los datos meteorológicos se presentan a continuación.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NE-SO</td><td>O-E</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>4.9</td><td>6.3</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>31.0</td><td>26.4</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>35.7</td><td>49.0</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>9:40 a 10:40 am</td><td>7:40 a 8:40 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hvgro Anemometer</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NE-SO	O-E	Velocidad del Viento	Km/h	4.9	6.3	Temperatura	°C	31.0	26.4	Humedad Relativa	%	35.7	49.0	Hora	---	9:40 a 10:40 am	7:40 a 8:40 pm	Equipo	Extech Termo Hvgro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NE-SO	O-E																													
Velocidad del Viento	Km/h	4.9	6.3																													
Temperatura	°C	31.0	26.4																													
Humedad Relativa	%	35.7	49.0																													
Hora	---	9:40 a 10:40 am	7:40 a 8:40 pm																													
Equipo	Extech Termo Hvgro Anemometer																															

No.	Punto de Muestreo	Características y Condiciones Climáticas																														
10	Plaza 5 de Mayo / Palacio Legislativo	<p>Este sector es donde confluye parte de la población que proviene y se dirige del y hacia el sector Oeste de la Provincia. Da acceso al área del Casco Antiguo, y acopia la circulación vial que sale y entra de la ciudad por el Puente de Las Américas o que va y viene de las áreas canaleras. Es un sector de gran circulación vial diurna y un poco menos nocturna. Durante el proceso de muestreo hubo circulación de equipo pesado, transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica sobre un área plana, sin embargo, se encuentra encajonada por el puente vehicular aéreo presente en el área de 5 de Mayo. En un radio de 300m se observa áreas residenciales y comerciales, instituciones públicas y otras privadas, no se identificó actividad industrial alrededor del área. Los datos meteorológicos presentes durante el monitoreo se indican a continuación.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NE-SO</td><td>N-S</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>4.0</td><td>5.0</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>34.0</td><td>27.5</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>30.5</td><td>56.1</td></tr><tr><td>Hora</td><td>---</td><td>11:13 am a 12:13 pm</td><td>8:00 a 9:00 pm</td></tr><tr><td>Equipo</td><td colspan="3">Extech Termo Hygro Anemometer</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NE-SO	N-S	Velocidad del Viento	Km/h	4.0	5.0	Temperatura	°C	34.0	27.5	Humedad Relativa	%	30.5	56.1	Hora	---	11:13 am a 12:13 pm	8:00 a 9:00 pm	Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NE-SO	N-S																													
Velocidad del Viento	Km/h	4.0	5.0																													
Temperatura	°C	34.0	27.5																													
Humedad Relativa	%	30.5	56.1																													
Hora	---	11:13 am a 12:13 pm	8:00 a 9:00 pm																													
Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer																															
11	Albrook / Terminal de Transporte	<p>La Terminal de Transporte es la receptora de todos los transportes públicos colectivos que provienen del resto de las provincias y el movimiento del transporte público colectivo ciudadano. Contiguo a este se ubica la entrada Oeste del Corredor Norte y un Centro Comercial. Es un área de alta confluencia vehicular diurna como nocturna. En los alrededores se puede observar vehículos particulares, colectivos, selectivos y equipo pesado. Durante el proceso de muestreo hubo circulación de transporte público colectivo y selectivo, además de los vehículos particulares.</p> <p>Geográficamente la intersección se ubica en un área plana. Los colindantes son principalmente de tipo comercial y áreas abiertas. No se observaron actividades industriales en los alrededores, solo el Aeropuerto Marcos A. Gelabert a unos 500m hacia el Oeste. A continuación los datos meteorológicos del monitoreo.</p> <table><tr><th rowspan="2">Parámetros</th><th rowspan="2">Unidad</th><th colspan="2">Calidad del Aire</th></tr><tr><th>Diurno</th><th>Nocturno</th></tr><tr><td>Dirección del Viento</td><td>---</td><td>NE-SO</td><td>SO-NE</td></tr><tr><td>Velocidad del Viento</td><td>Km/h</td><td>3.7</td><td>5.0</td></tr><tr><td>Temperatura</td><td>°C</td><td>35.3</td><td>26.7</td></tr><tr><td>Humedad Relativa</td><td>%</td><td>37.0</td><td>62.1</td></tr></table>	Parámetros	Unidad	Calidad del Aire		Diurno	Nocturno	Dirección del Viento	---	NE-SO	SO-NE	Velocidad del Viento	Km/h	3.7	5.0	Temperatura	°C	35.3	26.7	Humedad Relativa	%	37.0	62.1								
Parámetros	Unidad	Calidad del Aire																														
		Diurno	Nocturno																													
Dirección del Viento	---	NE-SO	SO-NE																													
Velocidad del Viento	Km/h	3.7	5.0																													
Temperatura	°C	35.3	26.7																													
Humedad Relativa	%	37.0	62.1																													

No.	Punto de Muestreo	Características y Condiciones Climáticas			
		Hora	---	11:22 am a 12:22 pm	8:15 a 9:15 pm
		Equipo	Extech Termo Hygro Anemometer		

Fuente: PES, 2010 y Laboratorio CIQSA. Elaborado por: URS Holdings, Inc

Los resultados del monitoreo realizado se presentan a continuación.

- Monitoreo de Calidad de Aire

En esta sección se presentan los resultados obtenidos, a partir de los monitoreos realizados, para cada uno de los parámetros evaluados. Los valores registrados en campo se presentan en el Anexo 6-3.

• Material Particulado Respirable (PM₁₀)

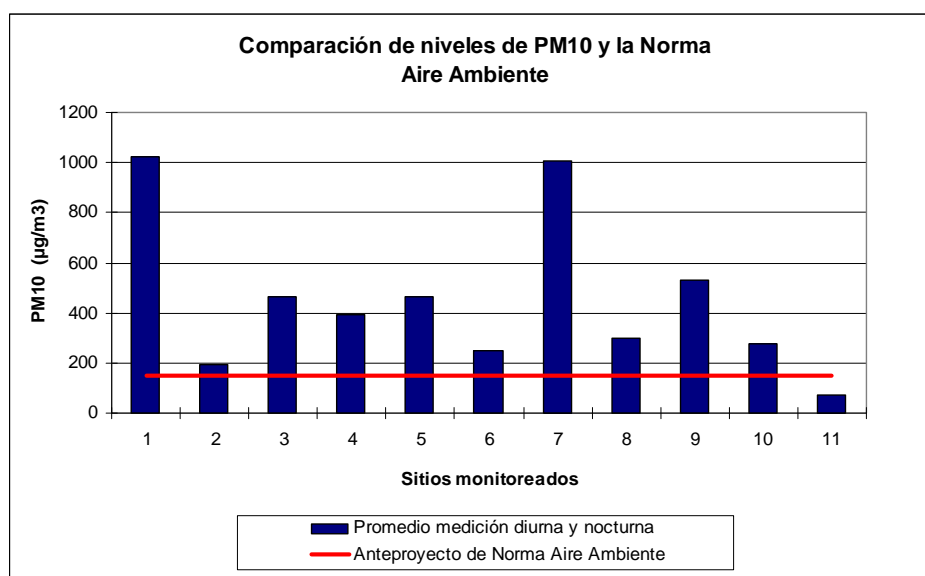
Con relación al Material Particulado Respirable, podemos indicar que de los 11 puntos monitoreados, 10 exceden la norma de referencia ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$); siendo los casos más relevantes el Punto 1, que corresponde al Cruce de la Vía Transístmica / Entrada San Isidro, el cual sobrepasa la norma en un 583% y el Punto 7 que corresponde al Cruce de la Avenida Justo Arosemena / Calle 42 Este Bella Vista, el cual excede la norma en un 571%. Cabe resaltar, que el Punto 1 es únicamente una referencia por ubicarse fuera del alineamiento de la Línea 1 del Metro.

El resto de los puntos monitoreados, no alcanzan porcentajes tan alarmantes; sin embargo, se debe tener en cuenta que los mismos no se ajustan a la norma y reflejan que estas áreas no cuentan con una buena calidad de aire y por ende deben considerarse como zonas de riesgo para la salud pública. (Ver Gráfica 6-12)

Adicionalmente, al comparar las cifras registradas con el valor crítico de emergencia ambiental para este contaminante que según el Anteproyecto de Norma de Aire Ambiente corresponde a $355\mu\text{g}/\text{m}^3$ se observa que los sitios 1, 3, 4, 5, 7 y 9 se encuentran en estado de emergencia

ambiental, razón por la cual cualquier iniciativa que contribuya al mejoramiento de la calidad del aire en estos sectores es sumamente importante no solo desde el punto de vista ambiental sino también desde el punto de vista de la salud pública. (Ver Gráfica 6-12)

Gráfica 6-12
Comparación de Niveles de PM₁₀ y la Norma Aire Ambiente



Fuente: PES, 2010.

