

**ANÁLISIS A LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS AL ESTUDIO DE  
SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO  
INTERNACIONAL DE QUITO Y COMPLEMENTACIÓN**

**INFORME FASE 1**

**D. OBRAS DE ARTE MAYOR - ESTRUCTURAS DE PUENTES**

*INDICE*

	<i>Página</i>
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
2. OBSERVACIONES DE CARÁCTER GENERAL AL INFORME DE LPA .....	2
2.1 DISCREPANCIAS CON EL OBJETIVO FUNDAMENTAL DEL ESTUDIO REALIZADO POR LPA .....	2
2.2 LOS DOS GRUPOS DE ALTERNATIVAS PRESENTADAS EN EL INFORME FINAL DE LPA, RESUELVEN PROBLEMAS DIFERENTES .....	2
2.3 EN LOS TÉRMINOS PLANTEADOS EN EL INFORME FINAL DE LPA, LAS DOS ALTERNATIVAS FINALISTAS NO PUEDEN SER COMPARADAS DIRECTAMENTE .....	2
2.4 LA AV. SIMÓN BOLÍVAR ES EL ÚLTIMO Y OBLIGADO ESCALÓN VIAL LONGITUDINAL, PARA ACCEDER DESDE QUITO A LA ZONA DEL NUEVO AEROPUERTO .....	3
3. OBSERVACIONES AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES .....	5
3.1 LA IMPORTANCIA QUE TIENEN LOS PUENTES EN LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS .....	5
3.2 INFLUENCIA DE LA GRAN ALTURA DE LAS PILAS EN LA COMPLEJIDAD CONSTRUCTIVA Y EN EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE LOS PUENTES .....	5
3.3 INFLUENCIA DE LA ALTURA DE LAS PILAS Y DE LA LONGITUD DE LAS LUCES LIBRES, EN EL COMPORTAMIENTO SISMORESISTENTE DE LA ESTRUCTURA DE LOS PUENTES .....	6
3.4 LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS COMO INFORMACIÓN DE CAMPO FUNDAMENTAL, PARA PODER DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES Y PARA LOCALIZAR LAS FALLAS GEOLÓGICAS EN LOS CAUCES DONDE ESTÁN UBICADOS LOS PUENTES .....	6
3.5 NECESIDAD DE DEFINIR DE LA MANERA MÁS CLARA Y PRECISA POSIBLE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, CONSTRUCTIVAS Y ECONÓMICAS DE LA ESTRUCTURA DE LOS PUENTES .....	7
4. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PUENTES QUE SE UTILIZAN EN CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS, EN EL INFORME FINAL DE LPA .....	8
4.1 ALTERNATIVA VÍA ZÁMBIZA .....	8
4.1.1 Observaciones .....	8

4.2	ALTERNATIVA VÍA SUR.....	8
4.2.1	Observaciones .....	9
4.3	ALTERNATIVA VIA NORTE .....	9
4.3.1	Observaciones .....	9
4.4	ALTERNATIVA OYACOTO 1 .....	9
4.4.1	Observaciones .....	10
4.5	ALTERNATIVA OYACOTO 2 .....	10
4.5.1	Observaciones .....	10
<b>5.</b>	<b>REVISIÓN Y COMPLEMENTACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS Puentes, PASOS INFERIORES E INTERCAMBIADORES DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS EN BASE AL TRAZADO HORIZONTAL Y VERTICAL INCLUIDO EN EL INFORME FINAL DE LPA .....</b>	<b>11</b>
5.1	ALTERNATIVA VÍA ZÁMBIZA.....	11
5.1.1	Observaciones .....	11
5.2	ALTERNATIVA VÍA SUR.....	11
5.2.1	Observaciones .....	12
5.3	ALTERNATIVA VÍA NORTE .....	12
5.3.1	Observaciones .....	12
5.4	ALTERNATIVA OYACOTO 1:.....	12
5.4.1	Observaciones .....	13
5.5	ALTERNATIVA OYACOTO 2 .....	13
5.5.1	Observaciones .....	13
<b>6.</b>	<b>OBSERVACIONES PRESENTADAS POR INSTITUCIONES, AGRUPACIONES GREMIALES, PROFESIONALES Y PERSONAS INTERESADAS, AL TENDIDO DEL INFORME FINAL SOBRE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO, ELABORADO POR LPA .....</b>	<b>15</b>
6.1	INSTITUCIONES, AGRUPACIONES GREMIALES, PROFESIONALES Y PERSONAS INTERESADAS QUE HAN PRESENTADO OBSERVACIONES AL INFORME DE LPA .....	15
6.2	OBSERVACIONES SOBRE LOS ASPECTOS ESTRUCTURALES DEL INFORME.....	15
6.3	RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS .....	15
6.3.1	Alternativa Vía Zámbez .....	15
6.3.2	Alternativa Oyacoto .....	16
<b>7.</b>	<b>METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS Puentes, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES.....</b>	<b>18</b>
7.1	INFORMACIÓN BÁSICA .....	18
7.2	NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	18
7.3	SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TABLERO DE LOS Puentes.....	19
7.4	LAS PILAS DE LOS Puentes Y EL DISEÑO SISMO RESISTENTE .....	19
<b>8.</b>	<b>TIPOS DE Puentes .....</b>	<b>20</b>

8.1	PUENTES Y VIADUCTOS CON TABLEROS SIMPLEMENTE APOYADOS .....	20
8.1.1	Características Generales de los Tableros .....	20
8.1.2	Características Generales de las Pilas e incremento en la longitud de los tramos .....	20
8.1.3	Clasificación y costo de los puentes isostáticos.....	20
8.2	PUENTES CONSTRUIDOS EN VOLADOS SUCESIVOS.....	21
8.2.1	Características Generales de los Puentes .....	21
8.2.2	Características Generales de las Pilas .....	21
8.2.3	Clasificación y costo de los Puentes en Volados Sucesivos .....	21
8.3	PUENTES ATIRANTADOS.....	22
8.3.1	Características Generales de los Tableros .....	22
8.3.2	Características Generales de las Pilas y Pylons .....	22
8.3.3	Clasificación y costo de los Puentes Atirantados .....	22
8.4	PUENTES COLGANTES.....	23
8.4.1	Geometría .....	23
8.4.2	Cables .....	23
8.4.3	Tablero .....	23
8.4.4	Torres .....	23
8.4.5	Anclajes.....	24
8.4.6	Referencias .....	24
8.4.7	Clasificación y costo de los puentes colgantes .....	24
8.5	PUENTES EN ARCO .....	24
8.5.1	Arcos construidos en Hormigón y en Acero (Alternativa) .....	24
9.	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO RELATIVO REFERENCIAL DE PUENTES.....</b>	<b>26</b>
10.	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
10.1	CONCLUSIONES DE TIPO GENERAL.....	29
10.2	CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DEL INFORME FINAL DE LPA.....	29
10.3	CONCLUSIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS DE LOS PUENTES.....	30
11.	<b>RECOMENDACIONES PARA LA SEGUNDA ETAPA .....</b>	<b>31</b>

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

- Los estudios realizados por LPA Group Inc. sobre los diferentes corredores de acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito incluyen, a nivel de prefactibilidad técnico-económica, entre otros los siguientes aspectos: Trazado Geométrico, Diseño de pavimentos, Diseño de Estructuras, Puentes e Intercambiadores, Estudio de Tráfico y Proyecciones, Derechos de Vía, Hidrología, Geología y Suelos, Aspectos Constructivos, Estudios de Impacto Social, Estudios Ambientales, Estimados de Costos, Análisis Económico, Análisis Financiero, Plan de Financiamiento, Estrategia de Concesión, Matriz de Evaluación y Conclusiones.
- El informe final de LPA presenta los resultados del estudio de tres corredores viales, considerados como finalistas, luego de un estudio que originalmente consideró nueve corredores viales para unir la ciudad de Quito, desde la Av. Simón Bolívar y su Extensión Norte, actualmente en construcción, con el área donde se construirá el Nuevo Aeropuerto de Quito en la zona de Tababela. Estos tres corredores, han sido identificados como: Alternativa Sur, Alternativa Zámbez y Alternativa Norte, de acuerdo a su respectiva ubicación dentro del valle de Cumbayá y Tumbaco. (Grupo No. 1 de Alternativas).
- Posteriormente y antes de la entrega del informe final, la CORPAQ ha solicitado a la Consultora LPA la inclusión del estudio de un corredor diferente a los anteriores, que saliendo, ya no de la ciudad de Quito, sino de la carretera interprovincial Panamericana Norte en el sector de Oyacoto (lugar donde esta ubicado el peaje de la Panamericana Norte), llegue al área donde se construirá el nuevo aeropuerto.
- De esta manera la consultora LPA también ha incluido en su informe final los resultados de los estudios de dos corredores adicionales de acceso a la zona del aeropuerto, que se inician en la Panamericana Norte, en diferentes lugares ubicados en el descenso de esta vía al puente ubicado sobre el Río Guayllabamba y que han sido identificados como Oyacoto 1 y Oyacoto 2. ( Grupo No. 2 de Alternativas).
- Una vez que la CORPAQ recibió el informe final realizado por LPA, el mismo que fue puesto a consideración de la opinión pública. Diferentes instituciones, agrupaciones gremiales, profesionales y grupos de personas interesadas en el proyecto han emitido criterios y opiniones sobre este documento elaborado por LPA.

Tanto el Informe final presentado por LPA como las observaciones realizadas por las diferentes instituciones, agrupaciones gremiales, profesionales y grupos de personas interesadas en el proyecto han servido de base para la elaboración de este informe de la Primera Etapa del "Análisis de las Observaciones Presentadas al Estudio de Selección de la Vía de Acceso al Nuevo Aeropuerto de Quito".

## **2. OBSERVACIONES DE CARÁCTER GENERAL AL INFORME DE LPA**

### **2.1 DISCREPANCIAS CON EL OBJETIVO FUNDAMENTAL DEL ESTUDIO REALIZADO POR LPA**

- Por su ubicación geográfica dentro del Distrito Metropolitano de Quito, los estudios para la selección de una vía de acceso al nuevo aeropuerto de Quito, debieron tomar como referencia fundamental, una planificación macro de todos los sistemas viales en el área de influencia del proyecto. Cualquier sistema vial que se construya para acceder al nuevo aeropuerto va a tener una enorme influencia en los lugares por los que atraviesa y en la misma ciudad de Quito. Cualquier obra de infraestructura importante de tipo vial que se planifique y se construya en estas áreas debe ser concordante y parte de una planificación vial general y de utilización territorial del Distrito Metropolitano de Quito.
- Es un error de enormes dimensiones haber conceptualizado a este proyecto como un proyecto vial para únicamente unir la ciudad de Quito con el área donde se construirá el nuevo aeropuerto. La importancia de las áreas por las que se atraviesa y la magnitud de los problemas ya existentes en esta zona, obligan a los técnicos y a las autoridades a considerar esta obra, fundamentalmente, como parte de un sistema vial que a más de resolver los problemas específicos de acceso al nuevo aeropuerto y al valle de Cumbayá y Tumbaco, sienta las bases para convertirse en un instrumento eficiente de desarrollo integral, armónico y sostenido de un área que en poco tiempo se convertirá en el Quito del futuro.
- Las enormes inversiones que requieren la creación de una infraestructura de estas características deben ser analizadas cuidadosamente, velando por que de ellas se beneficien el mayor número de ecuatorianos. Los principales beneficiarios de esta obra deben ser la ciudad de Quito y los actuales y futuros pobladores de los valles del este de Quito. Desgraciadamente, como siempre ocurre en el desarrollo de proyectos de envergadura e importancia comunitaria, siempre habrá algunos afectados directamente por el trazado de cualquiera de las alternativas que se seleccione, que deberán justa, oportuna y adecuadamente compensados por las autoridades correspondientes.

### **2.2 LOS DOS GRUPOS DE ALTERNATIVAS PRESENTADAS EN EL INFORME FINAL DE LPA, RESUELVEN PROBLEMAS DIFERENTES**

- Independientemente de los resultados a los que llega el informe final de LPA, es necesario puntualizar que en este informe se debió identificar claramente los diferentes problemas que resuelven por un lado las alternativas que salen desde la Ave Simón Bolívar en la ciudad de Quito (Grupo No. 1: Alternativas: Sur, Norte y Zámbriza) y por otro lado las alternativas que salen fuera de la ciudad de Quito, desde la Panamericana Norte en el sector comprendido entre Calderón y Guayllabamba (Grupo No. 2: Alternativas: Oyacoto 1 y Oyacoto 2), con el objeto de no crear confusiones e interpretaciones erradas en las conclusiones finales del informe, como desgraciadamente ocurre cuando se compara directamente la alternativa finalista del Grupo No.1, Alternativa Sur, con la alternativa finalista del Grupo No.2, Alternativa Oyacoto 2.

### **2.3 EN LOS TÉRMINOS PLANTEADOS EN EL INFORME FINAL DE LPA, LAS DOS ALTERNATIVAS FINALISTAS NO PUEDEN SER COMPARADAS DIRECTAMENTE**

- Si se quiere hacer un análisis comparativo entre estas dos alternativas finalistas, se debió poner a las dos alternativas en términos en que puedan ser comparadas. Para cumplir con este

objetivo es necesario incluir en la alternativa Oyacoto 2, todos aquellos aspectos que no han sido tomados en cuenta en el informe final de LPA y que son, entre otros:

- La influencia de la construcción de la vía y de las expropiaciones adicionales, que son necesarias por la rectificación del trazado de la Panamericana Norte en el tramo comprendido entre Calderón y Oyacoto;
- Los costos adicionales de operación vehicular, el impacto ambiental y el impacto social que produce esta alternativa, en el tramo comprendido entre la Ave Simón Bolívar en Quito y el sector de Oyacoto en la Panamericana Norte, lugar de origen de esta alternativa;
- La evaluación del impacto en la circulación vehicular de la ciudad de Quito producida por la necesidad de los usuarios del aeropuerto, que viven en la zona sur y centro de la ciudad, de cruzar longitudinalmente casi toda la ciudad, hasta llegar al sector de Calderón, utilizando vías que ya tienen actualmente una gran congestión de tráfico, como son las avenidas González Suárez, Eloy Alfaro, 6 de Diciembre, 10 de Agosto y Av. América.

Este último impacto en la circulación vehicular dentro de la ciudad de Quito, debió ser analizado y considerado en todas las alternativas.

#### **2.4 LA AV. SIMÓN BOLÍVAR ES EL ÚLTIMO Y OBLIGADO ESCALÓN VIAL LONGITUDINAL, PARA ACCEDER DESDE QUITO A LA ZONA DEL NUEVO AEROPUERTO**

- Con el objeto de determinar de una manera mucho más objetiva las distancias que deberán recorrer en el futuro los usuarios del aeropuerto que viven en la ciudad de Quito, en el estudio de tráfico se debió haber tomado en consideración que, de acuerdo a las características viales de la ciudad de Quito, la Ave Simón Bolívar es actualmente y, con mayor razón seguirá siendo en el futuro a corto plazo cuando se termine la construcción de sus Extensiones Norte y Sur, el último y obligado escalón vial longitudinal sur-norte de la ciudad, para todo el tráfico vehicular que originándose en cualquiera de los sectores de la ciudad de Quito: sur, centro o norte se dirija al área donde estará ubicado el nuevo aeropuerto o también se dirija a los valles de Cumbayá, Tumbaco y los Chillos.
- Existen ocho lugares por los cuales se puede acceder desde la ciudad de Quito a la Ave Simón Bolívar con sus extensiones Sur y Norte actualmente en construcción, que se los identifica a continuación y que debieron ser claramente ser evaluados por LPA para determinar los volúmenes de tráfico que tienen actualmente y que eventualmente podrían tener con las diferentes alternativas viales de acceso a la zona del nuevo aeropuerto e Quito:
  - Desde la Panamericana Sur, en el sector de Tambillo, se podrá acceder a la Extensión Sur de la Ave Simón Bolívar, actualmente en construcción.
  - Desde la Ave Pedro Vicente Maldonado y Moran Valverde, a la altura del Mercado Mayorista, se puede acceder a la Ave Simón Bolívar.
  - Desde la Ave Oriental en el origen de la Autopista Rumiñahui, en el sector del trébol, se puede acceder a la Ave Simón Bolívar.
  - Desde la Ave González Suárez, en el sector del Hotel Quito por la vía que desciende a Guápulo, se puede acceder a la Ave Simón Bolívar.
  - Desde la Ave 6 de Diciembre, en la Plaza Argentina, por la Interoceánica se puede acceder a la Ave Simón Bolívar.
  - Desde la Ave Eloy Alfaro y Gaspar de Villarroel, en el sector de Monte Olivo, se puede acceder a la Ave Simón Bolívar.

- Desde la Ave Eloy Alfaro y El Inca, por la nueva vía de acceso a Zámbriza, se podrá acceder a la Extensión Norte de la Ave Simón Bolívar, actualmente en construcción.
- Desde la Panamericana Norte y Diego de Vásquez, Intercambiador de Carcelén, se podrá acceder a la Extensión Norte de la Ave Simón Bolívar actualmente en construcción, en su intersección con la Panamericana Norte a la altura de la recta de Calderón.

### **3. OBSERVACIONES AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PUENTES**

#### **3.1 LA IMPORTANCIA QUE TIENEN LOS PUENTES EN LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS**

Si analizamos los rubros más importantes que conforman el presupuesto total de cada una de las alternativas presentadas en el informe de LPA, observamos que el costo de las estructuras de puentes, intercambiadores, pasos inferiores y superiores, representan un componente sumamente alto del costo total de cada una de las alternativas:

- En la Alternativa Norte, con una longitud total de puentes, intercambiadores, pasos inferiores y superiores de 4.240 m, representa el 72% del costo total de la alternativa;
- En la Alternativa Zámbriza, con una longitud total de puentes, intercambiadores, pasos inferiores y superiores de 2.430 m, representa el 59% del costo total de la alternativa;
- En la Alternativa Sur, con una longitud total de puentes, intercambiadores, pasos inferiores y superiores de 2.470 m, representa el 36% del costo total de la alternativa;
- En la Alternativa Oyacoto 1, con una longitud total de puentes, intercambiadores, pasos inferiores y superiores de 1.710 m, representa el 48% del costo total de la alternativa y
- En la Alternativa Oyacoto 2, con una longitud total de puentes, intercambiadores, pasos inferiores y superiores de 1.010 m, representa el 62% del costo total de la alternativa.

Esta situación se produce debido a las especiales y accidentadas características topográficas del terreno por el cual se desarrollan las diferentes alternativas del proyecto, que demandan la utilización de numerosos puentes de importantes dimensiones y nivel de complejidad constructiva, con el objeto de salvar topografías muy accidentadas existentes en el área del proyecto.

Muchos de los cauces de ríos y quebradas, por los cuales atraviesan los trazados de las diferentes alternativas, son de grandes dimensiones en longitud y en profundidad, alcanzando luces horizontales de alrededor de 1.000 m de ancho y profundidades superiores a los 300 m.

La particular importancia y magnitud que tienen los puentes en este proyecto justifica que, para tomar las decisiones técnicas y económicas más convenientes en cada uno de los casos, se realice un análisis detenido y especial de los diferentes sistemas constructivos y estructurales que pueden ser utilizados en cada una de las situaciones, con especial atención en sus complicaciones constructivas y sus implicaciones económicas.

Desgraciadamente en el informe final de LPA no existe ningún tipo de información al respecto, que justifique los sistemas constructivos y estructurales adoptados en cada uno de los casos, sobretodo cuando se trata de puentes especiales de grandes luces.

#### **3.2 INFLUENCIA DE LA GRAN ALTURA DE LAS PILAS EN LA COMPLEJIDAD CONSTRUCTIVA Y EN EL COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE LOS PUENTES**

En puentes isostáticos, con tableros simplemente apoyados de máximo 40 m de luz libre, LPA utiliza como solución de manera frecuente pilas de alrededor de 50 m de altura. Así mismo, en los puentes especiales de grandes luces utiliza pórticos hiperestáticos para puentes en volados sucesivos, atrantados y suspendidos, con pilas de gran altura cercanas a los 300 m.

Ambas situaciones necesitan, desde un punto de vista estructural y constructivo, de soluciones extremadamente especiales que garanticen un adecuado y seguro comportamiento sismo resistente de las estructuras. Estos aspectos importantes relacionados con el diseño y la construcción de los



puentes no son tratados de manera específica en el informe final de LPA, ni desde un punto de vista técnico de diseño y construcción, ni tampoco desde un punto de vista económico para la determinación de los costos estimados de los puentes.

### **3.3 INFLUENCIA DE LA ALTURA DE LAS PILAS Y DE LA LONGITUD DE LAS LUCES LIBRES, EN EL COMPORTAMIENTO SISMORESISTENTE DE LA ESTRUCTURA DE LOS PUENTES**

Por otro lado, las características de alta actividad sísmo-tectónica de la zona donde se construirá el proyecto, que afectará por igual a cualquiera de las alternativas presentadas en el estudio, impone también la necesidad de tomar precauciones extremas en la definición del tipo de puente, de los sistemas constructivos y de los materiales más adecuados que deben ser utilizados para poder llegar a definir estructuras seguras, eficientes y económicas en cada uno de los casos.

