



# **“PUENTE DE CHACAO, ¿RENTABILIDAD POLÍTICA O ECONÓMICA?”**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGÍSTER EN POLÍTICAS PÚBLICAS**

**Alumno: Claudio Andrés Navarro González**

**Profesor Guía: Andrés Gómez-Lobo**

**Santiago, Marzo 2014**

*“La dignidad de la ciencia misma parece exigir  
que todos los medios sean explorados para que  
la solución de un problema se de en forma  
elegante y célebre”*

**Carl Friedrich Gauss**

## Resumen

*En Chile, durante la cuenta pública del 21 de Mayo de 2012 el Presidente de la República Sebastián Piñera anunció la reactivación del proyecto para la construcción del puente sobre el canal de Chacao. En dicha ocasión se señaló que el monto máximo de inversión, US\$740 millones, aseguraría la **rentabilidad social de proyecto**.*

*Para reflotar la idea de construir el puente sobre el canal de Chacao, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) realizó durante el año 2012 una evaluación social del proyecto en cuestión (MOP; 2012), donde este informe fue el sustento técnico para que el Presidente anunciara la reactivación de esta iniciativa. El documento contiene básicamente el análisis costo/beneficio ex ante de la situación base optimizada (seguir con transbordadores) versus la situación con proyecto (construcción puente). El resultado de dicho análisis fue: para una inversión de US\$864 millones, la TIR del proyecto no alcanza la tasa social de descuento solicitada por el Sistema Nacional de Inversiones (6%) y el VAN es de -1.446.828 UF, por lo cual se propone como alternativa, angostar el tablero del puente para disminuir los costos de construcción y, finalmente, llegar al monto de US\$740 millones, punto donde la TIR del proyecto es 6,04% y el VAN prácticamente cero.*

*A partir de lo anterior y de los documentos publicados por el propio MOP, en el presente estudio se realiza un análisis crítico de la evaluación social del proyecto Puente Chacao. En particular, considerando las mismas cifras del MOP, se estima el momento óptimo de ejecución de este proyecto, análisis que no fue realizado por dicha cartera de estado. Los resultados indican que sería socialmente óptimo atrasar el inicio del proyecto al menos hasta el año 2025, para un nivel de inversión de US\$740 millones. Y además, se realiza un análisis de sensibilidad para determinar qué nivel de inversión o tráfico justificarían que la construcción del puente comience ahora.*

*Finalmente, se presenta una sección sobre aspectos relevantes en el marco de las políticas públicas al evaluar iniciativas que son reflotadas una y otra vez por un anhelo político, más que por su conveniencia social o económica. En definitiva, es importante definir si vale la pena abrir la discusión sobre la conveniencia económica de un proyecto cuando este adquiere vida propia por la generación de expectativas y voluntad política por parte del ejecutivo.*

## Introducción

La historia del puente sobre el canal de Chacao es tan extensa como sus 2.750 metros de largo, donde sólo su último capítulo ha implicado más de quince años de estudios. La construcción de un puente sobre el canal de Chacao para unir la isla grande de Chiloé con el continente, es el proyecto de mayor envergadura en diseño y construcción que se llevaría a cabo bajo la modalidad de contratación tradicional a través de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas. La inversión estimada es de US\$740 millones y contemplaría la construcción del puente a la altura aproximada de Punta San Gallán, donde el canal presenta un ancho de 2,5 km. aproximadamente.

Desde sus orígenes, en el año 1996, el proyecto Puente Chacao ha sido objeto de un fuerte debate público. A mediados de la década del 2000, el proyecto se conocía como puente bicentenario, pues este puente sería construido como forma de conmemorar en 2010 los 200 años del inicio del proceso de independencia de Chile. A comienzos de 2006, al asumir el gobierno de Michelle Bachelet, el entonces Ministro de Obras Públicas, se declaró contrario a la construcción de la obra. El proyecto del puente fue revisado y el costo fue estimado finalmente en US\$930 millones, superando los US\$607 millones establecidos por el gobierno chileno como monto máximo a cubrir, por lo que el secretario de Estado decidió suspender la construcción de la obra e indemnizar con US\$2 millones a las empresas involucradas.