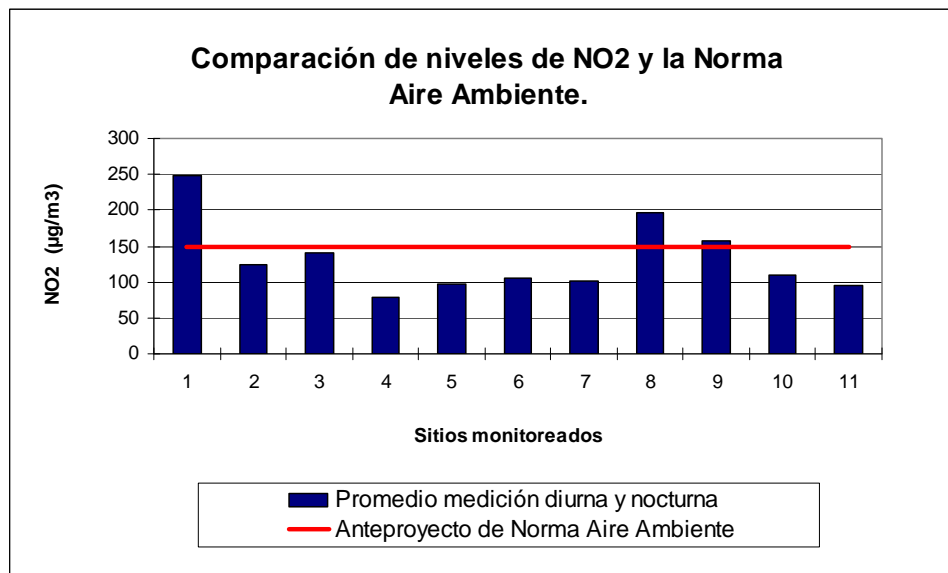
- **Dióxido de Nitrógeno (NO₂)**

Como resultado del análisis de Dioxido de Nitrógeno encontramos que tres de los puntos monitoreados exceden los valores de referencia establecidos en la norma (150µg/m³), correspondiendo estos a los puntos 1, ubicado en el Cruce de la Vía Transístmica / Entrada San Isidro, el cual excede la norma en un 65% y es utilizado únicamente como referencia por encontrarse fuera del alineamiento; el punto 8, ubicado en el Cruce Avenida Justo Arosemena / Calle 34 Este (Area Hospitalaria) y el punto 9, ubicado en la intersección de Plaza 5 de Mayo / Palacio Legislativo, el cual supera ligeramente la norma de referencia. (Ver Gráfica 6-13)

De igual forma, es importante tener en cuenta que los puntos 2 y 3 que corresponden a la Intersección de la Vía Transístmica / Domingo Díaz (Puente de San Miguelito) y la Intersección de la Vía Transístmica / Avenida 12 de Octubre respectivamente, a pesar de no sobrepasar la

norma, se encuentran muy cerca del límite máximo permisible y podrían excederlo fácilmente si se presentan condiciones de mayor tráfico vehicular o mayor estabilidad atmosférica. (Ver Gráfica 6-13)

Gráfica 6-13
Comparación de Niveles de NO₂ y la Norma Aire Ambiente

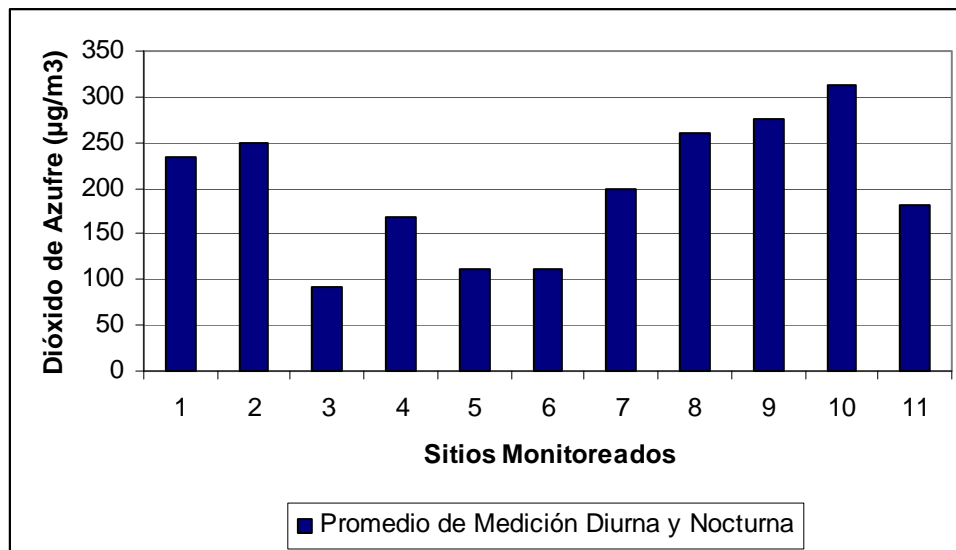


Fuente: PES, 2010.

- **Dióxido de Azufre**

En cuanto a los valores de dióxido de azufre (SO₂) registrados, podemos indicar que de los 11 puntos monitoreados, ninguno sobrepasa el valor establecido por la ANAM como referencia (365 µg/m³). No obstante, el punto de medición 10 que corresponde al Sector Plaza 5 de Mayo / Palacio Legislativo registra valores que se encuentran muy cercanos al límite máximo permisible (313 µg/m³), con una diferencia de 51µg/m³ por debajo del límite, la cual constituye una concentración que se puede alcanzar fácilmente en un día de mayor tráfico vehicular. (Ver Gráfica 6-14)

Gráfica 6-14
Promedio de SO₂ Registrado en los Puntos de Monitoreo

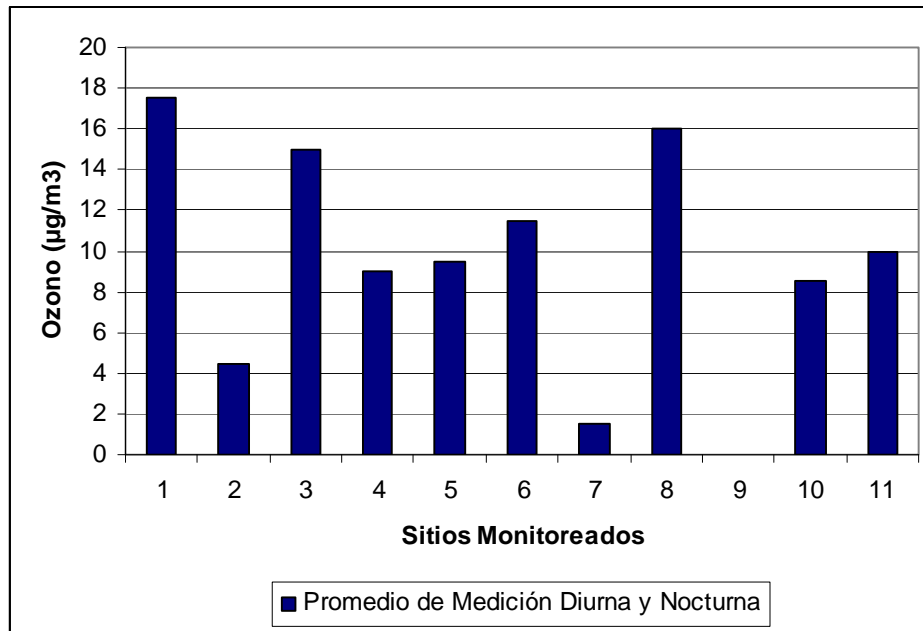


Elaborado por: URS Holdings, Inc, con datos provenientes de PES, 2010.

- **Ozono**

En todos los puntos de monitoreo, los valores de Ozono (O₃) estuvieron por debajo de los 40 µg/m³, encontrándose dentro del alineamiento del proyecto los promedios más altos en el Puente de San Miguelito, con 15 µg/m³ y en la Intersección de la Vía Justo Arosemena y la Calle 42 Bella Vista, con 16 µg/m³; sin embargo, estos valores se encuentra muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el anteproyecto de norma de la ANAM (235 µg/m³). Ver Gráfica 6-15.

Gráfica 6-15
Promedio de Ozono Registrado en los Puntos de Monitoreo



Elaborado por: URS Holdings, Inc, con datos provenientes de PES, 2010.

Áreas Auxiliares

En términos generales, la calidad del aire en los sitios correspondientes a las Áreas Auxiliares es relativamente buena, ya que la mayoría de las mismas se localizan en área más apartadas de las principales fuentes de contaminación, que el área del alineamiento. No obstante, el Patio de Ferrocarril, sitio designado como depósito de material excavado, se encuentra expuesto a un cierto tráfico vehicular producto, hacia el sector Oeste, de los camiones que recogen la carga traída por el tren y hacia el sector Este, de los vehículos que transitan día y noche por la carretera Gaillard. El sitio de Patio y Talleres, es también otra área que pudiera presentar cierto grado de afectación sobre la calidad del aire, ya que el mismo se localiza entre dos vías de gran tráfico vehicular, el Corredor Norte y la vía que pasa frente al MOP y Canal 11. Además, internamente, en la actualidad funcionan oficinas y depósitos pertenecientes al MOP, en donde durante todo el día están entrando y saliendo vehículos sedanes, camiones de carga y equipo pesado.

6.7.1 Ruido

Estudios realizados por ITS Consultants, 2009, como parte de los Antecedentes técnicos, científicos, económicos, sociales, epidemiológicos, y normativos y marco conceptual de la norma de emisiones y calidad ambiental sobre ruido, señalan que en Panamá las áreas afectadas por ruido ambiental tienen como principal fuente de ruido el congestionamiento vehicular, la aglomeración de actividades comerciales que utilizan mecanismos acústicos para el llamado de atención de sus clientes, industrias, vehículos con troneras y en mal estado mecánico, actividades recreativas y la disminución de áreas verdes. Así pues, la Tabla No 6-32 nos muestra los promedios de ruido para fuentes fijas y móviles reportados por ITS, 2009 para los distritos de Panamá, San Miguelito y Colón.

Tabla 6-32
Valores Promedios de Ruido para Fuentes Fijas y Móviles, ITS, 2009

Promedio de Ruido para Fuentes Fijas			
Distrito	LeqA Diurno 1	LeqA Nocturno	LeqA 24 Horas
Panamá	75.96	72.22	74.69
San Miguelito	75.48	73.28	74.65
Colón	73.38	68.06	71.59
Nivel Máximo Sonoro Dec. Ejec. 306 de 2004	60.0	50.0	
Promedio de Ruido para Fuentes Móviles			
Distrito	LeqA Diurno 1	LeqA Nocturno	LeqA 24 Horas
Panamá	78.96	70.31	77.25
San Miguelito	75.12	70.93	73.60
Colón	72.09	68.77	71.20
Nivel Máximo Sonoro Dec. Ejec. 306 de 2004	60.0	50.0	

Fuente: PES, 2010 con información tomada de ITS, 2009.