La gran altura de las pilas y las enormes luces libres que tienen algunos puentes, magnifican de manera importante los efectos de los sismos en este tipo de estructuras y en consecuencia también los problemas constructivos y sus costos. Este tema de tanta trascendencia técnica y económica, no ha sido analizado de una manera específica en el informe final de LPA.

### **3.4 LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS COMO INFORMACIÓN DE CAMPO FUNDAMENTAL, PARA PODER DETERMINAR LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES Y PARA LOCALIZAR LAS FALLAS GEOLÓGICAS EN LOS CAUCES DONDE ESTÁN UBICADOS LOS PUENTES**

La enorme dimensión que tiene la estructura de algunos puentes, produce cargas y momentos flectores de grandes magnitudes, a nivel de la cimentación de las pilas y los estribos de los puentes.

Estas pilas y estribos están localizados generalmente en o cerca a los taludes de los cauces de los ríos y quebradas. Es por esta razón que es necesario conocer de la forma más confiable posible, las condiciones de estabilidad geológica de estas laderas bajo la acción de las cargas estáticas y dinámicas que son transmitidas al suelo, por medio de las pilas y los estribos de los puentes.

Además de las condiciones de estabilidad de los taludes, otra información geológica de campo de gran importancia para el diseño y construcción de puentes que es necesaria, es la localización de eventuales fallas geológicas en el área donde va a ser implantado el puente y en zonas aledañas. Estas fallas geológicas, de acuerdo a sus características y dimensiones, son potenciales lugares de generación de sismos de diferente intensidad y de movimiento de placas y estratos geológicos de diferente magnitud, que deben ser tomados en consideración en el diseño sísmo resistente del puente. Las características y ubicación de estas fallas geológicas pueden ser motivo de introducir enormes complejidades en el diseño y construcción de un puente e inclusive puede ser motivo de hacer práctica y económicamente imposible la construcción de un puente, en determinados lugares.

Este tema relacionado con la estabilidad de taludes y la ubicación de eventuales fallas geológicas en las zonas en las que se encuentra ubicados los puentes importantes, por lo menos, tampoco ha sido analizado de una manera específica en el informe final de LPA, a pesar de las importantes dimensiones que tienen algunos puentes.

### **3.5 NECESIDAD DE DEFINIR DE LA MANERA MÁS CLARA Y PRECISA POSIBLE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, CONSTRUCTIVAS Y ECONÓMICAS DE LA ESTRUCTURA DE LOS PUENTES**

Por las razones expuestas anteriormente y debido a la enorme complejidad constructiva y de diseño y, como consecuencia, al elevado costo de los puentes en cualquiera de las alternativas, en este proyecto más que en ningún otro proyecto vial de características similares, las estructuras de los puentes pasan a ser uno de los componentes técnicos y económicos más importantes en el análisis que debe hacerse para la selección de la alternativa más conveniente técnica y económica.

Creemos que era necesario definir, en esta etapa de factibilidad técnico económica, con la mayor precisión posible, las características técnicas, constructivas y costos del tipo de puente que debe ser utilizado en cada uno de los casos. El costo de las estructuras de los puentes varía de una manera sumamente sensible de acuerdo a los diferentes tipos de estructuras, sistemas constructivos y materiales que se utilicen. El tipo de puente que puede ser utilizado como solución a los diferentes problemas estructurales y constructivos que se presentan en las diferentes alternativas, están generalmente dentro de la categoría de puentes especiales y muy especiales, por su complejidad de diseño y construcción y su elevado costo.

A pesar de lo trascendental y complejo que es el tema de las estructuras de los puentes en este proyecto, en el informe final de los estudios realizados por LPA no se definen claramente las características técnicas y sistemas constructivos de los diferentes tipos de estructuras que han sido seleccionados como solución técnica y económica más conveniente para ser utilizados en los diferentes puentes. Tampoco en el informe se justifica de manera sustentada los costos unitarios utilizados para el cálculo de los presupuestos estimados de los diferentes tipos de puentes.

#### **4. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PUENTES QUE SE UTILIZAN EN CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS, EN EL INFORME FINAL DE LPA**

##### **4.1 ALTERNATIVA VÍA ZÁMBIZA**

- Número total de puentes: 6
  - Número de puentes de vigas simplemente apoyadas convencionales isostáticas o continuas: 2.
  - Vigas convencionales prefabricadas o vigas continuas lanzadas En acero o en hormigón postensado.
  - Luz libre máxima entre pilas 50 m; altura máxima de pilas 45 m
  
  - Número de puentes especiales en: arco, atirantados o colgantes (no se define el tipo de puente para cada caso): 4
  - Puentes con longitud total máxima 640 m; luz libre máxima de hasta 320 m; altura total máxima de pilas de hasta 180 m; dos de estos puentes están en curva horizontal, elevando sustancialmente el nivel de complejidad constructiva.
  
- Costo total de estructuras: 97.2 millones de USD
- Área total de puentes: 39.990 m<sup>2</sup>
- Costo promedio de las estructuras por m<sup>2</sup>: 2.431 USD/m<sup>2</sup>

##### **4.1.1 Observaciones**

No hay una identificación específica del tipo de puente para cada caso: puente en arco, atirantado o colgante, se asume que cualquiera de estos sistemas constructivos es solución valedera, que tienen iguales características técnicas y económicas, lo cual obviamente no es verdad; no se hace ninguna consideración especial de tipo técnico y económico por el impacto que tiene en algunos puentes la gran dimensión de las pilas; no se hace ninguna consideración especial relacionada con el hecho de que algunos puentes de grandes luces se encuentren implantados en curva horizontal; no se hace ninguna consideración especial sobre la características geosísmicas de los diferentes lugares donde van a ser implantados los diferentes puentes, en algunos lugares existe inestabilidades geológicas de los taludes y en otros existe la presencia de fallas geológicas; en el análisis económico comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el cuarto lugar.

##### **4.2 ALTERNATIVA VÍA SUR**

- Número total de puentes: 9
  - Número de puentes de vigas simplemente apoyadas convencionales isostáticas: 7.
  - Vigas convencionales prefabricadas. En acero o en hormigón postensado.
  - Luz libre máxima entre pilas 40 m; altura máxima de pilas 30 m
  
  - Número de puentes de vigas continuas simplemente apoyadas, lanzadas construidas en acero: 2
  - Puentes con longitud total máxima 260; luz libre máxima de hasta 120 m; altura total máxima de pilas de hasta 80.
  
- Costo total de estructuras: 28.1 millones de USD

- Área total de puentes: 23.808 m<sup>2</sup>
- Costo promedio de las estructuras por m<sup>2</sup>: 1.180 USD/m<sup>2</sup>

#### **4.2.1 Observaciones**

No se hace ninguna consideración especial de tipo técnico y económico por el impacto que tiene en algunos puentes la gran dimensión de las pilas; no se hace ninguna consideración especial sobre la características geosísmicas de los diferentes lugares donde van a ser implantados los diferentes puentes; en el análisis económico comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el primer lugar.

#### **4.3 ALTERNATIVA VIA NORTE**

- Número total de puentes: 10
  - Número de puentes de vigas simplemente apoyadas convencionales isostáticas o continuas: 7.
  - Vigas convencionales prefabricadas o vigas continuas lanzadas En acero o en hormigón postensado.
  - Luz libre máxima entre pilas 400 m, que es imposible cubrir con este sistema constructivo; altura máxima de pilas 120 m de muy difícil ejecución en pilas aisladas con tableros simplemente apoyadas.
  - Número de puentes especiales en: arco: 3. no se especifica el material
  - Puentes con longitud total máxima 680 m; luz libre máxima de hasta 340 m; altura total máxima de pilas de hasta 120 m.
- Costo total de estructuras: 158,4 millones de USD
- Área total de puentes: 69.006 m<sup>2</sup>
- Costo promedio de las estructuras por m<sup>2</sup>: 2.290 USD/m<sup>2</sup>

#### **4.3.1 Observaciones**

No hay una identificación específica del tipo de puente para cada caso. Hay sistemas constructivos que no pueden ser utilizados para las luces libres especificadas; no se hace ninguna consideración especial de tipo técnico y económico por el impacto que tiene en algunos puentes la gran dimensión de las pilas; no se hace ninguna consideración especial relacionada con el hecho de que algunos puentes de grandes luces se encuentren implantados en dobles curvas horizontales; no se hace ninguna consideración especial sobre la características geosísmicas de los diferentes lugares donde van a ser implantados los diferentes puentes, en algunos lugares existe inestabilidades geológicas de los taludes y en otros existe la presencia de fallas geológicas; en el análisis económico comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el quinto lugar. La construcción de los puentes en arco en doble curvatura, que tiene esta alternativa, son prácticamente imposible de poder construirlos.

#### **4.4 ALTERNATIVA OYACOTO 1**

- Número total de puentes: 7
  - Número de puentes de vigas simplemente apoyadas convencionales isostáticas: 6.
  - Vigas convencionales prefabricadas. En acero o en hormigón postensado.
  - Luz libre máxima entre pilas 50 m; altura máxima de pilas 50 m

- Número de puentes especiales atirantados en volados sucesivos: 1
  - Puente con longitud total máxima 600 m; luz libre máxima de hasta 300 m; altura total máxima de pilas de hasta 110 m.
- 
- Costo total de estructuras: 41.3 millones de USD
  - Área total de puentes: 30.690 m<sup>2</sup>
  - Costo promedio de las estructuras por m<sup>2</sup>: 1.346 USD/m<sup>2</sup>

#### **4.4.1 Observaciones**

No se hace ninguna consideración especial de tipo técnico y económico por el impacto que tiene en algunos puentes la gran dimensión de las pilas; no se hace ninguna consideración especial sobre la características geosísmicas de los diferentes lugares donde van a ser implantados los diferentes puentes. En el lugar donde está implantado el puente atirantado existe inestabilidades geológicas de los taludes y, además, existen fallas geológicas en el cauce que atraviesa; en el análisis comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el segundo lugar, sin embargo en el análisis de esta alternativa no han sido incluidos los costos de estructuras muy importantes de túneles o viaductos de grandes longitudes, que son necesarios para hacer viable el proyecto, debido a que el trazado vial se desarrolla en longitudes muy importantes, en laderas con pendientes transversales de hasta 70 grados, que hacen poco viable una solución técnica y económica mediante la utilización de grandes cortes y altos muros de contención.

#### **4.5 ALTERNATIVA OYACOTO 2**

- Número total de puentes: 1
    - Número de puentes especiales: puente colgante: 1
    - Puente con longitud total máxima 950 m; luz libre máxima de hasta 660 m; altura total máxima de pilas de hasta 220 m.
- 
- Costo total de estructuras: 62.2 millones de USD
  - Área total de puentes: 17.670 m<sup>2</sup>
  - Costo promedio de las estructuras por m<sup>2</sup>: 3.520 USD/m<sup>2</sup>

#### **4.5.1 Observaciones**

No se hace ninguna consideración especial de tipo técnico y económico por el impacto que tiene en este puente la gran dimensión de las pilas; no se hace ninguna consideración especial sobre las características geosísmicas del lugar donde va a ser implantado el puente. En el lugar donde está implantado el puente colgante existe inestabilidades geológicas de los taludes y, además, existen fallas geológicas en el cauce que atraviesa; en el análisis comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el tercer lugar. El puente colgante de 950 m de longitud, con torres de apoyo de 220 m de altura, implantadas en laderas cuya estabilidad geológica no es de las mejores características, y ubicado en una zona en que existe una falla geológica, constituye un desafío técnico y económico de grandes dimensiones, muy difícil de llevarlo adelante.

## 5. REVISIÓN Y COMPLEMENTACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PUENTES, PASOS INFERIORES E INTERCAMBIADORES DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS EN BASE AL TRAZADO HORIZONTAL Y VERTICAL INCLUIDO EN EL INFORME FINAL DE LPA

### 5.1 ALTERNATIVA VÍA ZÁMBIZA

- Longitud de la vía: 12.390 m
- Longitud de estructuras puentes, intercambiadores y pasos inferiores: 2.430 m
- Área de estructuras: 45.198 m<sup>2</sup>
- Longitud de estructuras / longitud de la vía: 0.20
- Número total de puentes: 7
  - Número de **puentes isostáticos**: 4. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes y viaductos convencionales de tableros simplemente apoyados sobre pilas de gran altura; luz libre máxima entre pilas 50 m; altura máxima de pilas 50 m
  - Número de puentes especiales, **puentes atirantados**: 3. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes con sistemas constructivos muy especiales para construcciones en volados sucesivos atirantados; dos de los puentes atirantados están en curva incrementando en esta forma su nivel de complejidad; puente con longitud total máxima 640 m; luz libre máxima 320 m; altura total máxima de pilas 180 m; pylons de 80 m de altura con 16 cables simétricos.
- Número de intercambiadores y pasos inferiores: 8
- Costo total de estructuras: 97.026.379 USD
- Costo promedio de las estructuras por m<sup>2</sup>: 2.147 USD/m<sup>2</sup>

#### 5.1.1 Observaciones

En el análisis económico comparativo del costo de las estructuras, entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el cuarto lugar. Existen dos puentes atirantados en curva horizontal de muy difícil y casi imposible construcción. Deberían corregirse los trazados horizontales de la vía en estos sectores. Debería analizarse más detenidamente la estabilidad de taludes y la presencia de fallas geológicas en los lugares donde están implantados los puentes.

### 5.2 ALTERNATIVA VÍA SUR

- Longitud de la vía: 16.340 m
- Longitud de estructuras puentes, intercambiadores y pasos inferiores: 2.470 m
- Área de estructuras: 45.942 m<sup>2</sup>
- Longitud de estructuras / longitud de la vía: 0.15
- Número total de puentes: 12
  - Número de **puentes isostáticos**: 10. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes y viaductos convencionales de tableros simplemente apoyados sobre pilas de gran altura; luz libre máxima entre pilas 50 m; altura máxima de pilas 30 m
  - Número de puentes especiales, **puentes en volados sucesivos**: 2. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes con sistemas constructivos especiales para construcciones en volados sucesivos; puente con longitud total máxima 260 m; luz libre máxima 120 m; altura máxima de pilas 80 m.
- Número de intercambiadores y pasos inferiores: 13
- Costo total de estructuras: 41.525.481 USD
- Costo promedio de estructuras por m<sup>2</sup>: 904 USD/m<sup>2</sup>

### 5.2.1 Observaciones

En el análisis económico comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el primer lugar. Existen dos puentes en volados sucesivos cuyas características geométricas podrían mejorarse considerablemente con algunos ajustes al trazado horizontal y vertical de la vía en estos sectores. Inclusive podría estudiarse la alternativa de algún otro sistema constructivo para los puentes, por la geometría que tienen los cauces en estos lugares. Es necesario analizar detenidamente la estabilidad de taludes y la eventual presencia de fallas geológicas en los lugares en que están ubicados los puentes más importantes.

### 5.3 ALTERNATIVA VÍA NORTE

- Longitud de la vía: 16.302 m
- Longitud de estructuras puentes, intercambiadores y pasos inferiores: 4.240 m
- Área de estructuras: 78.864 m<sup>2</sup>
- Longitud de estructuras / longitud de la vía: 0.26
- Número total de puentes: 9
  - Número de **puentes isostáticos**: 4. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes y viaductos convencionales de tableros simplemente apoyados sobre pilas de gran altura; luz libre máxima entre pilas 50 m; altura máxima de pilas 40 m
  - Número de puentes especiales, **puentes en volados sucesivos**: 2. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes con sistemas constructivos muy especiales para construcciones en volados sucesivos en curva; puente con longitud total máxima 480 m; luz libre máxima 180 m; altura máxima de pilas 80 m.
  - Número de **puentes atirantados**: 3. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes con sistemas constructivos extremadamente especiales para construcciones en volados sucesivos atirantados en doble curvatura, incrementando en esta forma su nivel de complejidad; longitud total máxima 800 m; luz libre máxima 400 m; altura total máxima de pilas 120 m; pylons de 85 m de altura con 17 cables simétricos. La doble curvatura en el trazado horizontal de estos puentes atirantados los hace prácticamente imposibles de poder ser construidos.
- Número de intercambiadores y pasos inferiores: 7
- Costo total de estructuras: 181.207.576 USD
- Costo promedio de estructuras por m<sup>2</sup>: 2.298 USD/m<sup>2</sup>

### 5.3.1 Observaciones

En el análisis económico comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el quinto lugar. Debería analizarse más detenidamente la estabilidad de taludes y la presencia de fallas geológicas en los lugares donde están implantados los puentes más importantes. La construcción y el diseño de los puentes atirantados en doble curvatura, que tiene esta alternativa, son prácticamente imposibles de poder construirlos.

### 5.4 ALTERNATIVA OYACOTO 1:

- Longitud de la vía: 5.304 m
- Longitud de estructuras puentes, intercambiadores y pasos inferiores: 1.710 m
- Área de estructuras: 31.806 m<sup>2</sup>
- Longitud de estructuras / longitud de la vía: 0.32
- Número total de puentes: 7

- Número de **puentes isostáticos**: 6. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes y viaductos convencionales de tableros simplemente apoyados sobre pilas de gran altura; luz libre máxima entre pilas 50 m; altura máxima de pilas 50 m
- Número de puentes especiales, **puentes atirantados**: 1.: la de puentes con sistemas constructivos muy especiales para construcciones en volados sucesivos atirantados; longitud total máxima 600 m; luz libre máxima 300 m; altura total máxima de pilas 110 m; pylons de 75 m de altura con 14 cables simétricos.
- Número de intercambiadores y pasos inferiores: 2
- Costo total de estructuras: 48.813.533 USD
- Costo promedio de estructuras por m<sup>2</sup>: 1.535 USD/m<sup>2</sup>

#### 5.4.1 Observaciones

En el análisis económico comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el segundo lugar, sin embargo en el análisis de esta alternativa no han sido incluidos los costos de estructuras muy importantes de túneles o viaductos de grandes longitudes, que son necesarios para hacer viable el proyecto, debido a que el trazado vial se desarrolla en longitudes muy importantes, en laderas con pendientes transversales de hasta 70 grados, que hacen poco viable una solución técnica y económica mediante la utilización de grandes cortes y altos muros de contención. Debería analizarse más detenidamente la estabilidad de los taludes y la presencia de fallas geológicas en el lugar donde está implantado el puente especial.

#### 5.5 ALTERNATIVA OYACOTO 2

- Longitud de la vía: 8.575 m
- Longitud de estructuras puentes, intercambiadores y pasos inferiores: 1.010 m
- Área de estructuras: 18.786 m<sup>2</sup>
- Longitud de estructuras / longitud de la vía: 0.12
- Número total de puentes: 1
  - Número de puentes especiales, **puentes colgantes**: 1. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes con sistemas constructivos muy especiales para ser utilizados en la construcción de puentes colgantes de grandes luces; longitud total máxima 950 m; luz libre máxima 660 m; altura total máxima de torres 220 m; altura del tablero al extremo superior de la torre 65 m. Laderas con problemas de estabilidad geológica, incrementando en esta forma su nivel de complejidad.
- Número de intercambiadores y pasos inferiores: 2
- Costo total de estructuras: 79.893.547 USD
- Costo promedio de estructuras por m<sup>2</sup>: 4.253 USD/m<sup>2</sup>

#### 5.5.1 Observaciones

En el análisis económico comparativo entre todas las alternativas, esta alternativa ocupa el tercer lugar. El puente colgante de 950 m de luz con torres de apoyo de 220 m de altura, implantadas en laderas cuya estabilidad geológica no es de las mejores características y ubicado en una zona de alta sismicidad, con la presencia de fallas geológicas en el área del proyecto, constituye un desafío técnico y económico de grandes dimensiones, muy difícil de llevarlo adelante.

El detalle se puede ver en los cuadros adjuntos.



# ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO

## PUENTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

### UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COSTOS ESTIMADOS

RESUMEN ALTERNATIVA 1	
Long vía	12,390 m
Long estruct	2,430 m
Costo estruct	97,026,379 dólares
Area estruct	45,198 m <sup>2</sup>

### ALTERNATIVA 1 VÍA ZÁMBIZA (A PARTIR DE LA ABSCISA 4039 M)

#### 1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA

El ancho de cada puente es: 1m + 3.65m + 1m = 9.30m (dos carriles)

Dos puentes idénticos de 9.30m de sección transversal cada uno.

Los tableros de los viaductos se apoyan sobre pilas apuntadas tipo castillo, de 10x10m de superficie.

Los tramos de los viaductos son de 50m de longitud entre ejes: 5m (Zepala) + 40m (longitud de viga) + 5m (1/2 pila)

Los intercambiadores y los pasos inferiores se desarrollan en dos tableros de 9.30m de ancho, paralelos e independientes.