Años más tarde, en la cuenta pública realizada el 21 de mayo de 2012 por el Presidente Sebastián Piñera se reactivó el polémico proyecto. La justificación técnica para esta decisión fue un estudio elaborado durante el año 2012 por el MOP, dando luz verde a la licitación del proyecto, pero con un tope máximo de US\$ 740 millones, es decir, US\$ 200 millones menos de la inversión que presentó la concesionaria Puente Chiloé en 2006.

El 9 de diciembre de 2013, el MOP aprobó la única oferta económica presentada para la construcción del puente colgante que unirá el continente con la isla de Chiloé, la cual fue presentada por el consorcio integrado por OAS, Hyundai, Systra y Aas-Jakobsen, por una suma 2 millones de dólares menor al presupuesto establecido, y con un plazo de ejecución de 79 meses. Cabe mencionar que Hyundai ha construido más de 20 puentes colgantes alrededor del mundo, además del puente colgante sobre el estrecho del Bósforo, en Estambul, que conectará Asia con Europa.

A partir de la información pública disponible sobre el proyecto Puente Chacao, el propósito de la presente investigación es analizar la evaluación social realizada por el MOP y determinar la conveniencia de la obra desde la perspectiva de rentabilidad económica social. En dicho contexto y con el interés de alcanzar lo propuesto, se buscará encontrar respuesta a las siguientes interrogantes:

- a) A la luz de la información de demanda y costos disponibles, ¿tiene sentido económico realizar este proyecto?
- b) Teniendo en consideración el crecimiento en las proyecciones de tráfico, ¿cuál es el momento óptimo de ejecución del proyecto?
- c) Desde una perspectiva más amplia, ¿qué explica la realización de este proyecto a pesar de todos los cuestionamientos sobre su rentabilidad social?

Para lo anterior, se utilizará una metodología clásica de análisis costo/beneficio ex ante de proyectos, en su etapa de prefactibilidad. Adicionalmente, se examinarán críticamente los supuestos implícitos en el análisis realizado por el MOP en su momento.

## **I. Evaluación del proyecto Puente Chacao realizada por el MOP en el 2012**

En esta sección se resume la evaluación realizada por las autoridades del gobierno del Presidente Piñera en el año 2012, y se ha basado en la información publicada por el MOP (2012) y otros documentos.

La evaluación social del puente sobre el canal de Chacao está dirigida a cuantificar los beneficios provenientes de los ahorros, por concepto de consumo de recursos, que deben ser destinados para realizar el transporte de bienes y personas entre un lado y el otro del canal de Chacao en relación a la situación base.

En la medida que estos beneficios valorados a precios sociales y puestos en valor presente, utilizando la tasa social de descuento definida por el Ministerio de Desarrollo Social (6% anual), sean superiores a la diferencia entre los montos de inversión de la situación base optimizada y la situación con proyecto, se podrá concluir respecto de la conveniencia desde el punto de vista social de implementar la alternativa del proyecto.

A partir de esto, resulta necesario definir las fuentes de beneficios y/o costos del sistema de transporte que deberán ser consideradas para la evaluación y que están asociadas principalmente a los siguientes componentes relacionados con la operación y mantención de los vehículos, naves e infraestructura de transporte:

- Fuentes de Beneficios
  - Reducción de los tiempos de viaje de las personas que cruzan el canal.
  - Reducciones de los consumos de combustible de vehículos y transbordadores.
  - Ahorros por concepto de costos de operación y mantención de transbordadores e infraestructura naviera.
- Fuentes de Costos
  - Inversión y Mantención del puente, vías de acceso e infraestructuras anexas.
  - Aumento de los costos de operación y mantención de los vehículos que circularán sobre la nueva infraestructura.