Este mismo estudio, hace referencia a que los problemas de ruido pareciesen afectar sólo ciertas áreas del país, dándose con mayor énfasis en las zonas urbanas de gran actividad comercial y con mayor tráfico vehicular similar a las existentes en el área de alineamiento del proyecto, las cuales se presentan a continuación.

Área del Alineamiento

Como parte de las actividades en campo para levantar la información relacionada con el ruido en el área del alineamiento, se establecieron 11 puntos de monitoreo; 10 de ellos, situados en la ruta del alineamiento del proyecto. De esta manera, se procedió a levantar información sobre las condiciones existentes y sus receptores sensibles, entendiéndose como receptores sensibles aquellos que puedan estar sujetos a afectaciones significativas debido a los niveles sonoros, como es el caso de residencias y comercios, entre otros.

Las mediciones de ruido ambiental fueron realizadas por PES, 2010 en conjunto con CIQSA, como parte de los trabajos de campo para el Informe Final de Línea Base Ambiental para el Estudio de Impacto Ambiental de la Línea 1 del Metro de Panamá, e incluyeron períodos de medición tanto en horario diurno como en horario nocturno y un día feriado con el propósito de establecer relaciones entre las diferentes condiciones. Los sitios seleccionados para la medición se presentan en las Figuras 6-5 a y 6-5 b, al final del capítulo y en la Tabla 6-33, a continuación:

Tabla 6-33
Puntos de Monitoreo de Ruido en el Área del Alineamiento del Proyecto

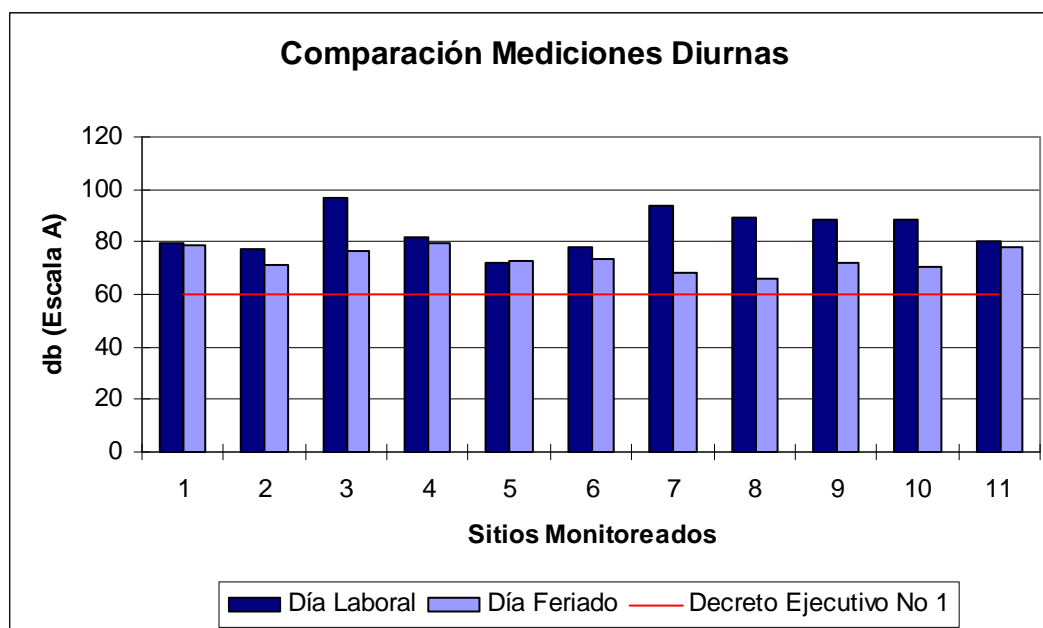
No	Punto de Monitoreo
P-1	Cruce Vía Transístmica / Entrada San Isidro
P-2	Puente de San Miguelito
P-3	Intersección Vía Transístmica / Avenida 12 de Octubre
P-4	Intersección Vía Transístmica / Vía Fernández de Córdoba
P-5	Intersección Vía España / Vía Brasil
P-6	Intersección Vía España / Avenida Manuel Espinosa Batista
P-7	Intersección Avenida Justo Arosemena / Cl. 42 Bella Vista
P-8	Intersección Avenida Justo Arosemena / Cl. 34 Bella Vista
P-9	Plaza 5 de Mayo / Palacio Legislativo
P-10	Albrook / Terminal de Transporte
P-11	Centro Comercial Los Andes

Elaborado por: URS Holdings, Inc.

Los resultados de las mediciones se presentan en la en las Gráficas 6-16 y 6-17. Como se puede observar todas las mediciones realizadas tanto en horario diurno como nocturno, sobrepasan los valores permitidos según la normativa Nacional (Decreto No 1 de 15 de enero de 2010). Es de notar, que estos resultados, son consistentes con la circulación de vehículos, estando los puntos de medición influenciados por el tráfico vehicular, ya que el área de alineamiento del proyecto se desarrollará sobre y por debajo de vías de circulación vehicular existentes. A continuación, se discuten los resultados obtenidos en los Puntos de Medición. (Ver Anexo 6-4)

La Gráfica 6-16, nos muestra como los niveles de ruido más altos, durante un día laboral, alcanzan valores de hasta 96.8db (Escala A) en la Intersección Vía Transistmica / Avenida 12 de Octubre (P-3), sobrepasando la norma de referencia en un 61%. Adicionalmente, se observa que existe una diferencia de hasta 25.2 dbA entre los valores obtenidos entre un día laboral y un día feriado en el Cruce Avenida Justo Arosemena / Calle 42 Este Bella Vista (P-7).

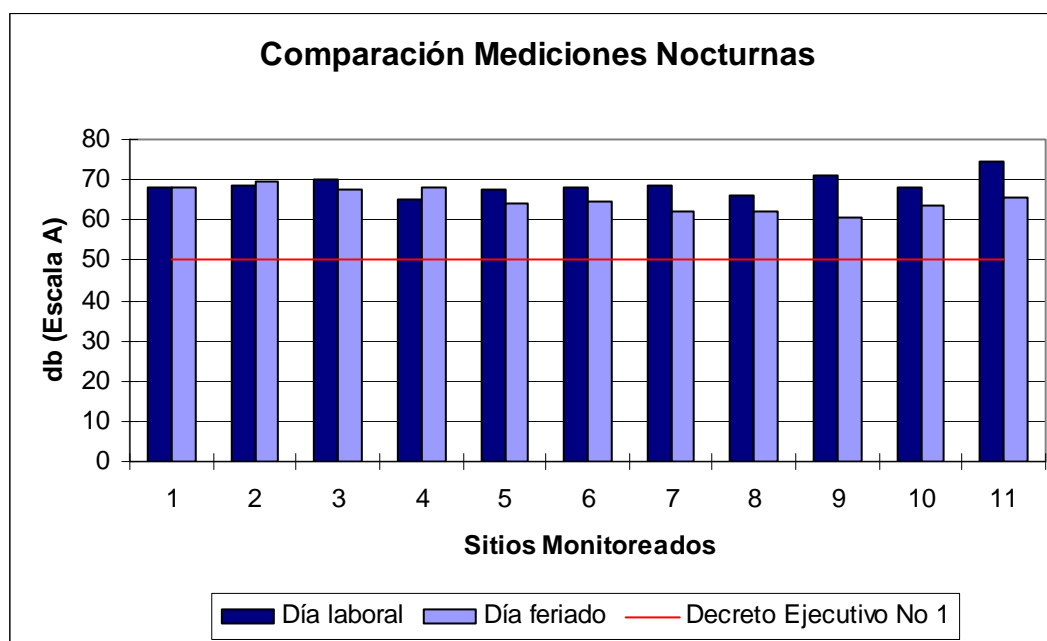
Gráfica - 16
Comparación de Mediciones Diurnas y el Decreto Ejecutivo No. 1



Fuente: PES, 2010.

Con relación al monitoreo realizado en horario nocturno, la Gráfica 6-17 nos muestra que en 2 de los 11 puntos monitoreados (P-2 y P-4) los resultados encontrados fueron mayores que los registrados en horario diurno para un día laboral; en tanto que, en uno de los puntos (P-1) los valores registrados para un día laboral y para un día feriado, fueron similares en este horario.

Gráfica -17
Comparación de Mediciones Diurnas y el Decreto Ejecutivo No. 1



Fuente: PES, 2010.

Adicionalmente, es posible observar como en los puntos 9 (Sector Plaza 5 de Mayo / Palacio Legislativo) y 11 (Centro Comercial los Andes) se dan las diferencias más grandes entre los valores registrados en horario nocturno entre un día laboral y un día feriado, registrando diferencias de hasta 10.4 dbA en horario diurno. Un aspecto importante de resaltar, con respecto a este último punto, es que en el Centro Comercial los Andes (P-11), se encontró que el mismo sobrepasa la norma de referencia en horario nocturno hasta en un 48.8%.

Áreas Auxiliares

En el entorno donde se encuentran localizadas las Áreas Auxiliares se presenta un tránsito constante de vehículos, entre automóviles y camiones. Además, algunas de estas áreas se encuentran rodeadas por barriadas densamente pobladas y áreas comerciales de mucha actividad. Como resultado de esta situación, al realizar las mediciones de ruido en los sitios determinados como receptores más cercanos a dichas áreas, se obtuvo que en todos los registros las mediciones sobrepasaban los límites máximos permisibles establecidos en la Norma, tanto en horario diurno como en el nocturno, tal como se muestra en la Tabla 6-34.