En los intercambiadores todas las rampas se desarrollan en rellenos.

Longitud de la vía: 12,390 m  
 Origen: abscisa 4039m, cota: 2512 m  
 Termina: Vía de acceso aeropuerto, cota: 2457 m

Cota más baja, abs: 9700;

Diferencia máxima de cotas: 344 m

Diferencia máxima de cotas: 344 m

Longitud de puentes: 2,250 m

Long puentes / long vía: 0,18 m

Pendiente longitudinal máxima: -7%

Intersección con la prolongación de la Ave S. Bolívar

#### 2.- PUENTES

Puente #	Abscisa Inicia	Abscisa Termi	Longitud un puente	Ancho un puente	Area de un puente(m <sup>2</sup> )	Tipo de Puente	Tramos m	Pilas Hmax(m)	Pylon(H) & Cables(#)	Observaciones	Costo \$ /m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. cumplid geom	Costo de un puente (\$)	Costo para dos puentes (\$)
1	9.260	9.410	150	9.3	1.395	Vigas isotálicas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	3x50	45m (10x12)		Viaducto de 3 tramos	700	1.05	1.00	1.142.505	2.285.010
2	9.320	9.470	150	9.3	1.395	Vigas isotálicas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	2x50	30m (10x12)		Viaducto de 2 tramos	700	1.00	1.00	725.400	1.450.800
3	9.990	10.630	640	9.3	5.952	Puente Altrantado en volados sucesivos	180x110, Tipo H	180x110, Tipo H		Puente muy especial	3.405	1.10	1.05	18.526.939	37.053.878
4	10.930	11.410	480	9.3	4.464	Puente Altrantado en volados sucesivos	145.240.150 en curva	150x40, Tipo H		Puente muy especial	700	1.00	1.00	11.910.175	23.820.350
5	11.830	13.990	150	9.3	1.395	Vigas isotálicas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	3x50	20m (10x12)		Viaducto de 3 tramos	700	1.00	1.00	1.086.100	2.172.200
6	16.110	16.590	480	9.3	4.464	Puente Altrantado en volados sucesivos	135.240.129	150x65, Tipo H		Puente muy especial	2.405	1.05	1.05	11.910.175	23.820.350
7	17.070	17.320	250	9.3	2.325	Vigas isotálicas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	5X50	45m (10x12)		Viaducto de 5 tramos	700	1.05	1.00	1.904.175	3.808.350
<b>Total un puente</b>			<b>2.250</b>	<b>9.3</b>	<b>20.925</b>									<b>47.207.470</b>	
<b>Total dos puentes idénticos</b>			<b>4.500</b>	<b>18.6</b>	<b>41.850</b>									<b>94.414.939</b>	

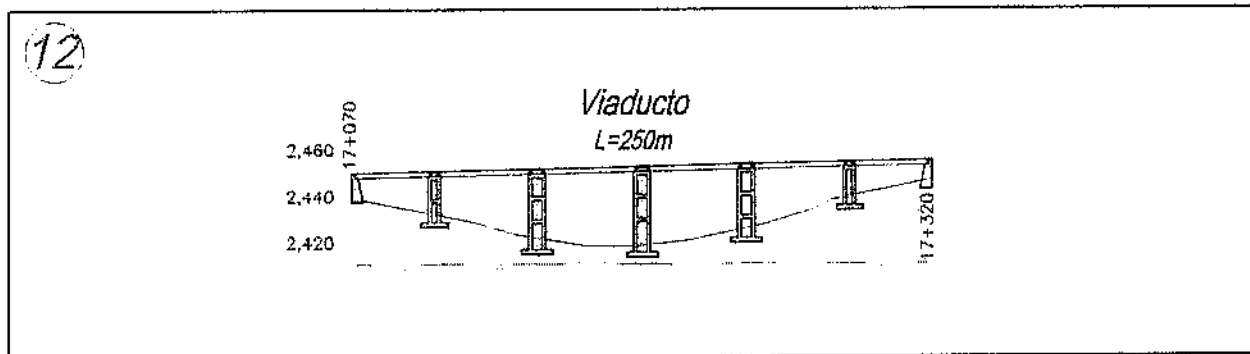
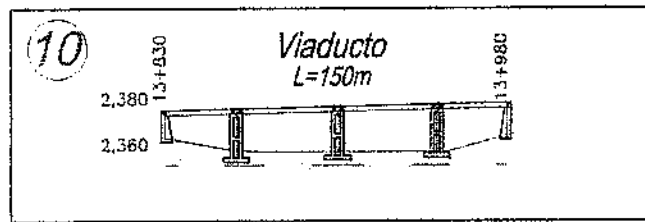
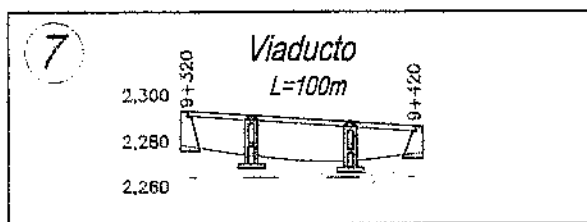
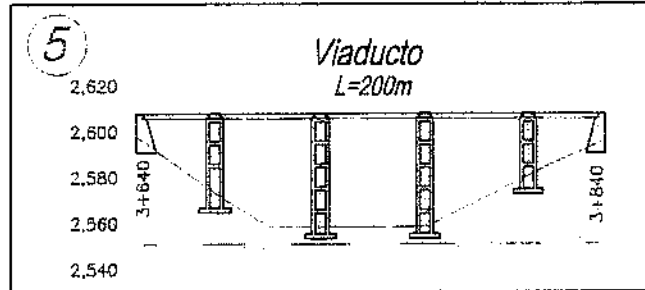
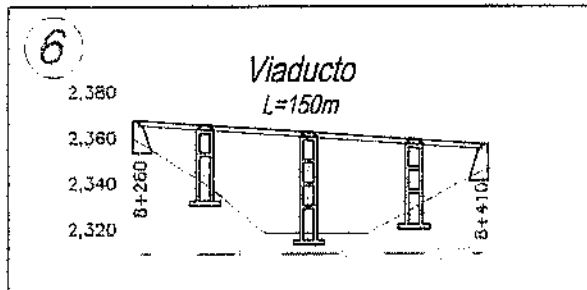
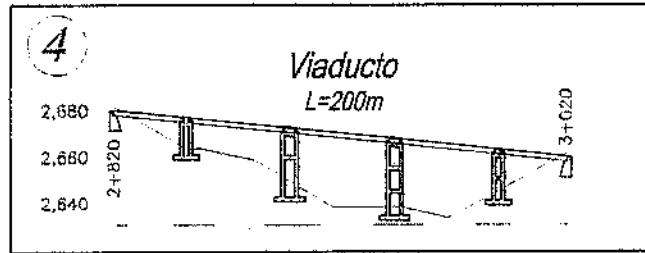
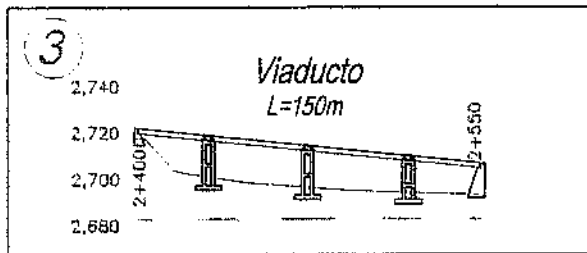
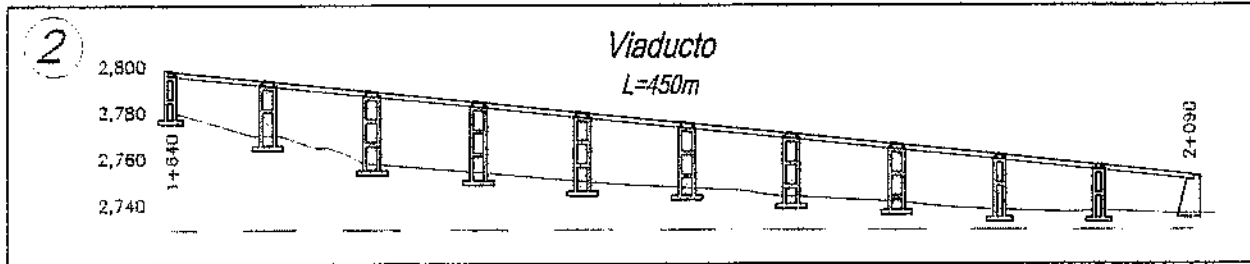
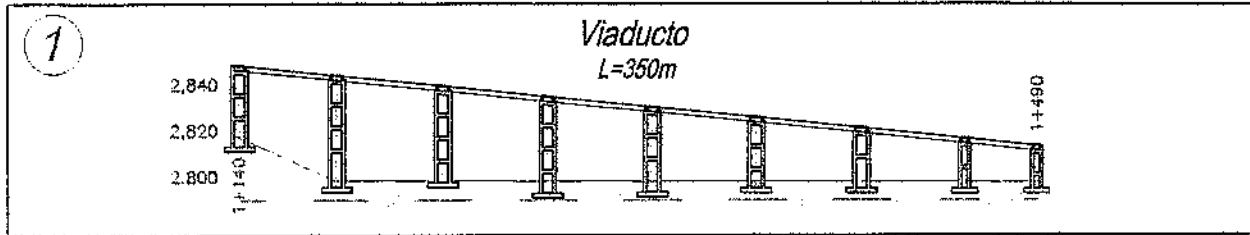
#### 3.- RESUMEN DE TIPO DE PUENTES

Tipo de puente	#	Area (m <sup>2</sup> )	Costo Total (\$)	Ubicación	Costo/m <sup>2</sup>	Longitud
Puentes con vigas isotálicas:	4	12.090	9.720.360	Absc 5500	804	1.300
Puentes en volados	0	0	0	Absc 12000	0.00	0
Puentes altrantados	3	23.760	84.694.579	Absc 14500	2.848	3.200
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>41.850</b>	<b>94.414.939</b>	Absc 15000	<b>1.00</b>	<b>4.500</b>
				Absc 16000	<b>Promedio/m<sup>2</sup></b>	

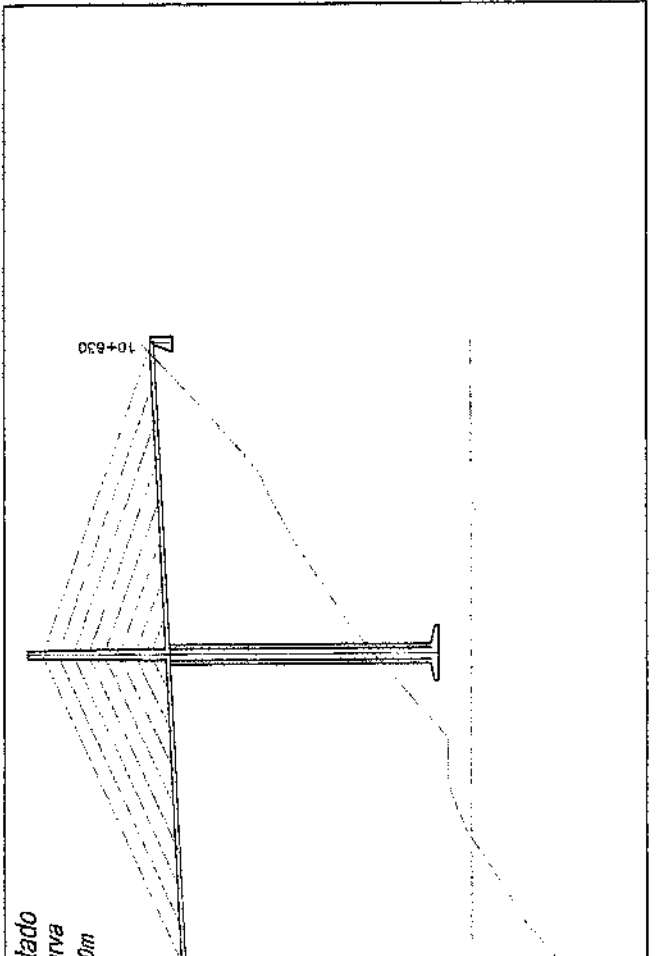
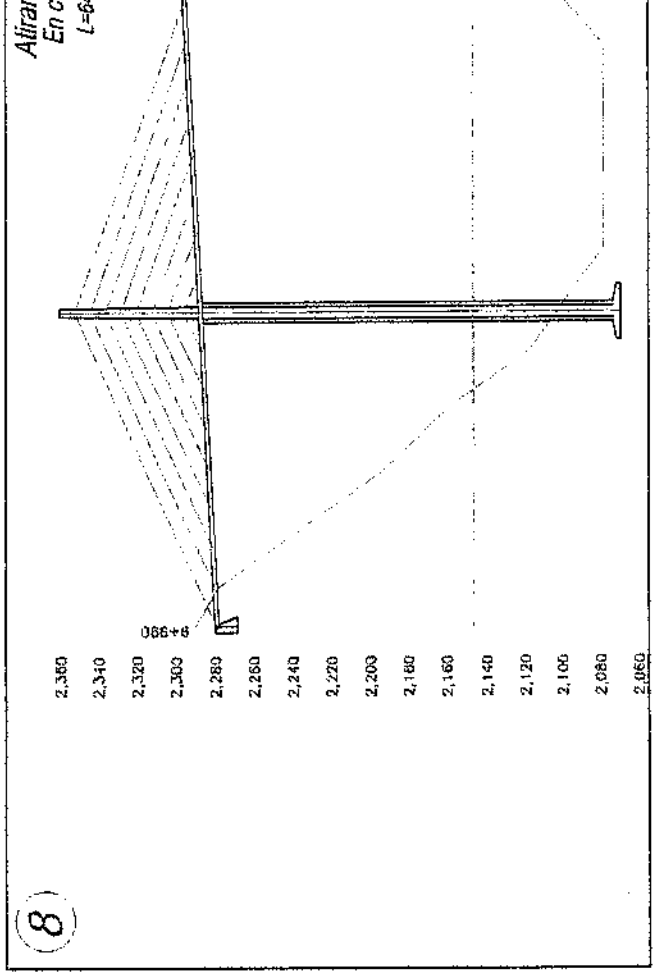
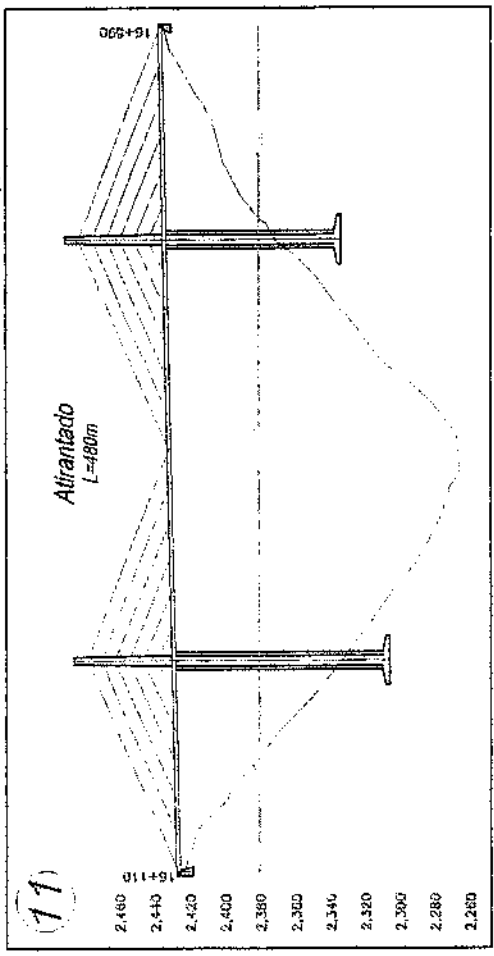
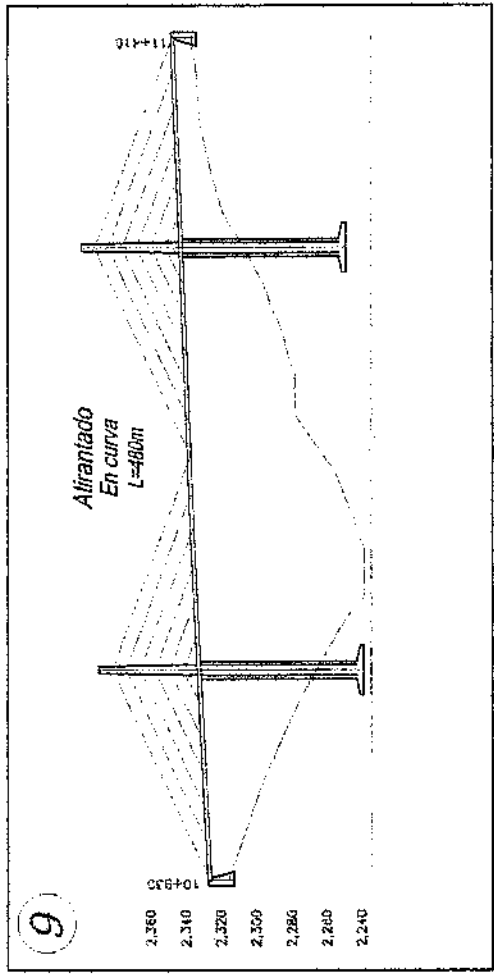
#### 4.- INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

#	Abscisa	Tipo	Longitud un tablero	Ancho un tablero	Area de un tablero(m <sup>2</sup> )	Descripción	Ubicación	Estribos (Hm)	Costo \$ /m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. cumplid geom	Costo de un tablero	Costo de dos tableros idénticos
1	5.500	Paso Inf	20	9.3	186	Paso inferior # 1. Vigas isotálicas. Tablero esvajado	Absc 5500	5.4	700	1.00	1.00	145.080	290.160
2	12.000	Paso Inf	20	9.3	186	Paso inferior # 2. Vigas isotálicas. Tablero esvajado	Absc 12000	5.4	700	1.00	1.00	145.080	290.160
3	13.500	Intercambi	30	9.3	279	Intercambiador # 3. Vigas isotálicas. Tablero normal	Absc 14500	5.4	700	1.00	1.00	217.620	435.240
4	14.500	Paso Inf	20	9.3	186	Paso inferior # 3. Vigas isotálicas. Tablero esvajado	Absc 14500	5.4	700	1.00	1.00	145.080	290.160
5	15.000	Paso Inf	20	9.3	186	Paso inferior # 4. Vigas isotálicas. Tablero esvajado	Absc 15000	5.4	700	1.00	1.00	145.080	290.160
6	16.000	Paso Inf	20	9.3	186	Paso inferior # 5. Vigas isotálicas. Tablero esvajado	Absc 16000	5.4	700	1.00	1.00	145.080	290.160
7	16.500	Paso Inf	20	9.3	186	Paso inferior # 5. Vigas isotálicas. Tablero esvajado	Absc 16500	5.4	700	1.00	1.00	145.080	290.160
8	17.350	Intercambi	30	9.3	279	Intercambiador # 4. Vigas isotálicas. Tablero normal	Ingreso aeropuerto	5.4	700	1.00	1.00	217.620	435.240
<b>Total un tablero</b>			<b>180</b>	<b>9.30</b>	<b>1.674</b>							<b>1.305.720</b>	
<b>Total dos tableros idénticos</b>			<b>360</b>	<b>18.60</b>	<b>3.348</b>							<b>2.611.440</b>	

# Puentes de Alternativa Zambiza



# Puentes de Alternativa Zambiza



# ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO

## PUENTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

### UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COSTOS ESTIMADOS

ALTERNATIVA 2 VIA SUR		RESUMEN ALTERNATIVA 2	
Long via	16.340 m	Long via	16.340 m
Costo estruct	2.479 m	Costo estruct	2.479 m
Área estruct	41.525-61 dólares	Área estruct	41.525-61 dólares

### 1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA.

El ancho de cada puente es: 1m + 3,85m + 3,85m + 1m = 9,30m (dos carriles)

Dos puentes idénticos de 9,30m de sección transversal cada uno.

Los tableros de los viaductos se apoyan sobre pilas apiladas tipo castillo, de 10x10m de superficie.

Los tramos de los viaductos son de 50m de longitud entre ejes: 5m (1/2pila) + 40m (longitud de viga) + 5m (1/2 pila)

Los intercambiadores y los pasos inferiores se desarrollan en dos tableros de 9,30m de ancho, paralelos e independientes.

En los intercambiadores todas las rampas se desarrollan en riellos.