Por otra parte, es importante precisar que la evaluación del proyecto se hizo con un horizonte de 45 años (5 años de construcción y 40 de operación), determinando al final de 40 años de operación un valor residual del 70% de la inversión en el puente y accesos, y

considerando la demanda inducida por el puente como un beneficio no cuantificado. Por último, el año base para la estimación del Tránsito Medio Anual (TMDA) es el año 2011, con un flujo 1.808 vehículos, que se desagrega en:

**Cuadro N°1: Tránsito Medio Anual de 2011**

Vehículos Livianos	Buses	Camiones	Total
1.124	118	566	1.808

*Fuente: Directemar.*

Para fines de la estimación del TMDA se consideró que el crecimiento del PIB es de 4,422% anual durante los primeros 25 años de evaluación (5 años de construcción + 20 años de operación), y según los criterios utilizados, se supuso que el ritmo de crecimiento disminuye a la mitad en los últimos 20 años de operación. Esto está en línea con los ritmos de crecimiento observados en los países desarrollados.

**Cuadro N°2: Estimación TMDA Período 2011-2058 (ver completo anexo VI.1)**

TMDA	2011	2013	2019	2040	2058
<b>Vehículos livianos</b>	1.124	1.260	1.633	3.720	5.515
<b>Buses</b>	118	132	172	392	581
<b>Camiones</b>	566	634	822	1.874	2.778
<b>Total</b>	<b>1.808</b>	<b>2.026</b>	<b>2.627</b>	<b>5.986</b>	<b>8.874</b>

*Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).*

Luego, con la información recopilada a través de diversos estudios solicitados por el MOP, se determina que la situación base para la evaluación social del puente sobre el canal de Chacao es el escenario donde se sigue utilizando, en forma optimizada, el actual sistema de transbordadores, evitando la degradación del nivel de servicio actual, y para ello adecuando durante todo el período de evaluación, la capacidad operativa del sistema de transbordadores y rampas a las demandas proyectadas.

En este contexto y en función de lo determinado, para realizar la evaluación se identificaron los siguientes ítems de costos y beneficios sociales: Costos de Mantenimiento, Costos de Operación, Costos de Combustible y Consumo de Tiempo, donde las diferencias entre la situación base y la situación con proyecto son:

**Cuadro N°3: Inversión, beneficios y costos de la evaluación**

<b>Situación</b>	<b>Inversión [UF]</b>	<b>Mantenimiento [UF]</b>	<b>Tiempo [UF]</b>	<b>Combustible [UF]</b>	<b>Operación [UF]</b>
<b>Sin proyecto</b>	Inversión en el sistema de transbordadores (naves y rampas).	Mantenimiento de las naves y rampas en operación.	Tiempo utilizado al cruzar en transbordador (tiempo de espera más cruce).	Consumo naves (17,5 hrs. diarias) y vehículos en ralentí.	Costos de operación de las naves.
<b>Con proyecto</b>	Construcción del puente. US\$864 millones, a precios privados.	Mantenimiento del puente y de los vehículos por cruzar el puente.	Tiempo utilizado al cruzar por el puente (accesos viales más puente).	Consumo de los vehículos que crucen el puente.	Costos de operación de los vehículos sobre el puente.

*Fuente: Elaboración propia a partir de la Evaluación Social realizada por el Ministerio de Obras Públicas.*

Una vez cuantificados los costos y beneficios de cada ítem se calculan los diferenciales, y luego los resultados son consolidados en un solo flujo económico que permite estimar la conveniencia económica del proyecto.

En el siguiente cuadro, se presentan los resultados abreviados de la evaluación social del proyecto publicada por el MOP el 2012, para un horizonte de evaluación de 45 años (5 años de construcción y 40 años de operación) y donde se asume una inversión privada de US\$864 millones.

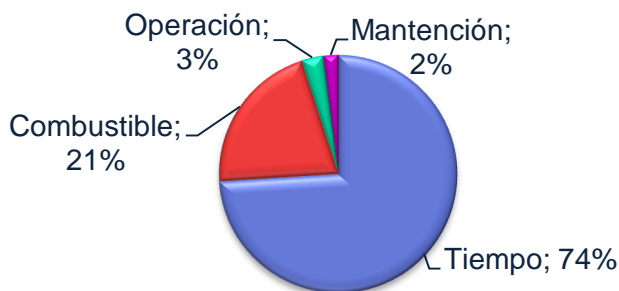
**Cuadro N°4: Flujo Económico (ver completo anexo VI.3.8)**