Tabla 6-34
Resultados del Monitoreo de Ruido Ambiental en las Áreas Auxiliares

Ubicación		Ubicación (UTM)	Línea Base (dBA) (Agosto 2010)					
			Diurno			Nocturno		
Áreas Auxiliares	Puntos de Muestreo		Leq	Lmax	Lmin	Leq	Lmax	Lmin
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Viaductos Parcela de UNESA Tinajitas	Punto 1: Los Andes	1000831 N 664072 E	65.6	82.0	58.2	58.0	71.9	54.1
Sitio de Deposito de Material de Excavación Patio de Ferrocarril	Punto 2: Estación Esso, Albrook (Receptor)	991695 N 657957 E	72.9	89.4	59.0	65.3	91.7	48.9
Sitio de Mantenimiento y Reparación del Metro Patio y Talleres	Punto 3: Bomba de Gasolina de la Policía Nacional, Curundú	992370 N 659825 E	77.4	104.4	59.0	66.8	87.1	49.3
Sitio de Deposito de Material de Excavación Patio de Ferrocarril	Punto 4: Cercano al Ferrocarril y a residencias en el área de Diablo	991414 N 657842 E	64.4	87.7	57.1	64.9	72.2	51.6
Sitio de Depósito de Material de Excavación Amador 1	Punto 5: Cerca de la Unidad de Administración de Bienes Revertidos, Amador	988472 N 659084 E	71.3	86.5	49.9	64.0	80.2	47.8

Ubicación		Ubicación (UTM)	Línea Base (dBA) (Agosto 2010)					
			Diurno			Nocturno		
Áreas Auxiliares	Puntos de Muestreo		Leq	Lmax	Lmin	Leq	Lmax	Lmin
Sitio de Construcción de Elementos Prefabricados-Dovelas Terreno Universidad de Panamá	Punto 6: Administración Pública, Universidad Nacional, Transistmica	992893 N 660833 E	70.2	84.5	57.7	72.5	93.8	55.9

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

De acuerdo con la información presentada en la tabla anterior, el nivel de ruido equivalente en horario diurno osciló entre los 64.4 y 77.4 dBA, en el Punto 4 y en el Punto 3 respectivamente, superando en 4.4 y 17.4 dBA los valores establecidos en la normativa de referencia (60 dBA). Cabe resaltar, que el Punto 3 (Patios y Talleres), se caracterizó por registrar el nivel de ruido máximo para todas las mediciones diurnas, siendo este de 103.4 dBA, condición que podría estar relacionada con la ubicación del mismo ya que se encuentra en las cercanías de la entrada y salida del Corredor Norte.

En cuanto al nivel de ruido equivalente, para horario nocturno, este osciló entre los 58.0 y 72.5 dBA, en los puntos de medición P1 y P6 respectivamente, sobrepasando los valores nocturnos de referencia (50 dBA). El máximo nivel de ruido registrado para el horario nocturno fue de 93.8 dBA registrado para el sitio de medición P6 (Terreno de la Universidad de Panamá).

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 humano¹¹.

¹¹ OMS, 1994.

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. En este sentido, estudios realizado por URS Holdings, 2004, como parte del anteproyecto de Norma para el Control de Olores Molestos reportan que en las ciudades de Panamá y San Miguelito, los olores que incomodan a la población de esas áreas corresponden al: humo por uso de drogas, mala manipulación y acumulación de basura, aguas negras, olores que emanan de fábricas, heces fecales, aguas contaminadas o estancadas, olores aromáticos provenientes de la manipulación de combustible y malos olores provenientes de los principales ríos que atraviesan la Ciudad (Matasnillo, Matías Hernández); así como, de la Bahía de Panamá.

A continuación, se presenta la información relacionado con los componentes del Estudio de Impacto Ambiental para la Línea 1 del Metro de Panamá.

Área del Alineamiento

Tomando en consideración los antecedentes, PES, 2010 procedió a realizar el levantamiento de la línea base de olores para la Línea 1 del Metro de Panamá, trabajo que consistió en realizar una inspección de reconocimiento para identificar las fuentes de olor inusual percibidas durante el recorrido. Para ello, se dividió la ruta en 10 tramos tal como se presenta en la Tabla 6-35, a continuación:

Tabla 6-35
Olores Percibidos Durante el Recorrido del Alineamiento del Proyecto

No	Tramo del Recorrido	Características Percibidas
1	<i>Plaza 5 de Mayo / Terminal de Albrook</i>	A lo largo de este trayecto se percibieron malos olores alrededor del Sector de Curundú y las áreas residenciales más próximas a la Plaza 5 de Mayo, los cuales provenían de la sección abierta del Río Curundú, antes de ser canalizado; así como, de tinaqueras comunes o depósitos improvisados de basura establecidos a la orilla de las calles. Adicionalmente, se percibieron olores provenientes de los desagües y drenajes del área.
2	<i>Calle 34 Bella Vista / Plaza 5 de Mayo</i>	A lo largo de este trayecto se percibieron malos olores alrededor del área hospitalaria y áreas residenciales más próximas a la Plaza 5 de Mayo, los cuales se encuentran asociados a las tinaqueras de uso común, depósitos de

No	Tramo del Recorrido	Características Percibidas
		basura improvisados al borde de las calles y a los desagües o drenajes existentes en el sector.
3	<i>Intersección Vía España-Avenida Justo Arosemena / Cl. 34 Bella Vista</i>	En este sector se percibieron malos olores alrededor del área hospitalaria, los cuales provenían de algunas de las tinaqueras de uso común.
4	<i>Iglesia Virgen Del Carmen / Intersección Vía España-Avenida Justo Arosemena</i>	A lo largo de este trayecto no se percibieron malos olores.
5	<i>Intersección Vía España-Vía Brasil / Iglesia Virgen Del Carmen</i>	En este trayecto se percibieron malos olores provenientes del afluente del Río Matasnillo a la altura de la entrada de la Vía Argentina; así como de algunas tinaqueras comunes ubicadas en los comercios a lo largo del trayecto. Adicionalmente, se observó una gran cantidad de particulados y gases provenientes de las emanaciones del transporte público colectivo y de los vehículos que circulan por este sector.
6	<i>Intersección Vía España-Vía Fernández de Córdoba / Intersección Vía España-Vía Brasil</i>	A lo largo de este trayecto se percibieron malos olores provenientes del afluente del Río Matasnillo a la altura de la entrada de la Vía Porras. Adicional se percibieron malos olores generados por una gran cantidad de particulados y gases provenientes de las emanaciones del transporte público colectivo y vehículos que circulan por este tramo.
7	<i>Intersección Vía Transístmica-Vía Fernández de Córdoba / Intersección Vía España-Vía Fernández de Córdoba.</i>	En este trayecto se percibieron malos olores provenientes de tinaqueras comunes ubicadas en algunos de los comercios y edificios del sector; así como del Río Matasnillo, que corre paralelo a la Fernández de Córdoba. Al igual que en el tramo anterior, se percibió una gran cantidad de particulados y gases provenientes de las emanaciones del transporte público colectivo y vehículos que circulan por este Tramo.
8	<i>Intersección Vía Transístmica-Avenida 12 de Octubre / Intersección Vía Transístmica-Vía Fernández de Córdoba</i>	A lo largo de este trayecto se percibieron malos olores, provenientes del Río Matasnillo y gases provenientes de las emanaciones de la flota vehicular del área.
9	<i>Puente de San Miguelito / Intersección Vía Transístmica-Avenida 12 de Octubre</i>	Durante el recorrido, se percibieron malos olores en los alrededores del Río Abajo, y a la altura de los afluentes del Río Matasnillo en la comunidad de Pueblo Nuevo. Adicionalmente, se observaron emanaciones de gases y material particulado provenientes de la flota vehicular y cementeras del área.
10	<i>Los Andes No.2 /Corredor Norte – Puente de San Miguelito</i>	Se percibieron malos olores alrededor de las tinaqueras comunes que se mantienen dentro de este sector y sobre la avenida. Otro punto de generación de olores lo constituyen los drenajes que provienen de Los Andes No.1 y en algunas ocasiones los provenientes de una de las empresas ubicadas en el sector.

Elaborado por URS Holdings, Inc. con información proveniente de PES, 2010.

Los resultados obtenidos evidencian que existen algunos problemas de olores en el área del alineamiento del proyecto, debido a el mal manejo de los desechos, la contaminación existente en los diferentes cursos de agua por los cuales este atraviesa el alineamiento (Río Matasnillo, Río Abajo y Río Curundú); así como, por los gases provenientes de las emanaciones vehiculares y las industrias establecidas en el sector.

Áreas Auxiliares

Posterior al levantamiento realizado para el área del alineamiento, URS Holdings, Inc. procedió a realizar la caracterización general de los olores percibidos en las Área Auxiliares durante las giras de reconocimiento cuyos resultados se presentan en la Tabla 6-36, a continuación:

Tabla 6-36
Resultados de la Caracterización de las Áreas Auxiliares de la
Línea 1 del Metro de Panamá

Uso Propuesto	Área Auxiliar	Características	Olores Percibidos
Construcción de Elementos Prefabricados-Viaducto	Parcela de UNESA Tinajitas	Presenta una pequeña quebrada que ha simple vista se observa la contaminación, la cual es generada aguas arriba producto de desechos de alimentos, aguas negras y basura.	Sulfuro de Hidrógeno (huevo podrido) Olor Fétido
Construcción de Elementos Prefabricados-Dovelas	Terreno Universidad de Panamá	Presenta una pequeña quebrada que igualmente se encuentra contaminada.	Sulfuro de Hidrógeno (huevo podrido) Olor Fétido
Depósitos de Material Excavado	Amador 1	Área costera colindante con el Océano Pacífico.	Olor Natural a Mar
	Patio de Ferrocarril	Movimiento de camiones de carga, estación del ferrocarril y transito de vehículos.	Olor a Gasolina, Aceite y Humo
Mantenimiento y Reparación del Metro	Patio y Talleres	Transito continuo de vehículos.	Olor a Gasolina, Aceite y Humo

Fuente: Elaborado por Consultores de URS Holdings.

6.7.3 Vibraciones

Debido a que en estos momentos se esta desarrollando el proceso de licitación del proyecto y la responsabilidad de definir los equipos a utilizar le corresponderá al contratista que gane el proyecto; la medición de las vibraciones se llevarán a cabo, previo al inicio de los trabajos y las mismas serán utilizadas como base para su comparación cuando se realicen las mediciones durante las fases de construcción y operación.