Longitud de la Vía Sur: 16.340 m

Origen: Ave Simón Bolívar, cota: 2845 m

Terminis: vía de acceso al aeropuerto, cota: 2330 m

Cota más baja, absz 7000:

Diferencia máxima de cotas: 355 m

Longitud de puentes Vía Sur: 2.160 m

Pendiente longitudinal máxima: 0,13

Pendiente longitudinal mínima: -7%

### 2.- PUENTES

Puente #	Abscisa Inicia	Abscisa Termi	Longitud un puente	Ancho un puente	Area de un puente(m2)	Tramos m	Pilas (Mxam)	Pylon(H) & Cables(#)	Observaciones	Costo \$ / m2	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. compigi geom	Costo de un puente (\$)	Costo para dos puentes (\$)
1	1.080	1.880	800	9,3	5.980	12x50	30m(Dx1,2)	4x30	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	4.352.400	8.704.800
2	2.880	3.090	210	9,3	1.880	4x50	20m(Dx1,2)	4x50	Viaducto de 4 tramos	760	1,00	1,00	1.450.800	2.901.600
3	3.400	3.440	40	9,3	372	1x40	20m(Dx1,2)	1x40	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	280.180	560.320
4	3.490	3.530	40	9,3	372	1x40	20m(Dx1,2)	1x40	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	280.180	560.320
5	4.430	4.350	120	9,3	1.115	3x40	30m(Dx1,2)	3x40	Viaducto de 3 tramos	760	1,00	1,00	870.480	1.740.960
6	7.140	7.280	140	9,3	1.488	2x40	30m(Dx1,2)	2x40	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	1.180.840	2.321.680
7	8.620	8.980	360	9,3	3.336	3x40	30m(Dx1,2)	3x40	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	2.321.680	4.643.360
8	10.780	10.870	90	9,3	744	2x40	20m(Dx1,2)	2x40	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	870.480	1.740.960
9	11.200	11.440	240	9,3	2.232	3x40	30m(Dx1,2)	3x40	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	1.960.320	3.920.640
10	13.380	13.840	460	9,3	4.218	3x40	30m(Dx1,2)	3x40	Viaducto de 12 tramos	760	1,00	1,00	3.481.920	6.963.840
11	16.910	17.130	220	9,3	2.046	80-100-70	80		Puente especial	1.331	1,05	1,05	3.548.240	7.096.479
12	16.910	17.130	220	9,3	2.046	80-100-70	80		Puente especial	1.331	1,05	1,05	3.548.240	7.096.479
Total para un puente			2.160	9,3	20.098	70-100-70	80						2.770.041	5.538.082
Total para dos puentes			4.320	18,6	40.476								18.514.001	37.028.001

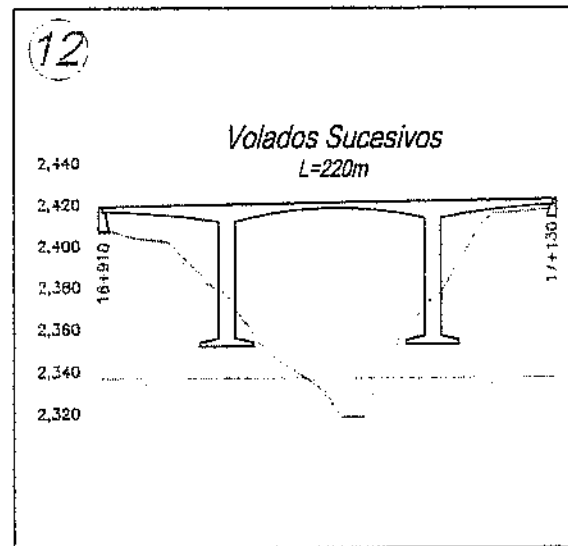
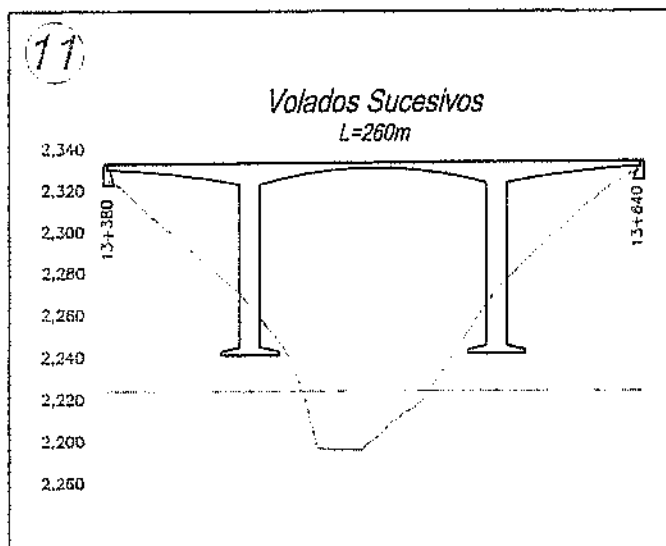
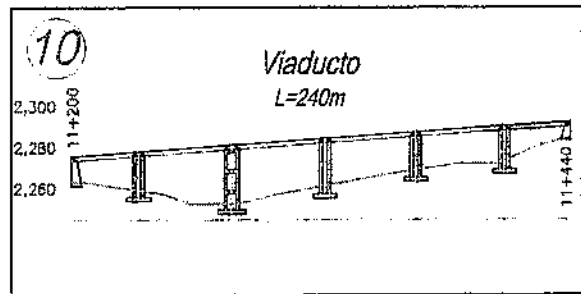
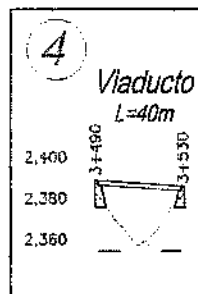
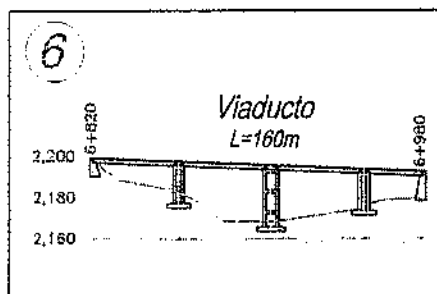
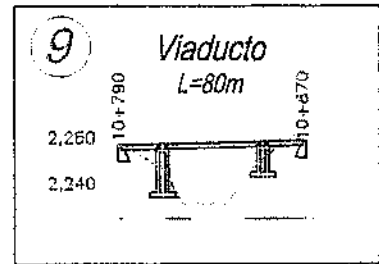
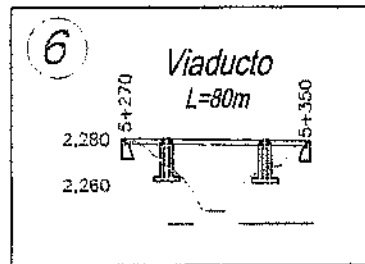
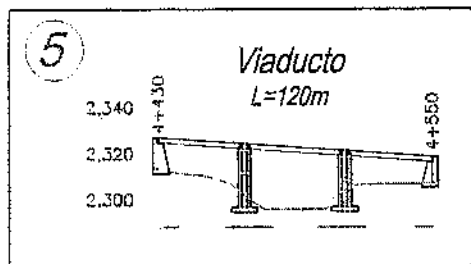
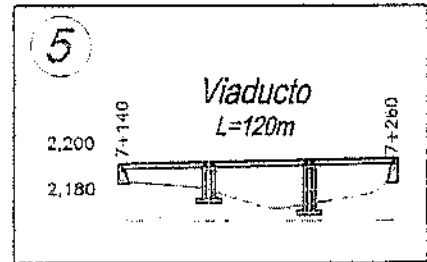
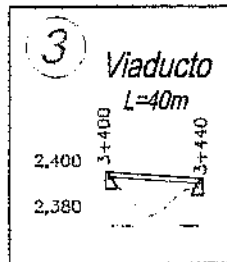
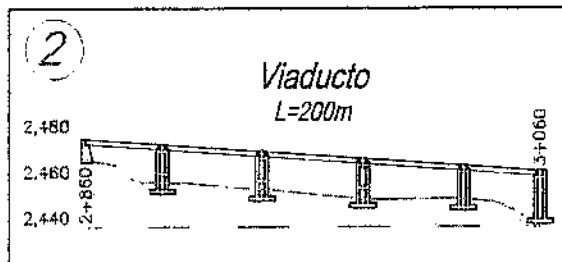
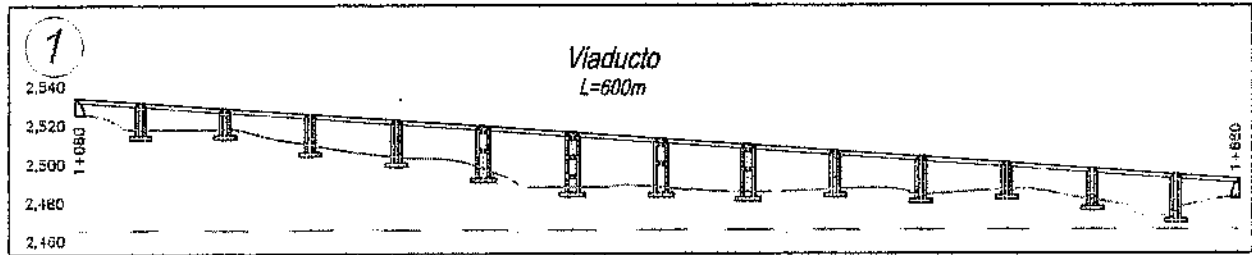
### 3.- RESUMEN DE TIPO DE PUENTES

Tipo de puente	#	Area (m2)	Costo Total (\$)	Ubicación	Costo/m2	Longitud
Puentes con vigas isotálicas:	10	31.248	24.373.440	Ave Simón Bolívar	780	3.380
Puentes especiales:	2	8.928	12.654.551	Cumbaya	1.417	980
Puentes muy especiales				Primavera		
Total	12	40.476	37.028.001	Ingreso Cunyacu	922	4.320
				Tumbaco	Promedio/m2	

### 4.- INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

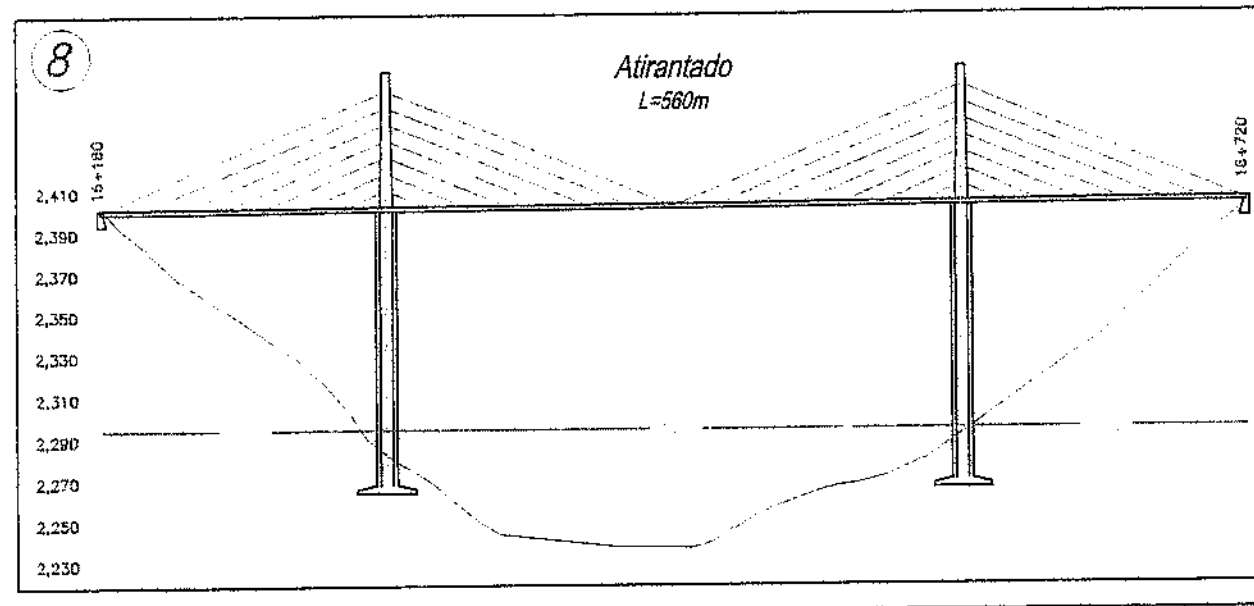
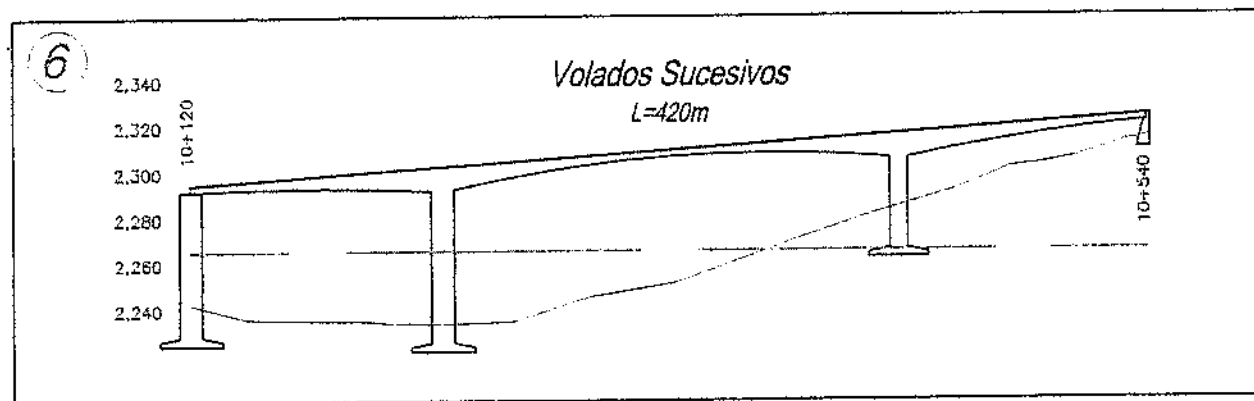
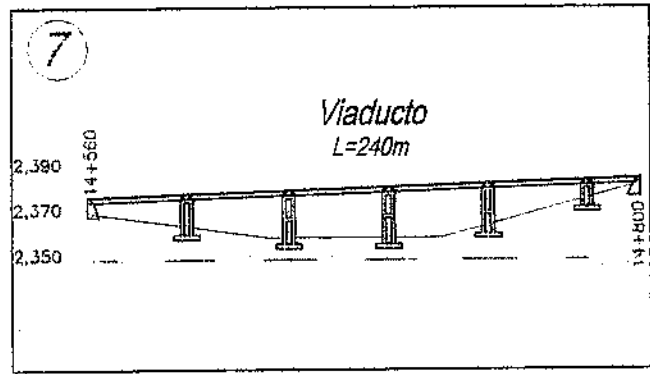
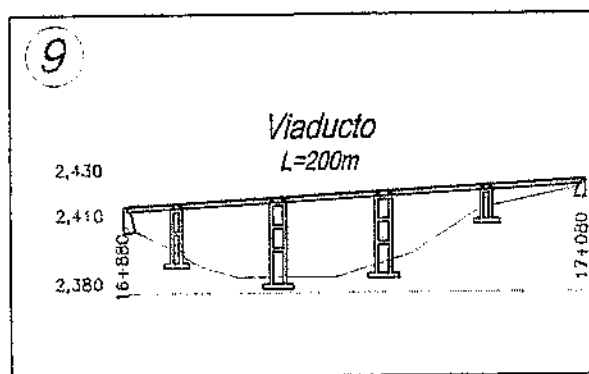
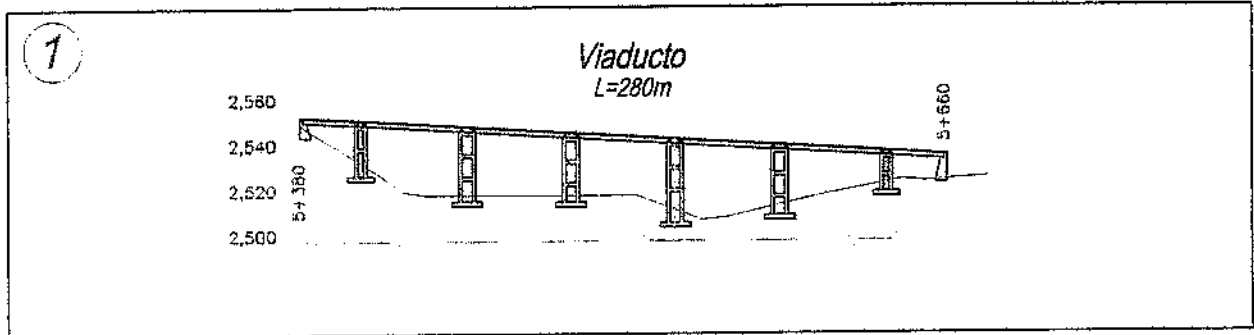
#	Abscisa Inicia	Abscisa Termi	Longitud un tablero	Ancho un tablero	Area de un tablero(m2)	Descripción	Ubicación	Costo/m2	Estribos (Hm)	Observaciones	Costo \$ / m2	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. compigi geom	Costo de un tablero	Costo de dos tableros idénticos
1	1.000	1.000	30	9,3	279	Intercambiador # 1. Vigas isotálicas	Ave Simón Bolívar	normal	5,4	Costo sin muro y rampas	760	1,00	1,00	217.620	435.240
2	4.811	4.811	30	9,3	279	Intercambiador # 2. Vigas isotálicas	Cumbaya	normal	5,4	Costo sin muro y rampas	760	1,00	1,00	217.620	435.240
3	5.945	5.945	20	9,3	186	Paso inferior # 1. Vigas isotálicas	Primavera	normal	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
4	7.381	7.381	20	9,3	186	Paso inferior # 2. Vigas isotálicas	Ingreso Cunyacu	esvaljado	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
5	8.159	8.159	20	9,3	186	Paso inferior # 3. Vigas isotálicas	Tumbaco	esvaljado	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
6	8.955	8.955	20	9,3	186	Intercambiador # 3. Vigas isotálicas	Tumbaco Plaza Prin.	normal	5,4	Costo sin muro y rampas	760	1,00	1,00	217.620	435.240
7	10.685	10.685	20	9,3	186	Paso inferior # 4. Vigas isotálicas	Absz 10985	normal	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
8	12.189	12.189	20	9,3	186	Paso inferior # 5. Vigas isotálicas	Arnal	esvaljado	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
9	13.150	13.150	20	9,3	186	Paso inferior # 6. Vigas isotálicas	Rio Chiche	normal	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
10	13.977	13.977	30	9,3	279	Intercambiador # 4. Vigas isotálicas	Intercasabanca	normal	5,4	Costo sin muro y rampas	760	1,00	1,00	217.620	435.240
11	15.708	15.708	20	9,3	186	Paso inferior # 7. Vigas isotálicas	Absz 15708	normal	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
12	16.501	16.501	20	9,3	186	Paso inferior # 8. Vigas isotálicas	Rio Guambi	normal	5,4	Costo sin muros de ala	760	1,00	1,00	145.080	290.160
13	17.339	17.339	30	9,3	279	Intercambiador # 5. Vigas isotálicas	Via Quínche	normal	5,4	Costo sin muro y rampas	760	1,00	1,00	217.620	435.240
Total un tablero			310	9,3	2.883									2.246.740	4.493.480
Total dos tableros idénticos			620	18,6	5.766									4.493.480	8.986.960