Sin embargo, a manera de referencia se puede indicar que de acuerdo con la Federal Transit Administration de Estados Unidos, los niveles de vibraciones admisibles en zonas muy sensibles son de 65 VdB y en áreas residenciales de 72 VdB. Por otro lado, experiencias de otros proyectos similares indican que en términos generales las vibraciones que se producen por un servicio de metro, *sin mitigación*, se sitúan entre 72 y 85 VdB a una distancia de 15 metros del alineamiento. Cabe destacar que a mayores distancias el efecto disminuye, por lo que es de esperar que la afectación por vibraciones en las propiedades aledañas al área del alineamiento resulte poco significativa.

6.8 Antecedentes sobre Vulnerabilidad frente a 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. Entre las amenazas naturales analizadas en la presente sección se incluyen los sismos, las inundaciones, la erosión y deslizamientos.

Por su posición geográfica, 7° a 10° Latitud Norte y 77° y 83° Longitud Oeste, Panamá está sujeta a la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), Ondas del Este, tormentas tropicales, efectos secundarios de los huracanes y una intensa actividad convectiva de origen local. Estos fenómenos son típicos de la región tropical y se presentan con mucha frecuencia, más de una vez al año, y afectan diferentes áreas en todo el territorio nacional.

Otra amenaza derivada de las condiciones antes indicadas la constituyen las precipitaciones continuas, moderadas o fuertes, que se producen por efecto de los frentes fríos que logran

incursionar hacia el área de Centroamérica. Esta actividad generalmente afecta la vertiente del Atlántico que ocupa el 30% del territorio Nacional (longitud media de los ríos de 56 km y pendiente media de 2.5%) y la porción alta de algunas Cuencas del Pacífico (la vertiente del Pacífico ocupa el 70% del territorio nacional con longitud media de los ríos de 106 km y pendiente media de 2.27%).

La mayoría de los fenómenos observados están acompañados de vientos fuerte (40 a 50 km por hora) y temporales fuertes (75 a 88 km por hora) que afectan muchas viviendas y/o cultivos, y dan origen a inundaciones, deslizamientos de tierra en zonas con características geológicas favorables y en sitios donde la inestabilidad de los taludes es producto de la acción del hombre.

En cuanto a las inundaciones, podemos indicar que la provincia de Panamá constituye la de mayor acumulación de eventos (con 562), siendo el corregimiento de Curundú uno de los más vulnerables, de acuerdo con los datos contenidos en el Inventario de Eventos y/o Desastres ocurridos entre los años 1990 y 2000, elaborado por el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

Los deslizamientos presentan una cobertura mucho menor que la de las inundaciones debido a su afectación es menor, en cuanto a extensión territorial se refiere. En este sentido, como parte del Inventario elaborado por SINAPROC, se han registrado un total de 169 eventos en todo el país, de los cuales 93 han tenido lugar en la ciudad de Panamá, siendo el distrito de San Miguelito el que ha registrados la mayor cantidad de estos eventos con 52; 34 de ellos, han tenido lugar en el corregimiento de Belisario Porras. Cabe destacar, que a pesar de que un sector de este distrito forma parte del alineamiento del proyecto, no se han registrado eventos en las áreas por donde se vislumbra la construcción de la Línea 1 del Metro de Panamá.

La sismicidad en esta zona es baja, por lo que el sector donde se ubica el proyecto del Metro y sus Áreas Auxiliares, no es considerado como sitio de riesgo sísmico. Según el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, el sector es considerado de bajo riesgo sísmico con una aceleración entre 2.6 y 2.8 m/s² en una escala que llega hasta 6.2 m/s² (Ver Figura 6-8).

Adicionalmente, vale la pena indicar que durante la construcción del proyecto se implementarán normas sísmicas superiores a las establecidas en el código sísmico (0.20).

En cuanto a vientos huracanados, se puede indicar que debido a la privilegiada posición geográfica de Panamá, que la ubica debajo de la zona de huracanes el Istmo no sufre los embates de los huracanes del Caribe, que son comunes. Sin embargo, en los últimos años, los riesgos meteorológicos han tenido cierta incidencia en el país; tal es el caso del Huracán Joan que al pasar por el Caribe afectó viviendas y cultivos en el país, así como, el tornado de julio de 1992 que destruyó edificios y casas, produciendo cuantiosos daños a la economía, en bienes e infraestructuras; además de pérdidas humanas.

6.9 Identificación de Sitios Propensos a Inundaciones

La región metropolitana, tiene un gran valor geoestratégico y económico, y constituye el corazón político e histórico de la República. Presenta fenómenos de inundaciones, sismos y vientos huracanados y su vulnerabilidad física y técnica se acentúa en la región a partir de la década del 50.

En los sectores urbanizados son comunes los deslizamientos e inundaciones. Estas últimas guardan íntima relación con las características de las precipitaciones, del estado en que se encuentren los sistemas de alcantarillado y las condiciones de la marea, que a veces bloquean el desagüe de los riachuelos urbanos. A continuación se presenta la información relacionada con los componentes del proyecto:

Área del Alineamiento

De acuerdo con el alineamiento establecido para la ruta de la Línea 1 del Metro de Panamá y según evaluación y observaciones en campo, se pudo reconocer tres cursos hídricos que interceptan el área del futuro proyecto, como lo son: el río Curundú, río Matasnillo y el Río Abajo. Basados en ello, PES, 2010 procedió a realizar una investigación cronológica de la

información disponible de los últimos años, sobre las avenidas registradas en estos ríos del área Metropolitana y distrito de San Miguelito, cuyos resultados se presentan a continuación.

2001

Durante el año 2001, se tiene registro de la ocurrencia de una tormenta que provocó inundaciones en los sectores de Curundú, y la Vía Ricardo J. Alfaro.

2002

Los registros de este año indican la ocurrencia de dos inundaciones en el mes de mayo. La primera de ellas, ocurrida el 20 de mayo debido al desbordamiento de varios ríos de la capital, entre los cuales podemos encontrar, los ríos: Curundú, Río Abajo y el Río Matías Hernández, los cuales atraviesan el área del alineamiento del proyecto.

La segunda inundación tuvo lugar el 26 de mayo, cuando producto de las fuertes lluvias ocurrió el desbordamiento de varios ríos e inundaciones en diversos puntos como Curundú, Villa Lucre, Río Abajo, Juan Díaz, Parque Lefevre, Pedregal, Villalobos y Pacora.

2003

Luego del segundo trimestre del año 2003, se da inicio al debilitamiento del Fenómeno denominado El Niño, teniendo como consecuencia un aumento en el volumen de la precipitación de los meses siguientes, provocando que los ríos presentaran un mayor caudal. Los volúmenes más altos de precipitación se registraron en agosto, septiembre, octubre, y noviembre.

Lo anterior, provocó que para el mes de noviembre el río Matasnillo inundara algunas áreas de la ciudad de Panamá. A raíz de ello, resultaron doscientas personas damnificadas y una veintena de conductores atrapados en sus automóviles. Las inusuales escenas de automóviles y autobuses varados entre fuertes corrientes de agua se repitieron en varias vías de la ciudad, principalmente en las inmediaciones de la estación de gasolina El Árbol, en Bella Vista, Vía Brasil y Calle 50.

El aguacero se inició a eso de las 2:30pm, del día 11 de noviembre y se prolongó hasta las 6:00

pm. registrándose 133mm en hora y media en la estación Hato Pintado. Este evento fue el producto de un núcleo de tormenta sobre la provincia de Panamá que coincidió con una marea alta de 15 pies. Además de las fuertes lluvias, hubo actividad eléctrica y vientos que alcanzaron los 40 nudos. Como parte de este evento, se registraron además, deslizamientos de tierra en Villa de las Fuentes, Urbanización El Dorado, la Gloria, Las Mercedes, Betania y en San Francisco. Se concluyó para este período que el año (2003) se aproxima al promedio histórico registrado en cada estación hidrométrica de la red de Panamá. (Fuente: Agustín Ameglio N. Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA))

2004

El primer semestre del año 2004 puede considerarse como un año promedio desde el punto de vista de las condiciones océano-atmósfera del Pacífico Tropical. Sin embargo, para los meses de junio, julio y finales de agosto las condiciones cambiaron, situación que motivo que la NOAA emitiera una declaratoria indicando el inicio de una fase El Niño débil la cual persistió desde finales de agosto hasta el resto del 2004. A continuación se presenta un recuento de los principales eventos registrados:

El 13 de julio a las 3:45pm se presentaron torrenciales aguaceros en la ciudad capital, por consecuencia directa de una tormenta con vientos de 18 nudos que ingresó por la Bahía de Panamá. El viento y las lluvias causaron la caída de árboles en el área Bancaria e inundaciones en Calle 50, Chanis, Curundú, Ave Balboa, Ave. Ricardo J. Alfaro y la carretera Transistmica donde varios automovilistas quedaron atrapados.

Para el día 15, los truenos y relámpagos acompañaron a las fuertes lluvias que cayeron en la ciudad capital, donde resultaron afectadas más de 100 familias en el sector N° 35 de Veranillo, San Miguelito y otros puntos de la provincia de Panamá. Adicionalmente, se registraron afectaciones en: Río Abajo, Parque Lefevre, Puente del Rey y Curundú.

En septiembre nuevamente las intensas lluvias trajeron luto y dolor en Panamá. Trece personas murieron, ocho de ellas menores de edad. Además, se reportaron trece desaparecidos y cerca de 3,000 personas quedaron afectadas por las inundaciones de unas 700 casas, seis de las cuales

fueron arrasadas por las corrientes que se originaron en el sector de Panamá Este y San Miguelito.

Para el mes de noviembre, Dos muertos, tres heridos, dos desaparecidos y 4 mil personas afectadas fue el saldo de las lluvias que se registraron entre el 15 y 21 de ese mes.

En general durante el año 2004, el comportamiento hidrológico se presentó de forma variable para distintas zonas del país, en zonas como Panamá, se mostró con un leve incremento en las lluvias al promedio histórico. Algunos ríos llegaron a desbordarse provocando grandes inundaciones, deslizamientos, y miles de personas afectadas. (Fuente: Agustín Ameglio N. Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA))

2005

Para el año 2005, se encontraron registros que señalan la ocurrencia de inundaciones en los corregimientos de Parque Lefevre, San Francisco y Curundú, los cuales dejaron un saldo de 21 viviendas afectadas.

2006

Del año 2006 se tiene el registro de eventos ocurridos en los meses de junio y julio, los mismos señalan que para el 11 de junio, las lluvias acaecidas dejaron como resultado la afectación de 383 personas y 79 viviendas aproximadamente, debido a la ocurrencia de inundaciones entre las provincias de Veraguas y Panamá.

En tanto que para el 22 de julio, se reportó que fuertes vientos y lluvias registradas provocaron daños parciales en 31 viviendas, afectando así un aproximado de 162 personas.

A continuación, la Tabla 6-37 nos presenta los registros con los cuales cuenta el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) para el periodo 1998-2008. En tanto que, la Figura 6-9 al final del capítulo nos presenta el Mapa de Riesgo de Inundaciones de la Ciudad de Panamá.

Tabla 6-37
Registro de Inundaciones en la Ciudad de Panamá, Durante el Periodo 1998-2008 (SINAPROC)

Fecha	Tipo de Evento	Ubicación Geográfica	Sitios	Afectados	Viviendas Afectadas	Damnificados	Viviendas destruidas
26/05/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Torrijos Carter El Colmenar	21	7	0	0
26/05/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Quebrada Mi Pueblito	15	3	0	0
12/07/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Veranillo - Sector 35	42	6	0	0
03/09/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Cerro Batea Santa Librada Nueva Esperanza Pueblito Progreso	85	17	0	0
06/11/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Las Colinas de Santa Marta Sector 7	6	1	0	0
07/11/1998	Inundación	PANAMA/PANAMA/CURUNDU		60	30	0	0
07/11/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Pan de Azúcar	5	1	0	0
07/11/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	San Isidro Calle2	1	1	0	0
07/11/1998	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Don Bosco	20	4	0	0

Fecha	Tipo de Evento	Ubicación Geográfica	Sitios	Afectados	Viviendas Afectadas	Damnificados	Viviendas destruidas
16/05/1999	Inundación	PANAMA/PANAMA/BETHANIA	Santa María	1	0	0	0
18/06/2001	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Barriada Torrijos Carter	15	3	0	0
15/05/2004	Inundación	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		9	3	0	0
06/05/2007	Inundación	PANAMA/PANAMA/BETHANIA	La Gloria de Bethania 2 Casas 70-A y 70-B	19	2	0	0
06/05/2007	Inundación	PANAMA/PANAMA/PUEBLO NUEVO	Villa Bonanza Casa E-4	6	1	0	0
06/05/2007	Inundación	PANAMA/PANAMA/PUEBLO NUEVO	Calle 14 y calle 15 Pueblo Nuevo	10	2	0	0
27/06/2008	Inundación	PANAMA/PANAMA/PUEBLO NUEVO	Pueblo Nuevo.	5	1	0	0
16/07/2008	Inundación	PANAMA/PANAMA/ANCON	Clayton calle los Guanábanas	9	2	0	0
16/07/2008	Inundación	PANAMA/PANAMA/BELLA VISTA	Vista Hermosa Calle 2da y El Carmen	0	0	0	0
16/07/2008	Inundación	PANAMA/PANAMA/BETHANIA	La Locería	4	1	0	0
04/08/2008	Inundación	PANAMA/PANAMA/BETHANIA	Villa Cáceres	25	5	0	0
04/08/2008	Inundación	PANAMA/PANAMA/BETHANIA	Villa Vizcaya	5	1	0	0

Elaborado por URS Holdings con datos provenientes de SINAPROC en PES, 2010

Áreas Auxiliares

En cuanto al riesgo de inundación en las áreas auxiliares, podemos indicar que de todas, la Parcela de UNESA Tinajitas es la única que presenta riesgos de inundación. Esta condición se encuentra asociada al hecho de que la misma se ubica en forma contigua a una quebrada natural (tributario del Río Matías Hernández) que por estar rodeada de entornos urbanos podría inundarse durante la ocurrencia de eventos de alta intensidad de precipitación. En tal sentido, se recomienda que al momento de establecer el patio de prefabricados, el área se rellene hasta la cota mas alta existente y se conforme una superficie uniforme de pendiente hacia el drenaje natural.

6.10 Identificación de los Sitios Propensos a Erosión y Deslizamientos

En la historia de Panamá han ocurrido deslizamientos que han dado como resultado muertes, heridos o pérdidas económicas al sistema socioeconómico de la República y al ambiente. La vulnerabilidad de Panamá a los deslizamientos responde a las condiciones topográficas, geológicas, hidrogeológicas, al uso del suelo, la precipitación anual, la actividad sísmica y a las actividades antrópicas relacionadas con la construcción de viviendas, el desarrollo, la deforestación y la quema, principalmente. Resulta así, de una combinación de procesos geológicos (geodinámicos externos e internos) y meteorológicos que en conjunto causan riesgos a las actividades humanas.

Los períodos de intensa y prolongada precipitación en la época lluviosa han inducido a través de la historia deslizamientos importantes en la Ciudad de Panamá, principalmente en el Distrito de San Miguelito, causando la pérdida de vidas humanas, destrucción de viviendas, carreteras y otras infraestructuras; así como, daños irreparables al ambiente. Datos sobre el área de San Miguelito se presentan en la Tabla 6-38. En tanto que en la Ciudad de Panamá se han registrado deslizamientos en urbanizaciones y áreas como: La Gloria (1 muerto / 1992), Avenida Balboa, Albrook y otros.

Durante el periodo de 1990 a 2006 se registraron un total de 220 deslizamientos, siendo considerados los años de 1998 y 2001 como los de mayor ocurrencia de sucesos de esta índole con 49 y 48 respectivamente, observándose una disminución para el 2002. Durante este mismo periodo, la susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de Panamá estuvo por el orden de 24%, mientras que en el distrito de San Miguelito estuvo en 54%.

De acuerdo con información contenida en el Estudio de los Deslizamientos en Panamá, citado en PES, 2010, en los últimos años la actividad antropogénica ha incrementado la probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos debido a causas como: fuertes lluvias, construcción de urbanizaciones y las actividades agrícolas. Aunado a lo anterior, de acuerdo con el Atlas Nacional, 2007, la ocurrencia de deslizamientos en el distrito de San Miguelito durante el periodo de 1990 a 2006, puede ser atribuida a la mala canalización de aguas que provienen de las áreas elevadas del distrito y a la erosión hídrica producto del desorden.

Tabla 6-38
Registro de Deslizamientos en el Distrito de San Miguelito, Durante el Periodo 1998-2008 (SINAPROC)

Período 1998 - 2008							
Fecha	Tipo de evento	Ubicación Geográfica	Sitio	Afectados	Viviendas afectadas	Damnificados	Viviendas destruidas
26/05/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	La Providencia	5	1	0	0
26/05/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Cerro Batea	5	1	0	0
26/05/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	San Isidro	7	1	0	0
29/05/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Roberto Durán Barriada La Paz	10	2	34	6
05/07/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Valle de Urraca, Villa Fortuna	7	1	0	0
12/08/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Torrijos Carter El Mirador	7	1	0	0
03/09/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Roberto Durán	5	1	0	0
03/09/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Los Andes No.1	5	1	0	0
03/09/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Torrijos Carter Nuevo Amanecer	10	2	0	0
23/09/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Roberto Durán	13	2	0	0
07/10/1998	Deslizamiento	PANAMA/PANAMA/BETHANIA	El Ingenio casa#9	4	1	0	0
01/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Samaria Piedra Sector 4	6	1	0	0
06/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Samaria Piedra	5	1	0	0
07/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Los Andes#2 Sector 8	4	1	0	0
07/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Los Andes #2 Sector El Lago	15	3	0	0

Período 1998 - 2008							
Fecha	Tipo de evento	Ubicación Geográfica	Sitio	Afectados	Viviendas afectadas	Damnificados	Viviendas destruidas
07/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	San Isidro Sector C	5	1	0	0
07/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Torrijos Carter sector 1	25	5	0	0
07/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Samaria Sector 4	5	1	0	0
07/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Veranillo San Cristóbal Sector19	1	1	0	0
07/11/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	San Isidro Sector #3	15	3	0	0
08/12/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Corredor Norte	0	0	0	0
09/12/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	El Valle	8	2	0	0
09/12/1998	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Las Colinas de Cerro Batea	8	1	0	0
04/06/1999	Deslizamiento	PANAMA/PANAMA/BETHANIA		5	1	0	0
26/08/2000	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		0	0	0	0
21/09/2000	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Don Bosco Providencia	5	0	0	0
27/09/2000	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	El Valle de San Isidro	0	1	0	0
27/09/2000	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Valle de San Isidro	5	1	0	0
13/09/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Sector Turín casa No.602	5	1	0	0
13/09/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Los Andes No. 2	5	1	0	0
17/10/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Casa #2310	4	1	0	0
23/10/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN		4	1	0	0

Período 1998 - 2008							
Fecha	Tipo de evento	Ubicación Geográfica	Sitio	Afectados	Viviendas afectadas	Damnificados	Viviendas destruidas
		MIGUELITO/BELISARIO PORRAS					
23/10/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Paraíso Casa # 2553	6	1	0	0
24/10/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Samaria sector 4	5	1	0	0
15/11/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Torrijos Carter	4	1	0	0
25/11/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Samaria	2	1	5	1
27/11/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Samaria	5	1	5	1
28/11/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Santa Librada casa # 165 164	2	2	0	0
30/12/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Valle de San Isidro casa L 199-A	18	1	0	0
30/12/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Andes # 2 casa # 62	3	1	0	0
31/12/2001	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Valle de San Isidro	4	4	0	0
26/10/2002	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Samaria Sector 4	10	2	0	0
14/11/2002	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Valle de San Isidro	42	7	0	0
11/06/2003	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Cerro Batea	5	1	0	0
15/05/2004	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		0	0	3	1
17/09/2004	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		0	0	0	0
17/09/2004	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		5	1	0	0
29/10/2004	Deslizamiento	PANAMA/SAN		5	1	0	0