# Puentes de Alternativa Sur

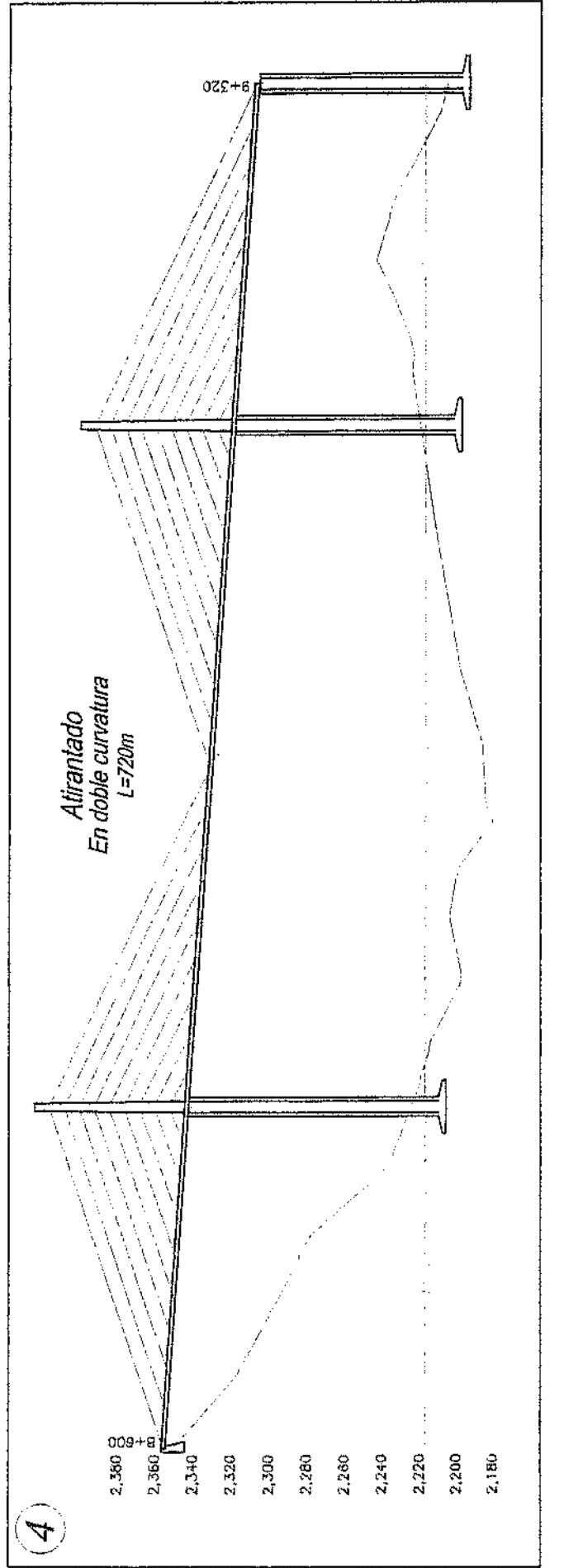
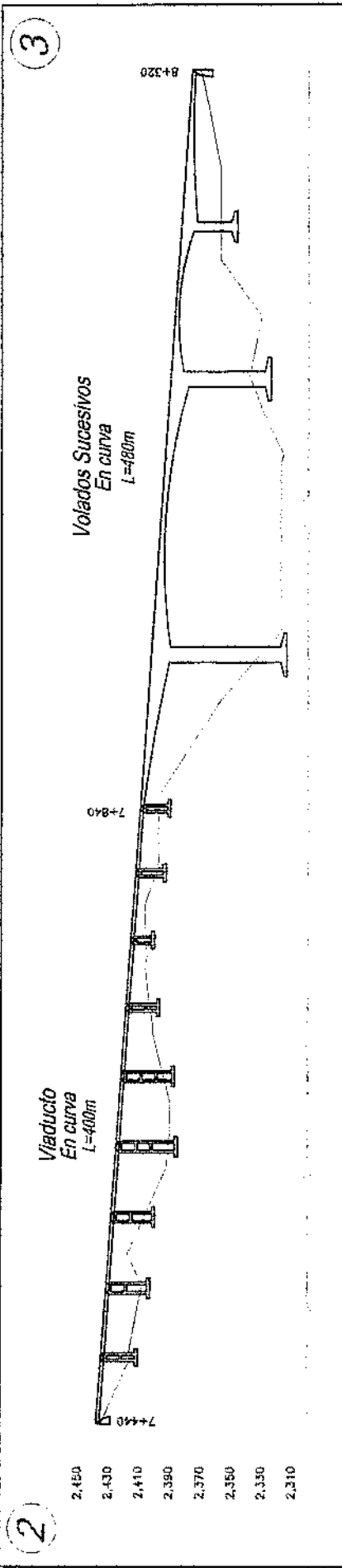




# Puentes de Alternativa Norte

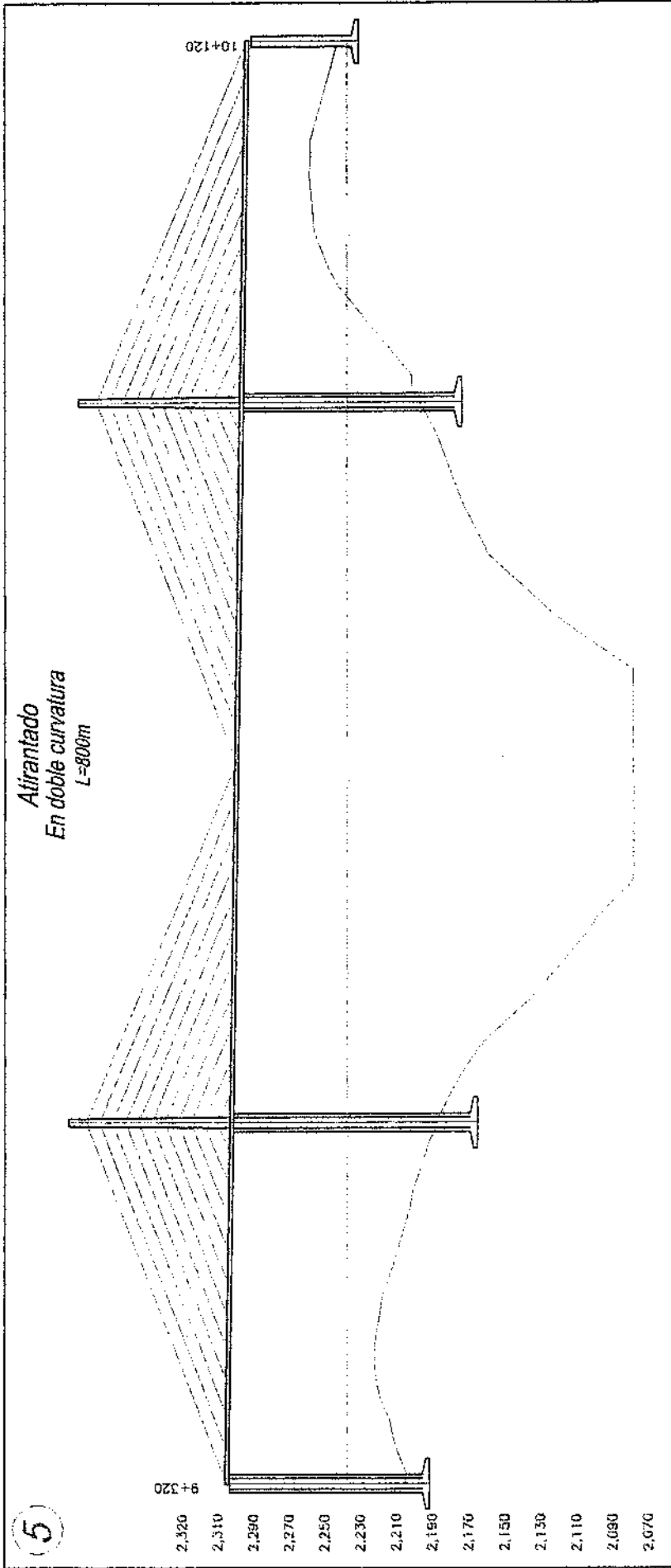


# Puentes de Alternativa Norte





# Puentes de Alternativa Norte



# ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO

PUNTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES  
UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COSTOS ESTIMADOS

ALTERNATIVA 4 OYACOTO 1. DESCENSO A GUAYLLABAMBA ORIGEN: COTA 2160M		RESUMEN ALTERNATIVA 4	
Long vía	5,304 m	Long vía	5,304 m
Long estruct	1,716 m	Long estruct	1,716 m
Costo estruct	46.913.533 dólares	Costo estruct	46.913.533 dólares
Area estruct	31.898 m2	Area estruct	31.898 m2

## 1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA

El ancho de cada puente es: 1m + 3.85m + 3.85m + 1m = 9.30m, dos carriles )  
Dos puentes idénticos de 9.30m de sección transversal cada uno.  
Los tableros de los viaductos se apoyan sobre pilas apuntadas tipo castillo, de 10x10m de superficie.  
Los tramos de los viaductos son de 50m de longitud entre ejes: 5m (1/2pila) + 40m(longitud de viga) + 5m (1/2 pila)  
Los intercambiadores y los pasos inferiores se desarrollan en dos tableros de 9.30m de ancho, paralelos e independientes.  
En los intercambiadores todas las rampas se desarrollan en rellenos.  
Longitud de la vía: 5,304 m  
Origen Panamericana Norte, cota: 2160 m  
Termina: vía de acceso al aeropuerto, cota: 2389 m  
Cota más baja, absc: 1000  
Diferencia máxima de cotas: -209 m  
Longitud de puentes: 1,650 m  
Long puentes / long vía: 0,31  
Pendiente longitudinal máxima: 6,5%  
Observación: Desde la abscisa 2300m hasta la abscisa 3500m la vía se desarrolla en ladera con pendientes transversales muy altas, cercanas al 40%. En el sector de los puentes, ubicados en este tramo, las pendientes transversales de la ladera son de aproximadamente de: 33%, 35%, 39%, 25% y 32%.

## 2.- PUNTES

Puente #	Abscisa Inicia	Abscisa Termi	Longitud un puente	Ancho un puente	Area de un puente(m2)	Tipo de Puente	Tramos m	Pilas Hmax(m) 110, Tipo H	Pylon(H) & Cables(φ) 75mm/14 cabl	Observaciones	Costo \$ /m2	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. compulsi geom	Costo de un puente (\$)	Costo para dos puentes (\$)
1	1.950	1.650	600	9.3	5.940	Puente Atranzado en volados sucesivos	150, 200, 100	110, Tipo H	75mm/14 cabl	Puente muy especial	2.650	1,00	1,00	16.173.477	32.346.953
2	2.320	2.520	200	9.3	1.890	Vigas Isostáticas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	4x70	20		Viaducto, 4 tramos	700	1,00	1,00	1.450.800	2.901.600
3	3.980	3.230	150	9.3	1.395	Vigas Isostáticas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	3x50	50		Viaducto, 3 tramos	700	1,10	1,00	1.198.910	2.393.820
4	3.900	3.500	200	9.3	1.890	Vigas Isostáticas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	3x50	40		Viaducto, 4 tramos	700	1,05	1,00	1.523.340	3.046.680
5	3.700	3.900	200	9.3	1.890	Vigas Isostáticas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	4x50	30		Viaducto, 4 tramos	700	1,00	1,00	1.450.800	2.901.600
6	4.700	4.800	200	9.3	1.890	Vigas Isostáticas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	4x50	20		Viaducto, 4 tramos	700	1,00	1,00	1.450.800	2.901.600
7	5.480	5.580	100	9.3	930	Vigas Isostáticas L=40m, pilas 10x12m, estribos 5x12m	2x50	20		Viaducto, 2 tramos	700	1,00	1,00	725.400	1.450.800
Total para un puente			1.650	9.3	15.345									23.971.527	47.943.053
Total para dos puentes			3.300	18.6	30.690										47.943.053

## 3.- RESUMEN DE TIPO DE PUNTES

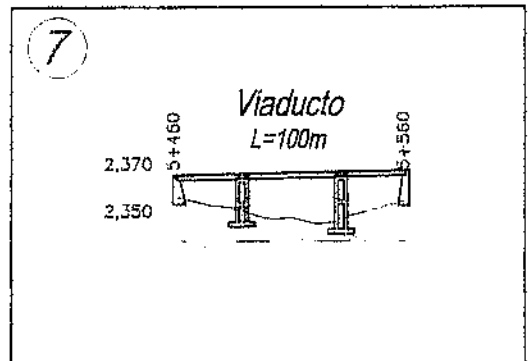
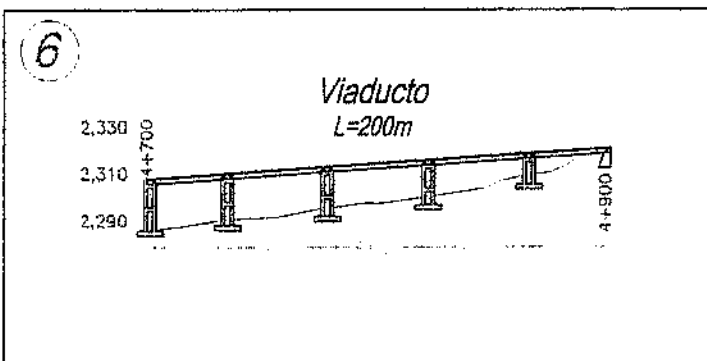
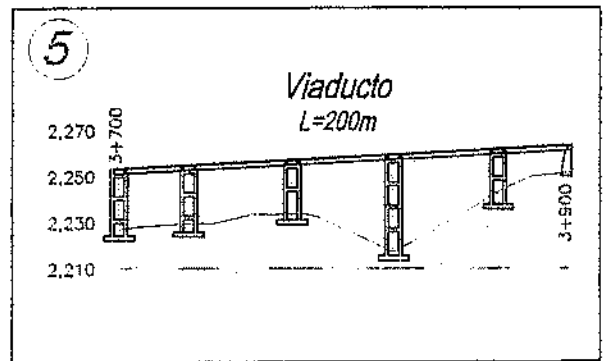
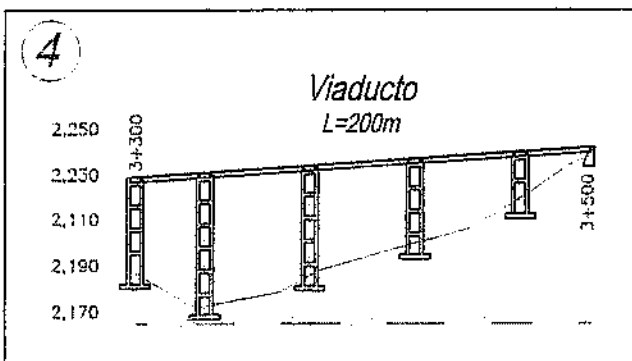
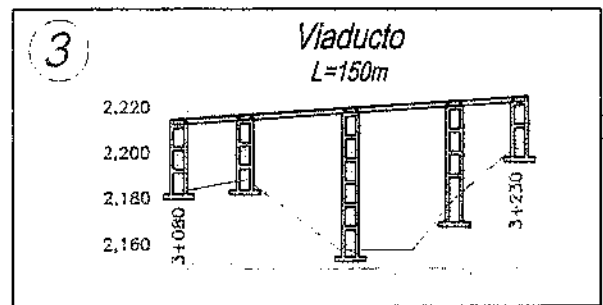
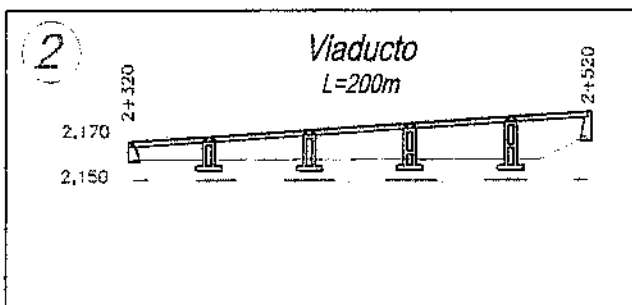
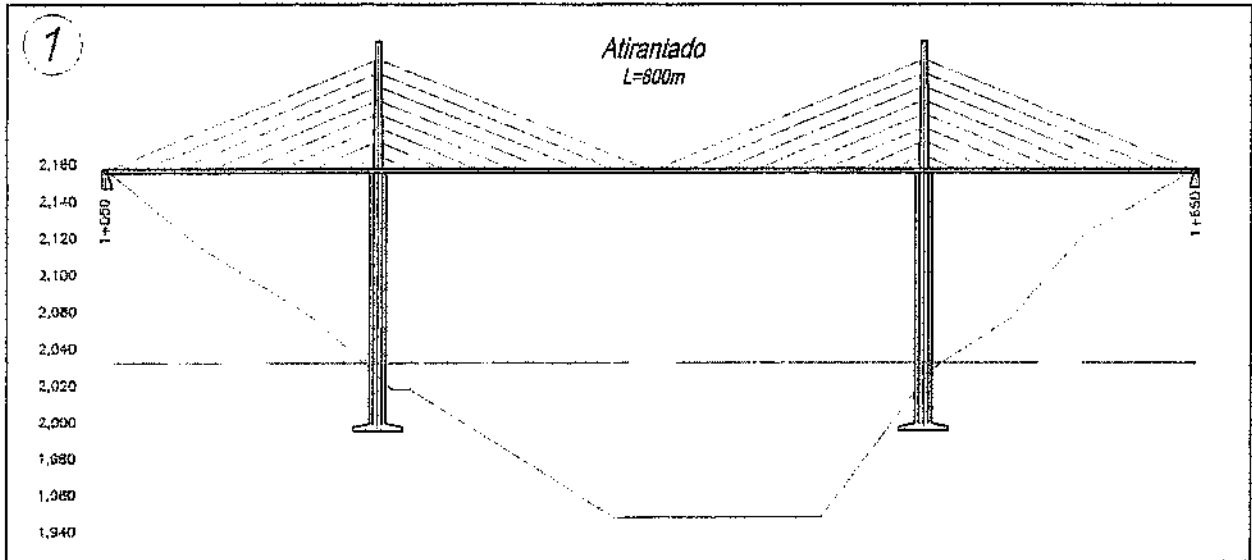
Tipo de puente	#	Area (m2)	Costo Total (\$)	Ubicación	Estribos (Hm)	Longitud
Puentes con vigas isostáticas:	5	19.530	15.596.100		799	2.100
Puentes especiales						
Puentes muy especiales	1	11.160	32.346.953		2.898	1.200
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>30.690</b>	<b>47.943.053</b>		<b>1.582</b>	<b>3.300</b>

## 4.- INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

#	Abscisa Inicia	Abscisa Termi	Longitud un tablero	Ancho un tablero	Area de un tablero(m2)	Descripción	Ubicación	Estribos (Hm)	Observaciones	Costo \$ /m2	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. compulsi geom	Costo de un tablero	Costo de dos tableros idénticos
1	1.900	Interambi	30	9.3	279	Intercambiador # 1. Vigas Isostáticas	Inicio	6.4	Costo sin muro y rampas	700	1,00	1,00	217.620	435.240
2	7.410	Interambi	30	9.3	279	Intercambiador # 2. Vigas Isostáticas	Finalización	6.4	Costo sin muro y rampas	700	1,00	1,00	217.620	435.240
Total un tablero			60	9.30	558								435.240	870.480
Total dos tableros idénticos			120	18.60	1.116								870.480	1.740.960

NOTA: NO SE INCLUYE EL COSTO DE TÚNELES Y/O MUROS DE CONTENCIÓN QUE SON NECESARIOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES AL ACCEDER A LA PLATAFORMA DEL AEROPUERTO

# Puentes de Alternativa Oyacoto 1



# ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO

PUENTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES  
UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COSTOS ESTIMADOS

ALTERNATIVA 5 OYACOTO 2 ESTACIÓN DE PEAJE ORIGEN: COTA 2432M		RESUMEN ALTERNATIVA 5	
Long via	8.575 m		
Long estruct	1.910 m		
Costo estruct	79.023.057 dólares		
Área estruct	18.786 m <sup>2</sup>		

## 1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA

El ancho de cada puente es: 1m + 3.85m + 3.85m + 1m = 9.30m ( dos carriles )  
 Dos puentes idénticos de 9.30m de sección transversal cada uno.  
 Los tableros de los viaductos se apoyan sobre pilas apuntadas tipo castillo, de 10x10m de superficie.  
 Los tramos de los viaductos son de 50m de longitud entre ejes: 5m(1/2pila) + 40m(longitud de viga) + 5m( 1/2 pila)  
 Los intercambiadores y los pasos inferiores se desarrollan en dos tableros de 9.30m de ancho, paralelos e independientes.  
 En los intercambiadores todas las rampas se desarrollan en rellenos.  
 Longitud de la vía:  
 Origen Panamericana Norte (Oyacoto), cota: 2432 m  
 Termino: vía de acceso al aeropuerto, cota: 2400 m  
 Cota más baja, absc: 2600  
 Diferencia máxima de cotas: -80 m  
 Longitud de puentes: 950 m  
 Long puentes / long vía: 0.11  
 Pendiente longitudinal máxima: 7.0%

## 2.- PUENTES

Puente #	Abscisa Inicia.	Abscisa Term.	Longitud un puente	Ancho un puente	Área de un puente(m <sup>2</sup> )	Tipo de Puente	Tramos m	Pilas Hmax(m)	Pylon(H) & Cables(#)	Observaciones	Costo \$ / m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. complje geom	Costo de un puente (\$)	Costo para dos puentes (\$)
1	4.050	5.000	950	9.3	8.835	Puente Colgante, 3 tramos	145, 895, 145	200, 220	2 cables	Puente colgante	3.872	1.10	1.25	39.511.534	79.023.057
Total para dos puentes											1,900	18.6	17.670		79.023.057