Período 1998 - 2008							
Fecha	Tipo de evento	Ubicación Geográfica	Sitio	Afectados	Viviendas afectadas	Damnificados	Viviendas destruidas
		MIGUELITO/BELISARIO PORRAS					
20/07/2005	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		4	1	0	0
18/09/2005	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	San Isidro Calle B	5	1	0	0
13/10/2005	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		62	10	0	0
17/08/2006	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS		3	1	0	0
07/01/2007	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	San Isidro Calle A	6	1	0	0
04/08/2008	Deslizamiento	PANAMA/PANAMA/BETHANIA	Villa de Las Fuente	15	3	0	0
04/12/2008	Deslizamiento	PANAMA/SAN MIGUELITO/BELISARIO PORRAS	Veranillo Sector 19 calle M casa 19513	9	1	0	0

Elaborado por URS Holdings con datos provenientes de SINAPROC en PES, 2010

A continuación, se presenta la información relacionada con la erosión y deslizamientos para los componentes de la Línea 1 del Metro de Panamá.

Área del Alineamiento

Con el propósito de caracterizar el área de influencia directa en la cual se establecerá el alineamiento del proyecto; en el Informe Final para la Línea Base del EsIA de la Línea 1 del Metro de Panamá, se procedió a dividir la ruta del alineamiento en siete tramos seleccionados en función de las características comunes que presentan los mismos y tomando en consideración los tipos de suelo en ellos existentes. A continuación, la Tabla 6-39 presenta el resultado del análisis realizado.

Tabla 6-39
Identificación de Sitios Vulnerables a Deslizamientos y Erosión
en el Área del Alineamiento del Proyecto

No	Tramo	Resultado
1	Plaza 5 de Mayo – Albbrook	En los tramos del 1 al 5, no se presentan problemas de erosión superficial, ni amenazas de deslizamientos. Adicionalmente, no se cuenta con evidencias de deslizamientos históricos ni actuales.
2	Bella Vista – Plaza 5 de Mayo	
3	Cruce de Vía España /Ave. Justo Arosemena -Bella Vista	
4	Cruce Vía Fernández de Córdoba / Vía España – Cruce Vía España / Ave. Justo Arosemena	
5	Cruce Vía Transístmica / Vía Fernández de Córdoba – Cruce Vía Fernández de Córdoba / Vía España	
6	Puente de San Miguelito – Cruce Vía Transístmica / Vía Fernández de Córdoba	Los suelos presentes en los tramos 6 y 7 se caracterizan por ser muy propensos a la erosión laminar producto de las lluvias torrenciales que caen en esta ciudad y alrededores. La tasa de erosión en estos tipos de superficies es muy alta ya que la topografía acelera la misma. En estos tramos se cuenta con evidencia histórica y actual de deslizamientos
7	Los Andes – Puente de San Miguelito	

Fuente: PES, 2010.

Áreas Auxiliares

Con relación al riesgo de que ocurran deslizamientos o erosión en las áreas auxiliares podemos indicar que las mismas se caracterizan por ser zonas muy planas, por lo que no presentan riesgo de erosión o deslizamientos, ya que no existen pendientes significativas que puedan generar procesos erosivos importantes. Adicionalmente, es importante indicar que dentro de estas áreas tampoco existen cerros o taludes inclinados que sean propensos a deslizamientos.

6.11 Cambio Climático

El cambio climático constituye una modificación del clima con respecto al historial climático a escala global o regional. Estos cambios pueden ser originados por causas naturales como antropogénicas.

Entre las afectaciones que el cambio climático puede causar se encuentran: el aumento de las temperaturas promedio, modificación significativa de patrones climáticos, elevación del nivel del mar causando la afectación de zonas marino-costeras, el incremento de enfermedades transmitidas por vectores o relacionadas a causas hídricas, pérdidas de productividad agrícola por sequía o inundaciones y la creciente vulnerabilidad de los ecosistemas y las poblaciones humanas a los desastres naturales y eventos climáticos extremos.

Uno de los factores que ha contribuido al cambio climático a nivel mundial lo constituye el uso de combustibles fósiles como una de las principales fuentes para la generación de energía, el cual produce la emisión de gases de efecto invernadero y lluvia ácida a la atmósfera causando graves daños sobre los ecosistemas debido a las variaciones del clima. Considerando esta situación, podría advertirse que muchas de las variaciones al clima estarán asociadas a la utilización de medios de transporte terrestres, marítimos y aéreos que utilizan estas fuentes de energía y que con el pasar de los años han registrado un aumento en sus flotas a nivel mundial y nacional.

Así pues, con el propósito de reducir las afectaciones que se puedan dar debido al cambio climático han surgido algunas iniciativas a nivel mundial, entre las cuales se encuentra el Protocolo de Kioto, el cual es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir en un 5% las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global para el periodo 2008-2012, sobre los niveles de 1990 y del cual Panamá es dignatario desde el 8 de junio de 1998.

A continuación, se presentan mayores detalles sobre los gases de efecto invernadero (GEI) y su relación con el área en la cual se establecerá la Línea 1 del Metro de Panamá.

6.11.1 Gases de Efecto Invernadero

Entre los gases identificados por el Protocolo de Kioto como los principales responsables del calentamiento global se encuentran: el Dioxido de Carbón (CO_2), Metano (CH_4), Óxidos Nitrosos (N_xO_y), Hidrofluorocarbonos (HCF), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafloruro de Azúfre (SF_6). En este sentido, como parte de los trabajos realizados para el levantamiento de la línea base del Metro, PES 2010 realizó mediciones de calidad del aire (Anexo 6-3), dentro de las cuales se consideró el Dióxido de Nitrógeno (NO_2).

Los resultados encontrados reflejan que en el punto de monitoreo ubicado entre el Cruce de la Avenida Justo Arosemena y la Calle 34 Este (área hospitalaria), los niveles de NO_2 son de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la Intersección de la Plaza 5 de Mayo y el Palacio Legislativo son de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, observándose que los valores registrados para este parámetro en los puntos antes indicados, superan los valores establecidos en la norma de referencia (Anteproyecto de Norma de Calidad de Aire Ambiente – NO_2 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$). (Ver sección 6.7)

Por otro lado, análisis realizados por URS Holdings, Inc. como parte de esta consultoría, en los cuales se realizaron simulaciones con el Método CORSIN y donde se utilizaron como base supuestos para el año 2015 y 2025, tales como: que los autos y camiones emitirán a estándares máximos tipo Euro I, los buses emitirán cumpliendo estándares máximos para máquinas diesel tipo Euro III, el consumo energético de buses y camiones diesel será de $5\text{kWh}/\text{litro}$ y que los autos representan el 93% de la movilidad total simulada, reflejan que: al realizar la extrapolación

de las simulaciones corridas para los años 2015 y 2025, se obtiene que en 20 años, se esperaría que con la construcción de la Línea 1 del Metro se reduzca más de 246,500 kg de emisiones de CO, 352,000 kg de emisiones de HC + NOx y casi 10,000 kg de emisiones de partículas, condición que resulta muy beneficiosa cuando se trata de disminuir las afectaciones debido a la presencia de gases invernaderos sobre todo cuando se observa que en las condiciones actuales la presencia de estos gases supera para algunos puntos los valores de referencia . (Ver Anexo 5-1)

6.11.2 Bonos de Carbono

Con el propósito de colaborar con los países miembros del Protocolo en la identificación de sus objetivos de emisión; así como, para apoyar al sector privado y a los países en desarrollo en sus esfuerzos para reducir sus emisiones los negociadores del Protocolo de Kyoto han establecido algunos mecanismos de flexibilidad entre los cuales se encuentran: las iniciativas de acción conjunta, la figura del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y Comercio de Derechos de Emisión, los cuales se presentan a continuación:

6.11.2.1 Iniciativas de Aplicación Conjunta

Este mecanismo se refiere a proyectos que se desarrollan dentro de un grupo de países industrializados. El Protocolo permite que un país industrializado invierta en otro país industrializado en un proyecto de desarrollo limpio. El país inversor obtiene certificados de reducción de emisiones a un precio menor del que habría gastado dentro de su propio marco industrial nacional, y el país donde se realiza el proyecto recibe la inversión más la tecnología limpia.

6.11.2.2 Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es el único de los mecanismos de flexibilidad que involucra a los países en desarrollo. Es una medida que permite que un país industrializado invierta en proyectos o tecnologías limpias dentro de otro país en desarrollo. La reducción de emisiones realizada por la implementación del proyecto limpio en el país en desarrollo se

convierte en un certificado que se puede intercambiar por derechos de emisión en uno de los países industrializados. El poseedor del certificado puede usarlo para cumplir con sus objetivos de reducción o puede venderlo en un mercado de derechos de emisión.

Entre las actividades que califican dentro de los MDL se encuentran la reforestación, reconversiones energéticas, energías limpias, transportes con menos contaminantes, cambios en el uso de los suelos y aprovechamiento de metano en rellenos sanitarios.

En Panamá es el Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), la institución encargada de manejar el Programa Nacional de Cambio Climático, y que establece los lineamientos, formularios y procedimientos para determinar si un proyecto es elegible para designarse como un proyecto MDL. La ANAM también mantiene el Portafolio de Proyectos MDL en Panamá, que hasta la fecha contiene más de 70 proyectos en diferentes etapas del proceso de validación como proyectos MDLs. Estos incluyen proyectos de generación hidroeléctricos y eólicos; captura de gas metano; transporte; y reforestación, biomasa y biofuels.

La mayor cantidad de proyectos MDL corresponden a proyectos hidroeléctricos, eólicos y de reforestación; no obstante, se cuenta con el precedente de que un proyecto de transporte se encuentra dentro del listado de estos proyectos, rubro dentro del cual podría aplicar la construcción de la Línea 1 del Metro de Panamá, considerando que con su implementación el principal sistema de transporte masivo de la ciudad, dejaría de utilizar combustible fósil como fuente de energía, con lo cual se obtendría una reducción de 316 toneladas anuales de emisiones de CO₂.

Para obtener la certificación dentro del MDL, un proyecto debe pasar por un proceso riguroso de formulación, revisión y evaluación, diseñado para asegurar que las emisiones emitidas por el proyecto son verdaderas, mensurables y verificables, y que son reducciones que no hubiesen podido ocurrir sin la iniciativa adicional de los créditos de reducción de emisiones, lo que se define como el criterio de adicionalidad. En este sentido, el conjunto de etapas que un proyecto debe pasar para ser certificado como un proyecto MDL se conoce como el Ciclo de Proyecto MDL (Ver Figura 6-10), el cual se presenta a continuación:

Diseño del Proyecto

El primer paso en el ciclo de Proyecto MDL es evaluar de manera preliminar si un proyecto que reduce emisiones tiene posibilidades de ser certificado bajo el MDL. El Promotor del Proyecto prepara un perfil de evaluación preliminar y basado en eso se toma la decisión de seguir más adelante en el proceso de certificación o no. Generalmente esta etapa consiste en la preparación de dos documentos claves:

- La Nota de Idea del Proyecto (Project Idea Note – PIN).
- El Documento de Diseño del Proyecto (Project Design Document – PDD).

El PIN es un documento inicial de evaluación rápida del proyecto (que no debe exceder más de 5 páginas, para aquellos que buscan aplicar al MDL. Generalmente consta, entre otras cosas, de los siguientes partes:

- Descripción del Proyecto:
 - Breve resumen del Proyecto.
 - Identificación del Promotor del Proyecto.
 - Tipo de Proyecto.
 - Ubicación del Proyecto.
 - Cronograma anticipado.
 -
- Beneficios ambientales y sociales esperados:
 - Estimación de la reducción de emisiones GEIs (en ton. De CO2 equivalente).
 - Escenario de Línea base.
 - Beneficios ambientales, sociales y socioeconómicos del Proyecto, tanto locales como globales.
 - Impactos ambientales y socioeconómicos.
 - Estrategia/Prioridades ambientales y sociales del país anfitrión.
- Financiamiento del proyecto.

- Costo estimado.
- Fuentes de financiamiento.
- Contribución al MDL (ganancia por la venta de CERs).
- Estimación básica de la rentabilidad.

El PIN lo evalúa el Promotor del Proyecto en colaboración con el ANAM como Autoridad Nacional (AN) Designada, para determinar si existen indicaciones de que el Proyecto tiene la posibilidad de conseguir certificación bajo el MDL. Si esta evaluación es favorable, la AN emite una Carta de Complacencia y se procede a la elaboración del Desarrollo del Documento de Diseño (PDD), un documento que presente la información sobre el Proyecto en mayor detalle que el PIN y que aborda los siguientes puntos clave:

- Definición del escenario de línea base para el Proyecto, representado por la suma de las emisiones antropogénicas que ocurrirían sin el Proyecto.
- Demostración de la adicionalidad del Proyecto.
- Metodología que se va a utilizar para el monitoreo de las emisiones del Proyecto.
- Documentación y referencias sobre los impactos ambientales y socioeconómicos que son considerados significativos, incluida una evaluación transfronteriza, del impacto.
- Comentarios recibidos de la comunidad y otros partes interesados que han sido informados sobre el Proyecto.
- Información sobre fuentes de fondos públicos para el proyecto y cómo estos fondos no afectan asistencias oficiales de desarrollo, y si no son parte de obligaciones financieras de las partes involucradas.

También el PDD debe indicar si existe una metodología aprobado por la Junta Ejecutiva aplicable al Proyecto. Si no existe una metodología aprobada, el PDD puede proponer una nueva metodología, o una variación o revisión de una metodología aprobada. La Junta Ejecutiva ha publicado una lista de las metodologías aprobadas, que puede ser consultada durante el desarrollo del PDD.

Validación del Proyecto

Validación es el proceso de evaluación independiente del PDD por una Entidad Operacional Designada (Designated Operational Entity – DOE) para determinar si el Proyecto debe ser validado. El DOE es un tercer ente que debe ser acreditado ante la Junta Ejecutiva, y debe ser separado del Promotor del Proyecto y la entidad que preparó el PDD. La Junta Ejecutiva mantiene una lista de los DOEs que han sido certificados, y se publica en el Internet.

El DOE revisa el PDD y lo publica en el Internet por un periodo de 30 días, mientras evalúa el documento en base de los requerimientos establecidos por la Junta Ejecutiva. Una vez terminado su evaluación el DOE emite un informe de validación y una opinión sobre la adecuación del PDD. El Promotor tiene la responsabilidad de responder a los comentarios y preguntas del DOE para que se emita el informe final de validación.

Aprobación por el País Anfitrión

Una vez que el Proyecto es validado por el DOE, el Promotor debe entregar la siguiente documentación a la ANAM, como Autoridad Nacional Designada, para su revisión y aprobación:

- El informe de validación preparado por el DOE.
- El PDD, que debe incluir una descripción de cómo el Proyecto contribuirá al desarrollo sostenible del país.
- Un Estudio de Impacto Ambiental que cumple con todos los requerimientos de la legislación Panameña.
- Un compromiso del Promotor del Proyecto de entregar un informe anual a ANAM sobre el monitoreo del Proyecto, la certificación y la emisión de CERs por la Junta Ejecutiva.

Recibidos y aprobados esos documentos por ANAM, el mismo presenta una Carta de Aprobación al promotor del Proyecto.

Registro del Proyecto con la Junta Ejecutiva

Concluido el proceso de validación del Proyecto y recibido la Carta de Aprobación de ANAM, el Promotor presenta una solicitud de registro a la Junta Ejecutiva. Esta debe incluir la siguiente documentación:

- El informe de validación preparado por el DOE.
- La Carta de Aprobación de ANAM.
- Una descripción de la manera en que se consideraron los comentarios recibidos de las comunidades y otros partes interesados del Proyecto, tanto como los impactos ambientales y socioeconómicos del Proyecto.

Esta información se convierte en información pública una vez que se entregue a la Junta Ejecutiva, que haga una revisión de la información, y en algunos casos puede publicar una solicitud para comentarios públicos adicionales, y/ o puede pedir información adicional del Promotor del Proyecto antes de aceptar o rechazar la aplicación. Si la Junta Ejecutiva acepta la aplicación, el Proyecto queda registrado como un Proyecto validado como Proyecto MDL. Este constituye la confirmación oficial de que el Proyecto tiene la potencial de generar CERs.

Implementación y Monitoreo del Proyecto

La emisión de los CERs no ocurre hasta que el Proyecto se implementa y se realiza el monitoreo de la reducción de emisiones, de acuerdo con el plan de monitoreo en el PDD. Se llevan a cabo monitoreos de las emisiones reales de GEIs y esas se sustraen de la línea base determinada en el PDD. Los informes del monitoreo realizado se entreguen a un segundo DOE para revisión y verificación.

Verificación/ Certificación

La verificación del programa de monitoreo y la reducción de emisiones del Proyecto debe estar realizada por un segundo DOE, que no puede ser la entidad que preparó el PDD, ni la que fue

responsable para la validación. El objetivo de la verificación es demostrar que el Proyecto está cumpliendo con la reducción de emisiones que fueron estimadas en el PDD. El segundo DOE realiza inspecciones en el sitio, revisa los informes de monitoreo, y prepare un informe anual de verificación y certificación para entregar a la Junta Ejecutiva. Este informe establece el monto verificado de reducción de emisiones del Proyecto, para la emisión del número correspondiente de CERs.

Emisión y Venta de CERs

Después de recibir el informe anual de certificación, la Junta Ejecutiva deposita los CERs del Proyecto en la cuenta del Promotor. Existen varios mercados establecidos para la compra y venta de CERs, el más grande es el Mercado Europeo de Derechos de Carbón. También existen varios mercados nacionales, especialmente en Europa, y otros mercados privados. En esos mercados las compañías que necesitan aumentar sus emisiones por encima de sus límites pueden comprar los CERs que los Promotores de Proyectos MDL reciben de la Junta Ejecutiva por medio del proceso MDL. La transferencia de CERs es entendida como una compra. En efecto, el comprador está pagando una cantidad de dinero por el derecho de producir emisiones por encima de sus límites, mientras que el vendedor se ve recompensado por haber logrado reducir las suyas. De esta forma se consigue, en teoría, que las compañías que realizan la reducción de emisiones lo hagan de forma más eficiente (a menor costo), minimizando el costo agregado que la industria paga por conseguir la reducción

6.11.2.3 Comercio de Derechos de Emisión

Los países o empresas que emitan volúmenes de GEIs por debajo de sus límites pueden vender sus excedentes de derechos de emisiones a otros que los excedan. Para facilitar ese intercambio se han establecido varios mercados a escala internacional para la compra y venta de créditos de carbón, además de otros más pequeños a escala local o regional.

Las reducciones de emisiones de GEIs se miden en toneladas de CO₂ equivalente, las cuales se convierten en Certificados de Reducción de Emisiones (Certified Emissions Reductions –

CERs). Un CER equivale a una tonelada de CO₂ no emitida a la atmósfera, y los mecanismos de flexibilidad permiten que se vendan los CERs en los mercados de carbón de los países industrializados. El comercio de CERs es una medida que sirve para reducir las emisiones de GEIs a escala global, beneficiando a las empresas y/ o países que reducen sus emisiones y haciendo pagar a los que emiten más que les está permitido.