## 3.- RESUMEN DE TIPO DE PUENTES

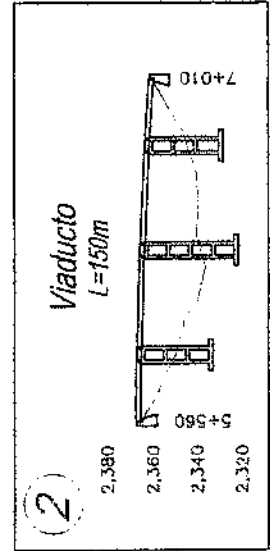
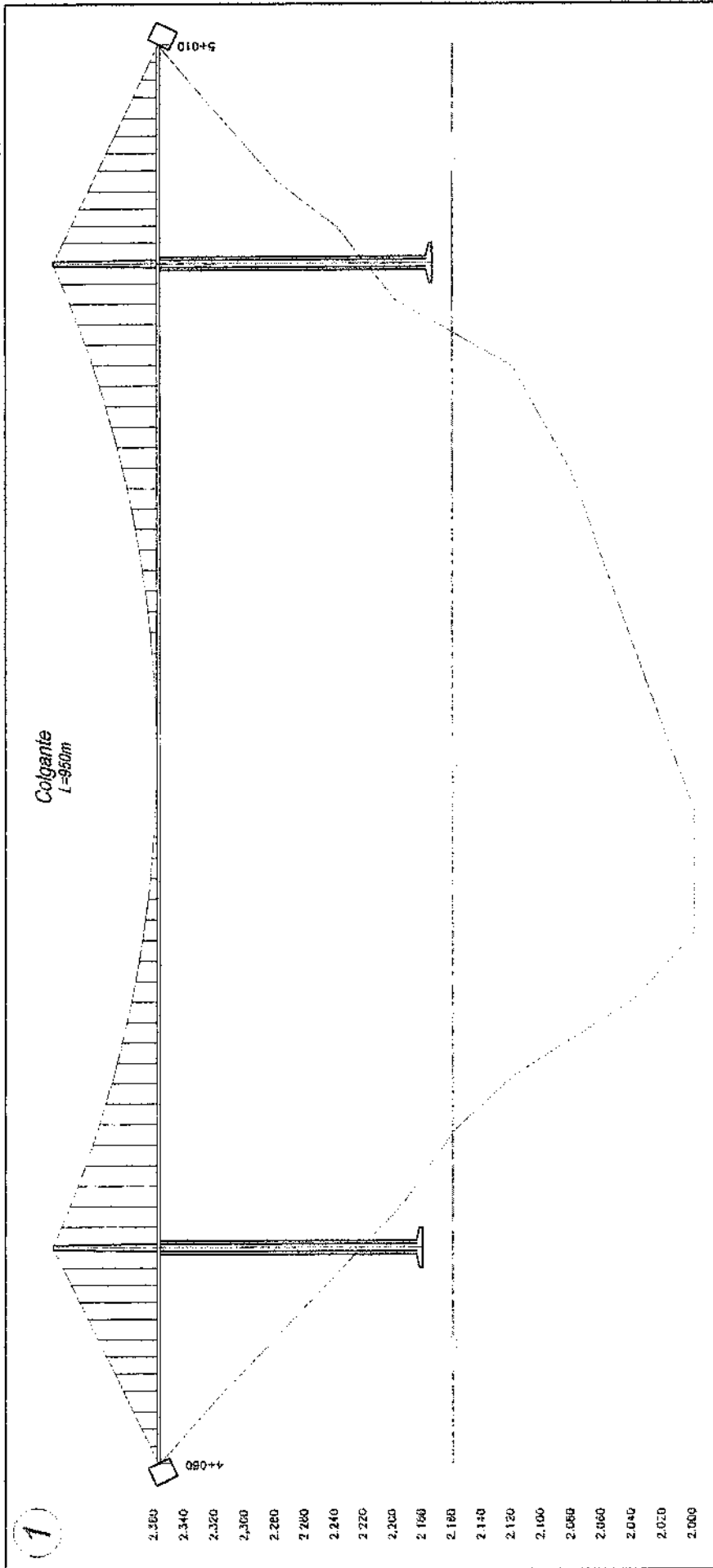
Tipo de puente	#	Área (m <sup>2</sup> )	Costo Total (\$)	Costo/m <sup>2</sup>	Longitud
Puentes con vigas isostáticas:		0.00			
Puentes especiales		0.00			
Puentes colgante	1	17.670	79.023.057	4.472	1.900
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>17.670</b>	<b>79.023.057</b>	<b>4.472</b>	<b>1.900</b>

## 4.- INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

#	Abscisa Inicia.	Abscisa un tablero	Longitud un tablero	Ancho un tablero	Área de un tablero(m <sup>2</sup> )	Descripción	Ubicación	Estribos (Hm)	Observaciones	Costo \$ / m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. complje geom	Costo de un tablero	Costo de dos tableros idénticos
1	1.000	30	30	9.3	279	Intercambiador # 1. Vigas isostáticas	Inicio	5.4	Costo sin muro y rampas	700	1.00	1.00	217.920	435.240
2	9.575	30	30	9.3	279	Intercambiador # 2. Vigas isostáticas	Finalización	5.4	Costo sin muro y rampas	780	1.00	1.00	217.920	435.240
Total un tablero											60	9.30	558	435.240
Total dos tableros idénticos											120	18.60	1.116	870.480

NOTA: NO SE INCLUYE EL COSTO DE MUROS DE CONTENCIÓN QUE SON NECESARIOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

# Puentes de Alternativa Oyacoto 2



# ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SELECCIÓN DE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO

PUENTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES  
 UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COSTOS ESTIMADOS  
 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO DE ESTRUCTURAS:  
 PUENTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA 1.- VÍA ZÁMBIZA, Origen: abscisa 4039m, intersección con la prolongación de la Ave. Simón Bolívar  
 ALTERNATIVA 2.- VÍA SUR, Origen: Ave Simón Bolívar  
 ALTERNATIVA 3.- VÍA NORTE, Origen: Llano Chico  
 ALTERNATIVA 4.- OYACOTO 1. Origen: Panamericana Norte, descenso a Guayllabamba, cota 2160m  
 ALTERNATIVA 5.- OYACOTO 2. Origen: Panamericana Norte, estación de peaje en Oyacoto, cota 2432m

### A.- RESUMEN DE ALTERNATIVAS:

	Área total de estructuras (m2)	Costo total de estructuras: puentes, intercambiadores y pasos (USD)	Costo Promedio (USD / m2)	Longitud de la vía (km)	Longitud de estructuras (km)	Relación longitud estruct / vías
1.- Alternativa Vía Zámbriza	45.198	97.026.379	2.147	12.390	2.430	0,20
2.- Alternativa Vía Sur	45.942	41.525.481	904	16.340	2.470	0,15
3.- Alternativa Vía Norte	78.864	181.207.576	2.298	16.302	4.240	0,26
4.- Alternativa Oyacoto 1. Cota 2160	31.806	48.813.533	1.535	5.304	1.710	0,32
5.- Alternativa Oyacoto 2. Cota 2432	18.766	79.893.547	4.253	6.575	1.010	0,12

ESTRUCTURAS	Calificación por costo total
Cuarto lugar	
Primer lugar	
Quinto lugar	
Segundo lugar*	
Tercer lugar	

\* No se incluye costo de túneles

### B.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS: RELACIÓN Y DIFERENCIA

	Área total de estructuras (m2)	Costo total de estructuras: puentes, intercambiadores y pasos inferiores (USD)	Costo Promedio (USD / m2)	Longitud de la vía (km)	Longitud de estructuras (km)	Relación longitud estruct / vías
a.- Relación: Zámbriza / Sur	0,98	2,34	2,38	0,76	0,98	1,30
Diferencia (USD): Zámbriza - Sur	(744)	55.500.898	1.243	(3.950)	(40)	
b.- Relación: Norte / Sur	1,7	4,4	2,5	1,0	1,7	1,7
Diferencia (USD): Norte - Sur	32.922	139.682.095	1.394	(38)	1.770	
c.- Relación: Oyacoto 2 / Sur	0,69	1,18	1,70	0,32	0,69	2,13
Diferencia (USD): Oyacoto 1 - Sur	(14.136)	7.288.052	631	(11.036)	(760)	
d.- Relación: Oyacoto 2 / Sur	0,41	1,92	4,71	0,52	0,41	0,78
Diferencia (USD): Oyacoto 2 - Sur	(27.156)	38.368.066	3.349	(7.765)	(1.460)	
e.- Relación: Oyacoto 2 / Oyacoto 1	0,59	1,64	2,77	1,62	0,59	0,37
Diferencia (USD): Oyacoto 2 - Oyacoto 1	(13.020)	31.080.014	2.718	3.271	(700)	

**6. OBSERVACIONES PRESENTADAS POR INSTITUCIONES, AGRUPACIONES GREMIALES, PROFESIONALES Y PERSONAS INTERESADAS, AL TENIDO DEL INFORME FINAL SOBRE LA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO, ELABORADO POR LPA**

**6.1 INSTITUCIONES, AGRUPACIONES GREMIALES, PROFESIONALES Y PERSONAS INTERESADAS QUE HAN PRESENTADO OBSERVACIONES AL INFORME DE LPA**

1. Colegio de Arquitectos
2. Cámara de la Construcción de Quito, ACCE y CICP
3. Frente de Defensa del Valle de Tumbaco:
  - Ing. Plutarco Naranjo
  - Ing. Jorge Jurado
  - Ing. Diego Vela
  - Arq. Hannes Poehllmann
  - API, Asociación de Profesionales Independientes
4. Cámara de Comercio
5. Ministerio de Obras Públicas
6. Facultad de Ingeniería, Universidad Central del Ecuador
7. Junta Parroquial de Cumbayá
8. Master Planning
9. Arias & Villagómez Consultores
10. Arq. Guillermo Pérez D., Arquitecto Consultor
11. Richard Hidalgo, Consultor

**6.2 OBSERVACIONES SOBRE LOS ASPECTOS ESTRUCTURALES DEL INFORME**

Las únicas observaciones documentadas sobre aspectos estructurales, que han sido presentadas a la CORPAQ, por instituciones, agrupaciones gremiales, profesionales y personas interesadas en el proyecto son las contenidas en los documentos presentados por Arias&Villagómez Consultores, sobre la Alternativa Vía Zámbriza y por la EMOP-Q, sobre la Vía de Oyacoto 2.

Este último documento es también mencionado por varias personas e instituciones en las observaciones hechas al informe de LPA y presentadas a la CORPAQ.

Estos dos planteamientos nuevos han sido analizados en los documentos anexos, bajo los mismos parámetros en que han sido evaluadas las alternativas presentadas por LPA.

**6.3 RESUMEN DE LAS OBSERVACIONES PRESENTADAS**

Ver detalles en cuadros anexos

**6.3.1 Alternativa Vía Zámbriza**

**6.3.1.1 Observaciones presentadas por Arias&Villagómez Consultores**

- Longitud de la vía: 13.440 m
- Longitud de estructuras puentes, túneles e intercambiadores: 1.820 m
- Área de estructuras: 23.062 m<sup>2</sup>
- Longitud de estructuras / longitud de la vía: 0.13
- Número total de puentes: 3

- Número de **puentes isostáticos**: 1. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes y viaductos convencionales de tableros simplemente apoyados sobre pilas de gran altura; luz libre máxima entre pilas 50 m; altura máxima de pilas 50 m
- Número de puentes especiales, **puentes atirantados**: 2. *Nivel de complejidad constructiva*: la de puentes con sistemas constructivos muy especiales para construcciones en volados sucesivos atirantados; puente con longitud total máxima 490 m; luz libre máxima 320 m; altura total máxima de pilas 140 m; pylons de 60 m de altura con 12 cables simétricos.
- Número de **túneles**: 2. *Nivel de complejidad constructiva*: la de túneles que deben construirse en zonas donde las condiciones geológicas no son las mejores. Los túneles tienen longitudes de 400 y 250 m y 10.3 m de ancho; se está utilizando túneles en lugar de realizar excavaciones de enorme magnitud con cortes de hasta 80 m.
- Número de intercambiadores y pasos inferiores: 2
- Costo total de estructuras: 71.498.486 USD
- Observaciones: el costo de las estructuras es extraordinariamente alto debido a lo accidentado que es el terreno por el cual atraviesa la vía.

### **6.3.2 Alternativa Oyacoto**

#### **6.3.2.1 Observaciones presentadas por la EMOP-Q**

- Longitud de la vía: 9.224 m
- Longitud de estructuras puentes, intercambiadores y pasos inferiores: 1.210 m
- Área de estructuras: 22.506 m<sup>2</sup>
- Longitud de estructuras / longitud de la vía: 0.12
- Número total de puentes: 1
  - Número de puentes especiales, **puentes colgantes**: 1: *Nivel de complejidad constructiva*: extraordinariamente alta que corresponde al de puentes colgantes de grandes luces con sistemas constructivos muy especiales por la altura y ubicación (en laderas muy inclinadas e inestables) de las torres principales del puente; longitud total máxima 1150 m; luz libre máxima 720 m; altura total máxima de torres 220 m; altura del tablero al extremo superior de la torre 70 m; laderas muy inclinadas con problemas de estabilidad geológica, presencia de una falla geológica en el área de implantación del puente que incrementando en esta forma su nivel de complejidad constructiva y costos.
- Número de intercambiadores y pasos inferiores: 2
- Costo total de estructuras: 83.659.080 USD
- Costo promedio de estructuras por m<sup>2</sup>: 3.872 USD/m<sup>2</sup>
- Observaciones: El puente colgante de 1.150 m de luz con torres de apoyo de 220 m de altura, implantadas en laderas, cuyos problemas de estabilidad geológica, cerca de una falla geológica y ubicado en una zona de alta sismicidad, constituye un desafío técnico y económico de grandes dimensiones, que consideramos no se justifican enfrentarlos en un proyecto de la naturaleza que nos compete.



# OBSERVACIONES REALIZADAS POR ARIAS-VILLAGÓMEZ CIA LDA. VÍA ZÁMBIZA VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO

UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COSTOS ESTIMADOS

RESUMEN ALTERNATIVA 1	
Long via	13.440 m
Long estruct	1.820 m
Costo estruct	76.776.115 dólares
Area estruct	23.062 m <sup>2</sup>

## 1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA.

El ancho de cada puente es: 1m + 3,65m + 3,65m + 1m = 9,30m (dos carriles)

Dos puentes idénticos de 9,30m de sección transversal cada uno.

Los tableros de los viaductos se apoyan sobre pilas apuntadas tipo castillo, de 10x10m de superficie.

Los tramos de los viaductos son de 50m de longitud entre ejes: 5m(1/2pila) + 40m(longitud de viga) + 5m(1/2 pila)

Los intercambiadores y los pasos inferiores se desarrollan en dos tableros de 9,30m de ancho, paralelos e independientes.

En los intercambiadores todas las rampas se desarrollan en rellenos.

Los túneles son de 9,30m de ancho cada uno

Longitud de la vía: 13,440 m

Origen: abscisa 4033m, cota: 2575 m

Termina: vía de acceso aeropuerto, cota: 2430 m

Cota más baja, absc 8700: 2225 m

Diferencia máxima de cotas: 351 m

Diferencia máxima de cotas: 351 m

Longitud de puentes: 1.760 m

Long puentes / long vía 0,13 m

Pendiente longitudinal máxima -7,15%

Gualo, intersección con la prolongación de la Ave S. Bolívar

## 2.- PUENTES

Puente	#	Abscisa Inicia	Abscisa Term.	Longitud un puente	Ancho un puente	Area de un puente(m <sup>2</sup> )	Tipo de Puente	Tramos m	Pilas hmax(m)	Pylon(H) & Cables(¢)	Observaciones	Costo \$ / m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. complej geom.	Costo de un puente (\$)	Costo para dos puentes (\$)
Túnel	1	3.500	3.900	400	1	400	Túnel, longitud 400m, ancho 10,3m				2 túneles	14.000	1,00	1,00	5.600.000	11.200.000
Túnel	2	4.350	4.600	250	1	250	Túnel, longitud 250m, ancho 10,3m				2 túneles	14.000	1,00	1,00	3.500.000	7.000.000
Puente	3	6.300	6.720	420	9,3	3.996	Puente Alfrantado en volados sucesivos	105-210-105	140y140; Tipo H	60m;12 cables	Puente muy especial	2.420	1,10	1,05	10.917.661	21.835.321
Viaducto	4	6.800	7.000	200	9,3	1.860	Vigas beamáticas L=40m, pilas 10x12m, estibos 5x12m	4-50	25m(10x12)	Viaducto de 4 tramos		780	1,00	1,00	5.188.886	10.377.772
Puente	5	12.300	12.790	490	9,3	4.557	Puente Alfrantado en volados sucesivos	120-230-120	125y125; Tipo H	Puente muy especial		2.420	1,10	1,05	12.737.271	25.474.541
<b>Total un puente</b>				<b>1.760</b>	<b>9,3</b>	<b>10.973</b>									<b>37.963.617</b>	<b>75.907.635</b>
<b>Total dos puentes idénticos</b>				<b>3.520</b>	<b>18,6</b>	<b>21.946</b>										<b>75.907.635</b>

## 3.- RESUMEN DE TIPO DE PUENTES

Tipo de puente	#	Area (m <sup>2</sup> )	Costo Total (\$)	Costo/m <sup>2</sup>	Longitud
Puentes con Vigas beamáticas:	1	1.860	10.397.772	5.590	200
Túnel, longitud	2	650	18.200.000	28.000	70
Puentes alfrantados	2	8.463	47.308.863	5.590	910
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>10.973</b>	<b>75.907.635</b>	<b>6.918</b>	<b>1.160</b>
				<b>Promedio/m<sup>2</sup></b>	

## 4.- INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES

#	Abscisa	Tipo	Ancho un tablero	Longitud un tablero	Area de un tablero(m <sup>2</sup> )	Descripción	Ubicación	Estibos H(m)	Observaciones	Costo \$ / m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. complej geom.	Costo de un tablero	Costo de dos tableros idénticos
1	-	Intercambi	30	279	279	Intercambiador # 3, Vigas beamáticas, Tablero normal	Abasc 13500	6,4	Costo sin muro y rampas	780	1,00	1,00	217.620	435.240
2	13.440	Intercambi	30	279	279	Intercambiador # 4, Vigas beamáticas, Tablero normal	Ingreso aeropuerto	6,4	Costo sin muro y rampas	780	1,00	1,00	217.620	435.240
<b>Total un tablero</b>			<b>60</b>	<b>558</b>	<b>558</b>								<b>436.240</b>	<b>870.480</b>
<b>Total dos tableros idénticos</b>			<b>120</b>	<b>1116</b>	<b>1.116</b>								<b>436.240</b>	<b>870.480</b>

**OBSERVACIONES REALIZADAS POR EMOP-Q. VÍA OYACOTO DESDE EL PEAJE  
VÍA DE ACCESO AL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO**

**PUNTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES  
UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COSTOS ESTIMADOS**

RESUMEN ALTERNATIVA \$	
Long vía	9.224 m
Long estruct	1.210 m
Costo estruct	95.659.502 dólares
Area estruct	22.806 m <sup>2</sup>

**ALTERNATIVA EMOP-Q  
OYACOTO  
ESTACIÓN DE PEAJE  
ORIGEN: COTA 2432M**

**1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA VÍA.**

El ancho de cada puente es: 1m + 3,65m + 3,65m + 1m = 9,30m ( dos carriles )

Dos puentes idénticos de 9,30m de sección transversal cada uno.

Los tableros de los viaductos se apoyan sobre pilas apuntadas tipo casillo, de 10x10m de superficie.

Los tramos de los viaductos son de 50m de longitud entre ejes: 5m(12pila) + 40m(longitud de viga) + 5m(12 pila)

Los intercambiadores y los pasos inferiores se desarrollan en dos tableros de 9,30m de ancho, paralelos e independientes.

En los intercambiadores todas las rampas se desarrollan en rellenos.

Longitud de la vía: 9.224 m

Origen: Panamericana Norte (Oyacoto), cota: 2432 m

Terminis: Vía de acceso al aeropuerto, cota: 2400 m

Cota más baja, absc: 2307 m

Diferencia máxima de cotas: -63 m

Longitud de puentes: 1.150 m

Long puentes / long vía 0,12

Pendiente longitudinal máxima 4,5%

**2.- PUNTES**

Puente #	Abscisa Inicia.	Abscisa Termi.	Longitud un puente	Ancho un puente	Area de un puente(m <sup>2</sup> )	Tipo de Puente	Tramos m	Torres Hmax(m)	Pylon(H) & Cables(#)	Observaciones	Costo \$ / m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. complej geom	Costo de un puente (\$)	Costo para dos puentes (\$)
1	3.650	4.800	1.150	9,3	10.695	Puente Colgante, 3 tramos	215, 720, 215	220, 220	2 cables	Puente colgante	3.672	1,10	1,05	47.829.751	95.659.502
<b>Total para un puente</b>			1.150	9,3	10.695									47.829.751	95.659.502
<b>Total para dos puentes</b>			2.300	18,6	21.390									95.659.502	191.319.004

**3.- RESUMEN DE TIPO DE PUNTES**

Tipo de puente	#	Area (m <sup>2</sup> )	Costo Total (\$)	Ubicación	Estibos H(m)	Observaciones	Costo \$ / m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. complej geom	Costo de un tablero	Costo de dos tableros idénticos
Puentes con vigas isotácticas:											
Puentes espaciales											
Puentes colgante	1	21.390	95.659.502	Inicio	6,4	Costo sin muro y rampas	780	1,00	1,00	217.620	435.240
<b>Total</b>	1	21.390	95.659.502	Finalización	6,4	Costo sin muro y rampas	780	1,00	1,00	217.620	435.240
							<b>Promedio/m<sup>2</sup></b>			<b>438.240</b>	<b>876.480</b>

**4.- INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES**

#	Abscisa	Tipo	Longitud un tablero	Ancho un tablero	Area de un tablero(m <sup>2</sup> )	Descripción	Ubicación	Estibos H(m)	Observaciones	Costo \$ / m <sup>2</sup>	Fact. increm. altura de pilas	Fact. increm. complej geom	Costo de un tablero	Costo de dos tableros idénticos
1		Intercambi	30	9,3	279	Intercambiador # 1. Vigas isotácticas	Inicio	6,4	Costo sin muro y rampas	780	1,00	1,00	217.620	435.240
2		Intercambi	30	9,3	279	Intercambiador # 2. Vigas isotácticas	Finalización	6,4	Costo sin muro y rampas	780	1,00	1,00	217.620	435.240
<b>Total un tablero</b>			60	9,30	558								438.240	876.480
<b>Total dos tableros idénticos</b>			120	18,60	1.116								876.480	1.752.960

## **7. METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS PUENTES, INTERCAMBIADORES Y PASOS INFERIORES**

### **7.1 INFORMACIÓN BÁSICA**

El análisis y diseño de las estructuras para puentes debe tomar en consideración, entre otra, la siguiente información básica:

- Geometría del trazado de la vía, en planimetría y en altimetría, en el lugar donde se va a implantar el puente;
- Longitud, profundidad y geometría de los cauces de los ríos, quebradas o depresiones topográfica que atraviesa el puente;
- Condiciones sismológicas del área del proyecto, sismo de diseño y sismo de verificación. El proyecto se halla en una zona de alta sismicidad, similar a la de California en los Estados Unidos. En términos de los estándares de la AASHTO pertenece a la categoría D o sea la de más alto nivel;
- Características hidrológicas de los ríos que atraviesan los puentes, niveles de crecidas máximas y mínimas, erosión y socavación en pilas y estribos;
- Características geológicas del área donde están ubicados los puentes, fallas geológicas, zonas de deslizamientos, estratigrafías, buzamientos, etc;
- Características geotécnicas de los lugares de implantación de las pilas y los estribos;
- Condiciones de estabilidad de los taludes que conforman los cauces en los cuales están localizados los puentes;
- Aspectos relacionados con las tecnologías y sistemas constructivos y con los materiales estructurales que son más conveniente utilizar en la construcción de los diferentes puentes de acuerdo a las particulares y especiales condiciones que tiene el proyecto Autopista al Nuevo Aeropuerto de Quito.

### **7.2 NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

De manera general, el diseño de los puentes debe realizarse de acuerdo a las normas vigentes que se encuentran establecidas en documentos como:

- Standard Specifications for Highway Bridges de la American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, y
- Normas para el Diseño y Construcción de Puentes del MOP

Se debe también tomar en consideración como referencia los siguientes códigos y normas vigentes:

- American Concrete Institute (ACI)
- Pre-stress Concrete Institute PCI
- Pos Tension Institute PTI
- American Segmental Bridge Institute ASBI
- American Institute of Steel Construction (AISC)
- American Iron and Steel Institute (AISI)
- American Welding Society (AWS)
- American Society of Testing and Materials" (ASTM)

### **7.3 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TABLERO DE LOS PUENTES.**

La geometría de la sección transversal de la vía utilizada por LPA en el sector donde son necesarias estructuras para el cruce de cauces o depresiones topográficas, esta formada por dos puentes idénticos y paralelos, para dos carriles de circulación en cada sentido, de 9.30 m de ancho cada uno ( 1.0 + 3.65 + 3.65 + 1.0). Los puentes siguen el mismo alineamiento horizontal y vertical de la carretera y están separados entre sí 13 m. Esta separación permitirá, en el futuro, la construcción en este espacio de un sistema de transporte público rápido.

Esto significa que los espaldones de 3 m de ancho que tiene la vía, a cada lado de los carriles de circulación, en los puentes se reducen a 1.0 m de ancho. Esta dimensión de 1.0 m no es recomendable por razones de seguridad en la circulación vehicular al ingresar a los puentes.

Los dos puentes independientes y paralelos con tableros de 9.30 m de ancho cada uno, no son necesariamente la solución más económica para el proyecto, debido a que el costo de los puentes no es exclusivamente proporcional al área del tablero. El costo de la infraestructura del puente: pilas y estribos tiene cada vez más importancia en el costo total, cuando se trata de puentes que tienen, altura de pilas superiores a 20 m y/o tableros de longitud entre apoyos superiores a los 50 m, como sucede con un gran porcentaje de los puentes de la Autopista al Nuevo Aeropuerto de Quito. De acuerdo a los estudios de tráfico se debe analizar más cuidadosamente las dimensiones de la sección transversal de los puentes, para poder obtener los mejores resultados técnicos y económicos para el proyecto.

De todas maneras en esta etapa de estudio de alternativas, el hecho de que se haya utilizado la misma sección transversal para los puentes y las mismas consideraciones técnicas en todos los casos, no modifican las conclusiones generales a las que se pueda llegar, sobre la alternativa seleccionada.

### **7.4 LAS PILAS DE LOS PUENTES Y EL DISEÑO SISMO RESISTENTE**

En general en las diferentes alternativas estudiadas por LPA, existen puentes que tienen altura de pilas muy importantes. Esta situación impone que en el diseño y en la construcción de los puentes se tomen precauciones especiales para tomar en consideración el impacto que la gran altura de las pilas tienen en el comportamiento sismo resistente de las estructuras de los puentes, en su complejidad constructiva y en sus costos de construcción

## **8. TIPOS DE PUENTES**

Para las diferentes alternativas de trazado vial que han sido analizadas en el Informe de LPA, se pueden definir los siguientes tipos de puentes.

### **8.1 PUENTES Y VIADUCTOS CON TABLEROS SIMPLEMENTE APOYADOS PUENTE ISOSTÁTICO CONFORMADO POR VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS, PREFABRICADAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL CONSTANTE**

#### **8.1.1 Características Generales de los Tableros**

- Los puentes isostáticos con tableros conformados por vigas tipo 1 prefabricadas de hormigón postensado (HPT) simplemente apoyadas sobre las pilas y los estribos, se utilizan para luces libres entre apoyo no mayores a 40
- Para un ancho de tablero de 9.30 m estos puentes están constituidos por 4 vigas tipo 1, prefabricadas de hormigón postensado, de sección transversal constante, espaciadas a 2.40 m entre sí, con volados del tablero de 1.05 m a cada lado
- Por dificultades de transporte y lanzamiento de estas vigas prefabricadas de hormigón postensado y debido a la gran altura de las pilas que existe en el proyecto, la longitud máxima de las vigas debe ser de 40 m.
- Para luces de 40 m, las vigas tienen una altura aproximada de 2.30 m y un peso cercano a las 70 toneladas.

#### **8.1.2 Características Generales de las Pilas e incremento en la longitud de los tramos**

- Las pilas de los viaductos con alturas que varían entre 15 m y 50 m, sobre las cuales se asientan los tableros con las vigas simplemente apoyadas, deben ser diseñadas como una estructura espacial en forma de torre, con pórticos de 10 m en el sentido longitudinal del puente y 9.70 m en el sentido transversal.
- Este tipo de estructuras mejora el comportamiento sísmico resistente y la estabilidad de las pilas altas. Adicionalmente de esta manera, en los viaductos, se incrementan las distancias entre los ejes de las pilas en cada tramo. Por ejemplo para vigas de 40 m de longitud, se incrementan en 10 m, obteniéndose en esta forma tramos de 50 m de longitud.

#### **8.1.3 Clasificación y costo de los puentes isostáticos**

- Los diseños estructurales de los tableros y de las pilas de este tipo de puentes, deben corresponder a diseños tipo, de acuerdo a la longitud libre entre apoyos que tenga el tablero y a la altura de la pila, adaptados a las características particulares de la planimetría y altimetría del proyecto vial.
- Por sus características estructurales y constructivas, para el análisis estimado de costos, los puentes conformados por vigas prefabricadas simplemente apoyadas han sido clasificados como **puentes convencionales**.
- Los costos unitarios y totales de estos puentes convencionales se incorporan en los anexos correspondientes que contienen la ubicación, características técnicas y costos estimados de cada uno de los puentes, para cada una de las alternativas viales analizadas.
- Se debe considerar incrementos escalonados en los costos de los tableros por efecto del incremento en el costo de las pilas cuando la altura de las pilas sea mayor a 25 m y menor de 40 m; cuando sea mayor de 40 m y menor de 50 m y cuando sea mayor de 50 m.

## **8.2 PUENTES CONSTRUIDOS EN VOLADOS SUCESIVOS**

("SEGMENTAL BRIDGE CONSTRUCTION")

PUENTE HIPERESTÁTICO CON TABLERO DE SECCIÓN VARIABLE, CONSTRUIDO EN VOLADOS SUCESIVOS.

### **8.2.1 Características Generales de los Puentes**

- Los puentes hiperestáticos construidos en volados sucesivos, conformados por tableros de sección transversal variable fabricada en hormigón postensado han sido utilizados, en este proyecto, para puentes que tengan luces libres entre apoyos superiores a 70 m, hasta un máximo de 220 m.
- Estos puentes tienen generalmente tres tramos, teniendo los dos tramos laterales luces mas o menos equivalentes al 60% del tramo central.
- La sección transversal del tablero corresponde a una viga en forma de caja hueca de una sola celda en la cual varían, a lo largo de la longitud del puente, la altura total de la viga y los espesores de las paredes y la losa inferior de la caja y tiene la altura máxima en los apoyos sobre las pilas.
- Es importante destacar la gran capacidad y eficiencia que tienen estas secciones transversales para absorber momentos flectores y momentos torsores, lo cual resulta de fundamental importancia en esta clase de puentes en que el peso propio del tablero es la carga predominante de diseño.
- La construcción de este tipo de puentes es simétrica con respecto a las pilas centrales y utiliza para la fabricación de las dovelas que conforman el tablero (cuando éstas no son prefabricadas) encofrados deslizantes y auto-soportantes, que en forma de volados sucesivos avanza simétricamente hacia uno y otro lado de la pila. La construcción del tablero se continúa siguiendo de manera sucesiva estas mismas etapas hasta alcanzar simultáneamente el centro del tramo central por un lado y el estribo del puente, que debe estar terminado con anterioridad, por otro. En el centro del tramo central se unen los tableros construidos en volados sucesivos desde las dos pilas adyacentes.

### **8.2.2 Características Generales de las Pilas**

- Las pilas son de hormigón armado de sección transversal rectangular en forma de caja hueca de sección variable, con dimensiones máximas en la parte inferior de la pila.
- De fundamental importancia en el diseño de este tipo de puentes es el análisis dinámico sismo resistente de la estructura. Las enormes cargas que bajan por las pilas, así como también la gran altura de las mismas, definen procedimientos analíticos que utilicen teoría de segundo orden.
- Los puentes en volados sucesivos son las estructuras que mejor se adaptan a las difíciles y especiales condiciones topográficas de los profundos cauces (más de 100 m de profundidad) en los cuales han sido utilizados. Debido a las pendientes fuertes que tienen las laderas, es especialmente importante el definir los lugares adecuados para la implantación de las pilas del puente. Esta implantación de las pilas simultáneamente, también, define la dimensión de las luces entre apoyos y de las alturas de las pilas, variables que son fundamentales para establecer el costo del puente.

### **8.2.3 Clasificación y costo de los Puentes en Volados Sucesivos**

- Por sus condiciones estructurales y constructivas tan especiales, los puentes en volados sucesivos, requieren de un análisis y diseño estructural: exhaustivo, completo e individual. Por estas particulares características estructurales y constructivas, para el análisis estimado de costos, los puentes en volados sucesivos han sido clasificados como puentes especiales.

- Para la determinación de los costos unitarios referenciales de los puentes de grandes luces, en esta etapa de estudio de alternativas, se han desarrollado algunas curvas que incorporan un análisis comparativo de las tendencias y del costo relativo referencial de diferentes puentes de acuerdo a la luz libre máxima entre apoyos y el sistema estructural y constructivo utilizado.
- Los costos unitarios y los costos totales de estos puentes en volados sucesivos se incorporan en los anexos correspondientes que contienen la ubicación, características técnicas y costos estimados de cada uno de los puentes, para cada una de las alternativas viales analizadas.

### **8.3 PUENTES ATIRANTADOS.**

(“CABLE STAYED BRIDGE”)

PUENTE CON TABLERO DE SECCIÓN CONSTANTE CONSTRUIDOS CON CABLES ATIRANTADOS EN VOLADOS SUCESIVOS.

#### **8.3.1 Características Generales de los Tableros**

- Los puentes atirantados son utilizados, en este proyecto, en cauces de ríos con distancias superiores a los 500 m de ancho y puentes con luces libres entre pilas que varían entre 200 m y 400 m. Estos puentes tienen, generalmente, tres tramos, en los cuales los dos tramos laterales tienen luces equivalentes al 50% del tramo central.
- En los puentes atirantados, con el objeto de cubrir grandes luces, los cables convenientemente espaciados, son los elementos estructurales que proporcionan apoyos intermedios al tablero del puente. Cada uno de estos apoyos está conformado por dos cables que sujetan el tablero en sus extremos. El tablero de los puentes es de hormigón, construido en volados sucesivos mediante la utilización de cables postensados que pueden ser de carácter provisional y/o definitivo. La sección transversal es constante y en forma de una caja hueca con dos celdas triangulares. El espaciamiento de los apoyos conformados por los dos cables que soportan el tablero, es de aproximadamente 10 m.
- La estructura básica de los puentes atirantados esta conformada por una serie de triángulos superpuestos conformados por los cables, el tablero y la torre (“pylon”). Estos tres elementos estructurales están sometidos, básicamente, a fuerzas axiales: los cables a tensión y el tablero y la torre (“pylon”) a compresión, razón por la cual los puentes atirantados son, para luces libres superiores a 200 m mucho más eficientes estructuralmente y más económicos, que los puentes cuyos elementos estructurales trabajan fundamentalmente o de manera importante a flexión. El arreglo geométrico de los cables que hemos adoptado para el proyecto es en forma de arpa (“harp”).

#### **8.3.2 Características Generales de las Pilas y Pylons**

- El “pylon” es una estructura aporticada en forma de H, que soporta a compresión, fundamentalmente, las cargas que transmiten los cables ubicados espaciadamente a diferente altura a lo largo de las dos columnas que conforman el “pylon”. Las columnas que conforman el “pylon” se integran y conectan con la estructura de la pila del puente, de sección transversal rectangular hueca, en un nivel inmediatamente debajo del tablero.
- El “pylon” tiene una altura libre sobre el nivel del tablero de, aproximadamente, 25% la dimensión de la luz libre máxima del puente.

#### **8.3.3 Clasificación y costo de los Puentes Atirantados**

- Por sus condiciones estructurales y constructivas tan especiales, los puentes atirantados, requieren de un análisis y diseño estructural: exhaustivo, completo e individual. Por estas particulares características estructurales y constructivas, para el análisis estimado de costos, los puentes atirantados han sido clasificados como **puentes muy especiales**.

- Los costos unitarios y totales de estos puentes muy especiales se incorporan en los anexos correspondientes que contienen la ubicación, características técnicas y costos estimados de cada uno de los puentes, para cada una de las alternativas viales analizadas.

#### **8.4 PUENTES COLGANTES**

("SUSPENSION BRIDGES")

TABLEROS DE SECCIÓN CONSTANTE SUSPENDIDOS EN DOS CABLES PRINCIPALES APOYADOS EN DOS TORRES INTERMEDIAS Y ANCLADOS EN LOS EXTREMOS.

##### **8.4.1 Geometría**

- Los puentes colgantes son la solución más conveniente para puentes de grandes luces y son utilizados, en este proyecto, en cauces de ríos con distancias superiores a los 850 m de ancho y puentes con luces libres entre pilas superiores a 600 m. Estos puentes tienen, generalmente, tres tramos, en los cuales los dos tramos laterales tienen luces de aproximadamente el 35% del tramo central. Entre el 25% y 40% es lo recomendable con el objeto de evitar desbalances importantes en las tensiones de los cables al pasar sobre las torres.

##### **8.4.2 Cables**

- Los dos cables principales del puente colgante, que soportan todo el peso del tablero, tienen en el tramo central una relación entre la flecha de la catenaria y la luz del tramo de aproximadamente 1/10. La relación generalmente recomendada varía entre 1/8 y 1/12, con el objeto de mantener las tensiones en los cables, las cargas verticales en las torres y las fuerzas en los anclajes en niveles convenientes. Esta relación geométrica define también la altura de las torres sobre el nivel del tablero.

##### **8.4.3 Tablero**

- El tablero de los puentes colgantes es construido en acero con secciones transversales en forma de caja, conformada por sistemas de celosías o placas, con el objeto de alcanzar, con el menor peso posible, la mayor rigidez torsión y las mejores características aerodinámicas. El tablero se encuentra suspendido por medio de tensores de los dos cables principales del puente. A más de transmitir su peso propio y las cargas vivas y muertas que actúan sobre el puente a los dos cables principales, tiene la importante función de actuar como elemento rigidizante del sistema de cables principales y secundarios, para garantizar un correcto comportamiento de la estructura bajo la acción de cargas no-simétricas en el puente, así como también un adecuado comportamiento aerodinámico del puente bajo la acción del viento y comportamiento dinámico sismo resistente bajo la acción de las cargas producidas por los sismos.

La gran flexibilidad, inherente de los puentes colgantes, hace particularmente sensible y complejo el diseño de este tipo de puentes para soportar los efectos aerodinámicos del viento.

##### **8.4.4 Torres**

- La principal función de las torres es proporcionar apoyo a los cables principales, a una altura que sea suficiente, para producir en el cable una flecha adecuada sobre el nivel del tablero. Las cargas principales que debe soportar la torre son: la carga vertical transmitida por los cables principales en el tope de la torre, las cargas de viento y sísmicas que actúan sobre la estructura del puente y las fuerzas horizontales producidas por el desbalanceo en las tensiones de los cables al aplicar cargas desbalanceadas en tramos adyacentes. La sección transversal de



las torres del puente es generalmente tipo cajón de dimensiones variables según la altura y que pueden ser construidas en hormigón o en acero. También se utilizan torres con sección transversal tipo H.

#### **8.4.5 Anclajes**

- Los anclajes del puente resisten toda la fuerza transmitida por los cables principales y la transfieren al suelo. La dirección exacta de las fuerzas en los anclajes esta dada por la geometría del cable en los tramos externos del puente y son generalmente de manera predominante horizontales con una componente vertical bastante más pequeña.

#### **8.4.6 Referencias**

- Como referencia, el puente colgante que tiene actualmente la luz libre más grande en el mundo es el Akashi Kaikyo en Japón construido en 1998 y tiene 1.991 m de longitud en el tramo central y 960 m en cada uno de sus tramos laterales.
- El conocido puente Golden Gate en San Francisco fue construido en 1937 y tiene un tramo central de 1280 m de longitud y dos tramos laterales de 370 m.
- El Tacoma Narrow Bridge construido en 1940, con una luz central de 853 m, colapso en medio de una violenta oscilación torsional ocurrida bajo la acción de vientos de 20 m/s.

#### **8.4.7 Clasificación y costo de los puentes colgantes**

- Por sus condiciones estructurales y constructivas tan especiales, los puentes colgantes, requieren de un análisis y diseño estructural: exhaustivo, completo e individual. Inclusive el comportamiento aerodinámico de este tipo de puentes debe ser comprobado en modelos físicos a escala construidos en laboratorio, mediante la utilización del túnel de viento. Por sus particulares características estructurales y constructivas, para el análisis estimado de costos, los puentes colgantes han sido clasificados como **puentes muy especiales**.
- Los costos unitarios y totales de estos puentes muy especiales se incorporan en los anexos correspondientes que contienen la ubicación, características técnicas y costos estimados de cada uno de los puentes, para cada una de las alternativas viales analizadas.

### **8.5 PUENTES EN ARCO ("ARCH BRIDGES")**

#### **8.5.1 Arcos construidos en Hormigón y en Acero (Alternativa)**

##### **8.5.1.1 Características del cauce**

- Una estructura en arco, circular o parabólico, con luces hasta de 275 m de longitud, en cauces estrechos y profundos, con laderas geológicamente estables y con el tablero ubicado en la parte superior del arco, podría ser otra alternativa estructural para este tipo de causas encontrados en el proyecto. Sin embargo, por la profundidad de los mismos, más de 100 m de altura, el costo de encofrados y/o apuntalamientos para la construcción del arco, utilizando esta metodología, lo hace prácticamente imposible. La alternativa constructiva para el arco sería la utilización de un proceso constructivo muy costoso y difícil, como es la construcción de los arcos en volados sucesivos, sea que la estructura se construya en hormigón armado o en acero.

#### 8.5.1.2 Geometría del arco

- La geometría del arco puede ser circular o parabólica de acuerdo a la mayor o menor altura del arco. La relación flecha del arco distancia entre los apoyos más usual en los puentes en arco varía entre  $1/4.5$  y  $1/6$ .
- El puente utiliza dos arcos idénticos paralelos, que reciben las cargas que transmite el tablero que se encuentra ubicado en la parte superior del arco y que transmite sus cargas a los arcos mediante columnas adecuadamente ubicadas de acuerdo al diseño del tablero. A lo largo del puente existen elementos estructurales de amarre y arriostramiento, tanto a nivel de los arcos en los lugares donde las columnas descargan los efectos del tablero, como a nivel del tablero mismo.

#### 8.5.1.3 Referencia de arcos en hormigón y en acero

- En hormigón armado el puente en arco más grande del mundo es el Wanxian Yangtze Bridge en la China, con una luz de 425m y una flecha de 85m que da una relación flecha/luz de  $1/5$ . Primero se construyó una celosía, formada con tubos rellenos de hormigón, para formar los cordones superior e inferior del arco. Posteriormente esta celosía se convierte en el acero de refuerzo del arco de hormigón, convirtiéndose en realidad en una estructura compuesta de acero y hormigón.
- En acero el puente en arco más grande del mundo es el New River Gorge en West Virginia, construido en 1977, con una luz de 518m y una flecha de 112m, que da una relación flecha/luz de  $1/4.6$ . Tanto el arco como el tablero están formados por estructuras en celosía.

9. **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO RELATIVO REFERENCIAL DE PUENTES**  
VER DETALLES EN CUADROS ANEXOS

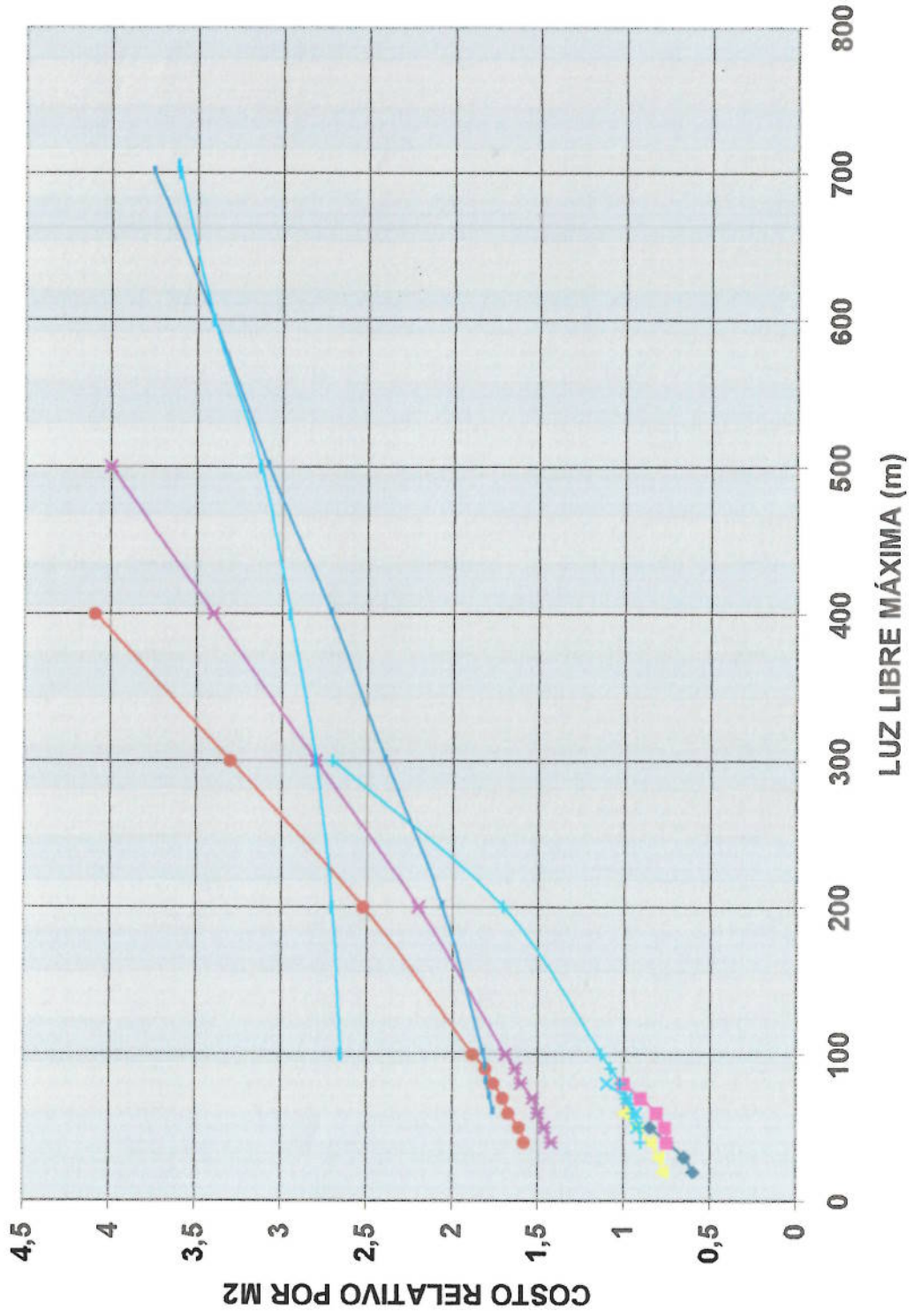
- Para poder obtener costos referenciales más confiables de los diferentes tipos de puentes, que son utilizados en las diferentes alternativas del proyecto, fue necesario realizar una amplia investigación sobre el costo de puentes construidos a nivel mundial en los últimos años, que siendo de dimensiones similares a los definidos en las diferentes alternativas, utilicen sistemas constructivos que permitan dar una solución técnica y económica adecuada a cada uno de los puentes planteados.
- La información básica recopilada, a través de los últimos años de ejercicio profesional y de participación en múltiples eventos académicos y profesionales de tipo internacional, proviene de instituciones y organizaciones especializadas en el diseño y construcción de puentes. Las instituciones con las cuales hemos mantenido relaciones profesionales y de las cuales hemos obtenidos diferente tipo de información sobre el diseño y construcción de puentes son, entre otras, las siguientes: ASBI, American Segmental Bridge Institute; BE, Bridge Engineering; ASCE, American Society of Civil Engineering; ACI, American Concrete Institute; PTI, Prestressed Concrete Institute; ICE, Institute of Civil Engineers.
- Con la información básica obtenida, hemos desarrollado una serie de curvas referenciales que nos dan el campo de variación de las tendencias de los costos de los diferentes tipos puentes y sirven para realizar estudios comparativos de costos entre: diferentes sistemas estructurales, diferentes materiales constructivos y diferentes dimensiones de puentes. La dimensión del puente viene definida por la dimensión de la luz libre máxima entre apoyos, que tengan los tableros. Estas curvas de costos referenciales no son de los valores absolutos del costo de una estructura. Como su nombre lo indica son valores referenciales de cómo varían los diferentes parámetros asumidos en forma relativa entre sí, asumiendo condiciones más o menos normales de construcción.
- Con el objeto de tomar en cuenta la influencia que tiene en los costos de los puentes las situaciones especiales y particulares, de mayor o menor complejidad, se introducen factores de corrección para tomar en cuenta en el costo final del puente: las dimensiones especialmente grandes de algunos puentes, la gran altura de las pilas, la curvatura en los tableros de las estructuras especiales, los problemas geotectónicos y geosísmicos de la zona del proyecto, los diferentes tipos de cimentación de las pilas y estribos, etc

Para el desarrollo de las curvas de costos referenciales se ha tomado en consideración los sistemas estructurales y constructivos que ha continuación se mencionan.

- a) **Vigas isostáticas de hormigón postensado.** Tableros conformados por vigas simplemente apoyadas, prefabricadas en hormigón postensado, con longitudes máximas de 40 m.
- b) **Vigas continuas de hormigón postensado, lanzadas en forma progresiva.** (Segmental Construction. Incremental Launching)
- c) **Vigas isostáticas de acero.** Tableros conformados por vigas simplemente apoyadas, fabricadas en acero, con longitudes máximas de 40 m.
- d) **Vigas continuas de acero, lanzadas en forma progresiva.** (Segmental Construction. Incremental Launching)

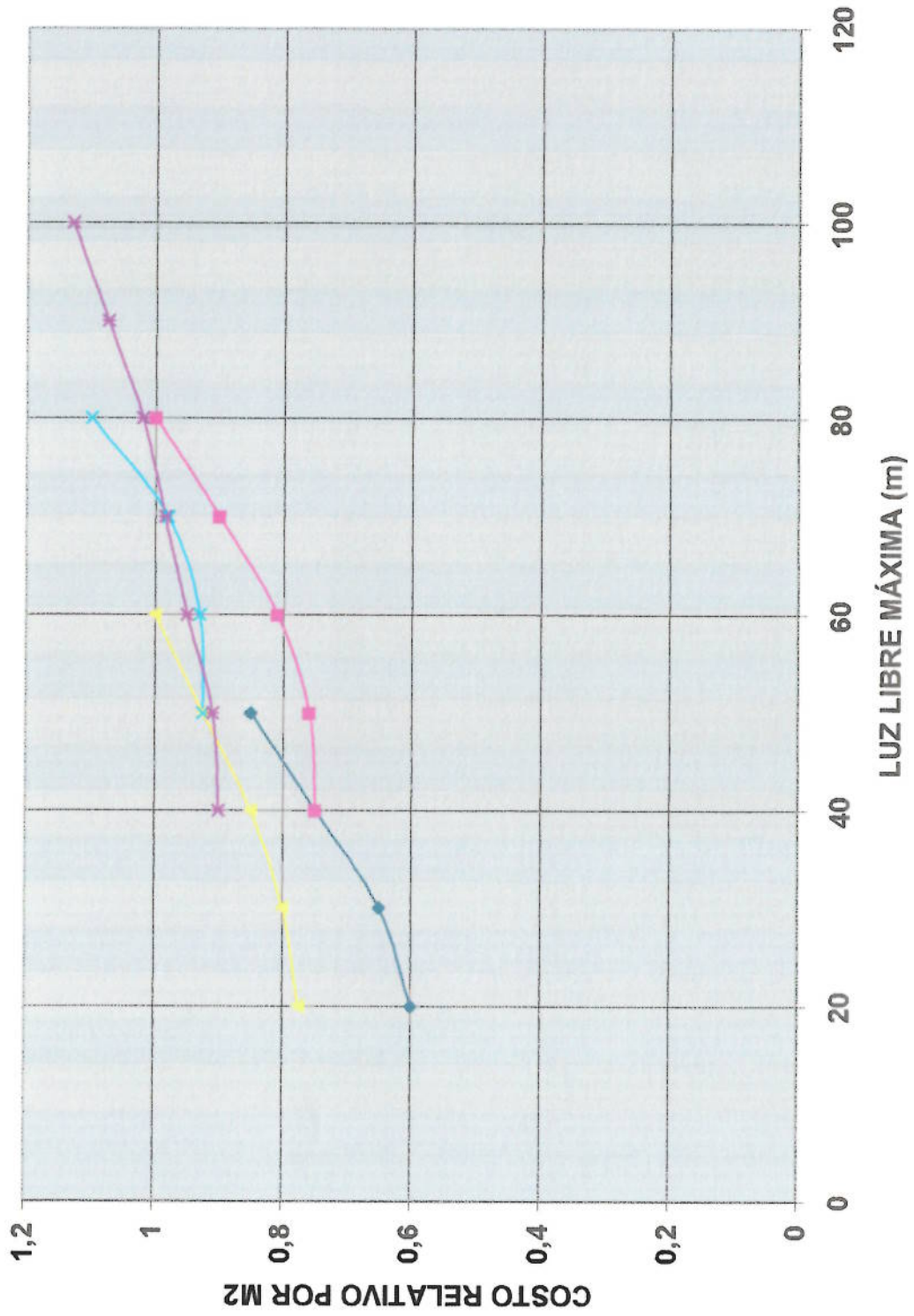
- e) **Arcos de acero contruidos en volados sucesivos.** (Segmental Construction)
- f) **Arcos de hormigón postensado contruidos en volados.** (Segmental Construction)
- g) **Puentes continuos de hormigón postensado contruidos en volados sucesivos.** (Segmental Construction)
- h) **Puentes atirantados contruidos en volados sucesivos.** (Cable Stayed Bridges. Segmental Construction)
- i) **Puentes colgantes.** (Suspensión Bridges )

# COSTO COMPARATIVO DE PUENTES



- Hor Pret Vig
- Hor Pret V.C.
- ▲— Acero Vig
- ×— Acero V.C.
- \*— Arco Acero
- Arco Hor
- +— Volados
- +— Atirantado
- +— Colgante

# COSTO COMPARATIVO DE PUENTES



## **10. CONCLUSIONES**

### **10.1 CONCLUSIONES DE TIPO GENERAL**

- El Proyecto para su análisis no puede ser conceptualizado como un proyecto vial que una, únicamente, la ciudad de Quito con el área donde se construirá el nuevo aeropuerto.
- Por su ubicación geográfica dentro del Distrito Metropolitano de Quito, los estudios para la selección de una vía de acceso al nuevo aeropuerto de Quito, debieron tomar como referencia fundamental, una planificación macro de todos los sistemas viales en el área de influencia del proyecto.
- Cualquier sistema vial que se construya para acceder al nuevo aeropuerto va a tener una enorme influencia en los lugares por los que atraviesa y en la misma ciudad de Quito. Cualquier obra de infraestructura importante de tipo vial que se planifique y se construya en estas áreas debe ser concordante y parte de una planificación vial general y de utilización territorial del Distrito Metropolitano de Quito.
- La importancia de las áreas por las que atraviesa el proyecto y la magnitud de los problemas ya existentes en estas zonas, obligan a los técnicos y a las autoridades a considerar esta obra, fundamentalmente, como un sistema vial que a más de resolver los problemas específicos de acceso al nuevo aeropuerto y al valle de Cumbayá y Tumbaco, sienta las bases para convertirse en un instrumento eficiente de desarrollo integral, armónico y sostenido de un área que en poco tiempo se convertirá en el Quito del futuro.
- Las enormes inversiones que se requiere para crear una infraestructura de estas características deben ser analizadas cuidadosamente, velando por que de ellas se beneficien el mayor número de ecuatorianos. Los principales beneficiarios de esta obra deben ser la ciudad de Quito y los actuales y futuros pobladores de los valles del este de Quito.
- Desgraciadamente, como siempre ocurre en el desarrollo de proyectos de envergadura e importancia comunitaria, siempre habrá individualmente algunos afectados directamente por el trazado de cualquiera de las alternativas que se seleccione, que deberán ser justa, oportuna y adecuadamente compensados por las autoridades correspondientes.

### **10.2 CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DEL INFORME FINAL DE LPA**

- Los dos grupos de alternativas presentadas en el informe final de LPA, resuelven problemas diferentes. Por un lado las alternativas que salen desde la Ave Simón Bolívar en la ciudad de Quito (Grupo No. 1: Alternativas: Sur, Norte y Zámbriza) y por otro lado las alternativas que salen fuera de la ciudad de Quito, desde la Panamericana Norte en el sector comprendido entre Calderón y Guayllabamba (Grupo No. 2: Alternativas: Oyacoto 1 y Oyacoto 2), claramente resuelven dos problemas viales diferentes, causando confusiones e interpretaciones erradas en las conclusiones finales del informe.
- En los términos planteados en el informe final de LPA, las dos alternativas finalistas no pueden ser comparadas directamente. Si se quiere hacer un análisis comparativo entre estas dos alternativas finalistas, se debió poner a las dos alternativas en términos en que puedan ser comparadas. Para cumplir con este objetivo es necesario incluir en la alternativa Oyacoto 2, todos aquellos aspectos que no han sido tomados en cuenta en el informe final de LPA, al extender el origen de esta vía a la Av. Simón Bolívar.

### **10.3 CONCLUSIONES SOBRE LAS ESTRUCTURAS DE LOS PUENTES**

- Si analizamos los rubros más importantes que conforman el presupuesto total de cada una de las alternativas presentadas en el informe de LPA, observamos que el costo de las estructuras de puentes, intercambiadores, pasos inferiores y superiores, constituye un componente sumamente alto del costo total de cada una de las alternativas.
- Esta situación se produce debido a las especiales características topográficas del terreno por el cual se desarrollan las diferentes alternativas del proyecto, que demandan la utilización de numerosos puentes de importantes dimensiones y nivel de complejidad constructiva, con el objeto de salvar topografías muy accidentadas existentes en el área del proyecto.
- A pesar de lo trascendental y complejo que es el tema de las estructuras de los puentes en este proyecto, en el informe final de los estudios realizados por LPA no se definen claramente las características técnicas y sistemas constructivos de los diferentes tipos de estructuras que han sido seleccionados como solución técnica y económica más conveniente para ser utilizados en los diferentes puentes.
- Tampoco en el informe se justifica de manera sustentada los costos unitarios utilizados para el cálculo de los presupuestos estimados de los diferentes tipos de puentes.
- La gran altura de pilas que tienen la mayor parte de los puentes en las diferentes alternativas obligan, desde un punto de vista estructural y constructivo, a utilizar soluciones extremadamente especiales que garanticen un adecuado y seguro comportamiento de las estructuras.
- La gran dimensión de los puentes, altura de pilas y luces libres, magnifica de manera importante los efectos de los sismos en este tipo de estructuras y en consecuencia también los problemas constructivos y sus costos.
- Estos aspectos importantes relacionados con el diseño y la construcción de los puentes no son tratados de manera específica en el informe final de LPA, ni desde un punto de vista técnico de diseño y construcción, ni tampoco desde un punto de vista económico para la determinación de los costos estimados de los puentes.
- Los estudios geológicos como información de campo fundamental, para poder determinar la estabilidad de los taludes y para localizar las fallas geológicas en los cauces donde están ubicados los puentes, son fundamentales para el diseño de estructuras de grandes dimensiones. Sin embargo en el informe de LPA este tema no ha sido analizado de una manera específica.



## 11. RECOMENDACIONES PARA LA SEGUNDA ETAPA

- Se deben plantear **tres corredores viales principales** que unan Quito, la Av. Simón Bolívar, con el área donde se construirá el Nuevo Aeropuerto, un corredor al norte, otro en la zona central y otro al sur del valle de Cumbayá, Tumbaco y Pifo.
- En estos tres corredores principales se deben planificar de manera integral, ordenada y de acuerdo al nivel de desarrollo urbanístico de cada área, accesos escalonados y sistemas viales paralelos, que permitan un **desarrollo armónico e integral de todo el valle**.
- El **impacto del costo de los puentes** en el proyecto es extraordinariamente alto debido a la magnitud y las características técnicas especiales que deben tener estas estructuras en una topografía tremendamente accidentada, como es la que existe en la zona del proyecto, especialmente en el acceso a la meseta donde está ubicado el Aeropuerto.
- En cada corredor se deben diseñar sistemas viales que sean una **respuesta adecuada a las particulares características** topográficas, de desarrollo urbanístico y de proyecciones de tráfico, con especial atención en el manejo de los impactos sociales, políticos y ambientales que cada uno de los corredores tiene.
- **En el corredor sur** se presentan mejores facilidades topográficas para proyectar un sistema vial de menor costo de puentes por las áreas que atraviesa; pero, de otro lado, tiene mayores complicaciones por el impacto social, político y ambiental debido a que se atraviesa por un área de mucho mayor desarrollo urbanístico. Adicionalmente, se debe tomar en consideración que, en este corredor, ya están identificados problemas de tráfico vehicular actualmente existentes, debido al explosivo y desordenado crecimiento de esta zona del valle. Por esta razón, la solución vial de acceso al Aeropuerto por este corredor debe ser también un instrumento de solución a estos problemas de tráfico existente. Es necesario entrar a un período de optimización de la alternativa vial planteada en este corredor, que tome en consideración estos aspectos, e inclusive permita alcanzar una disminución en el costo de los puentes especiales.
- **En el corredor central**, que atraviesa una topografía tremendamente accidentada en casi toda su longitud, así como también varias áreas de inestabilidad geológica, es necesario planificar una vía de características técnicas y geométricas más modestas, no tan exigentes, que permitan encontrar soluciones viales con estructuras de puentes y de túneles menos costosas y más realizables desde el punto de vista económico. Esto quiere decir que se debe optimizar el trazado vial de las alternativas de este corredor, tomando en consideración estos aspectos.
- **En el corredor norte** que es el más cercano al área donde se construirá el Aeropuerto, las alternativas planteadas presentan un problema técnico, constructivo y económico de grandes dimensiones al tratar de cruzar el cauce del río Guayllabamba en un lugar en el cual el cauce tiene aproximadamente 1 km de ancho, cerca de 0,5 km de profundidad, laderas muy pendientes con dudosas condiciones de estabilidad geológica y cauces con la presencia de identificadas fallas geológicas. Las condiciones físicas que tiene esta área obligan a planificar sistemas estructurales de puentes con características muy especiales y con elevados costos de construcción. Consideramos que en este corredor es necesario planificar una vía posiblemente ubicada un poco más al norte de las alternativas planteadas, de características técnicas y geométricas más modestas, que atravesase el cauce del río Guayllabamba en un lugar con menor ancho, con condiciones geológicas y sismotectónicas más confiables, que permitan encontrar soluciones técnicas con estructuras de puentes de menores dimensiones y menor costo.