<b>Año</b>	<b>Inversión [UF]</b>	<b>Mantenimiento [UF]</b>	<b>Tiempo [UF]</b>	<b>Combustible [UF]</b>	<b>Operación [UF]</b>	<b>Flujo [UF]</b>
2012	-71.426	0	0	0	0	-71.426
2013	-491.945	0	0	0	0	-491.945
2014	-3.195.209	0	0	0	0	-3.195.209
2015	-3.274.476	0	0	0	0	-3.274.476
2016	-2.705.002	0	0	0	0	-2.705.002
2017	-3.843.950	0	0	0	0	-3.843.950
2018	-1.708.422	0	0	0	0	-1.708.422
2019	631.853	4.187	231.943	106.147	13.428	987.558
2020	0	4.111	253.607	104.932	13.133	375.783
2030	140.412	16.300	472.578	156.209	28.548	814.047
2040	315.926	28.365	803.521	221.498	43.278	1.412.588
2050	0	54.973	1.382.904	256.811	39.567	1.734.255
2058	8.957.479	-416.517	2.092.303	309.601	35.955	10.978.821

*Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).*



Adicionalmente, en el gráfico siguiente se presenta la composición de beneficios sociales del proyecto, en valor presente, descontados a la tasa social de descuento, donde se puede apreciar que la principal fuente de beneficios la constituye el ahorro de tiempo de los usuarios.



*Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).*

En cuanto a los indicadores de rentabilidad, el Sistema Nacional de Inversiones de Chile, en particular, califica rentable a un proyecto cuando su tasa interna de retorno social (TIR) es superior a la tasa mínima de retorno social deseable, que actualmente es de un 6%.

- Tasa de Interna de Retorno (TIR):  
Corresponde a aquel valor de la tasa de descuento que hace cero al VAN.  
Del flujo económico presentado anteriormente se determina un valor para la TIR de **5,40%**
- Valor Actual Neto (VAN):  
Y del mismo flujo económico presentado se determina un valor para el VAN de **-1.446.828 UF**

En definitiva, la evaluación realizada por el MOP el 2012 arroja que con la inversión de 2006 actualizada (inversión de la última fase del proceso de licitación original del puente sobre el canal de Chacao del año 2006, Sub Fase II de Ingeniería que asciende a US\$ 864 millones a precios privados), el proyecto del puente sobre el canal de Chacao no es rentable socialmente. Sin embargo, un rediseño del puente que permita bajar la inversión puede hacer al puente de Chacao socialmente rentable.

Haciendo el análisis de la inversión máxima que puede tener el proyecto para que la tasa interna de retorno sea de 6% y por lo tanto el VAN = 0, se obtiene que con US\$ 740 millones de inversión, el puente sobre el canal de Chacao resulta un proyecto socialmente rentable.

**Cuadro N°5: Resultados Evaluación Social ajustada**

<b>Indicadores</b>	<b>Evaluación Base Inversión US\$864 millones</b>	<b>Disminución inversión US\$740 millones</b>
<b>VAN (UF)</b>	-1.446.828	92.983
<b>TIR</b>	5,4%	6,04%

*Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).*

La ingeniería del puente diseñada en la licitación de 2006 presentó un proyecto de 4 carriles con un ancho de tablero de 21,6 m, no obstante experiencias internacionales logran puentes de 4 carriles con anchos de tablero e inversiones menores, por lo que una reducción del ancho del puente, permite reducir el tamaño del tablero y así disminuir la inversión requerida.

El MOP concluye su evaluación argumentando que el puente podría tener un mínimo de 3 pistas (por motivos de seguridad) y satisfacer la demanda, al menos, hasta el año 2058. Sin embargo, el planteamiento no es definitivo ante la restricción presupuestaria establecida por el análisis costo/beneficio; ya que la inversión máxima es de US\$740 millones y el ancho del puente lo define la empresa constructora en su propuesta.

## **II. Análisis crítico de la evaluación**

Pocas obras de infraestructura en Chile han sido tan estudiadas como el puente sobre el canal de Chacao. Luego de más de una década de estudios, idas y venidas, el Presidente Piñera consiguió durante su mandato: reflotar el proyecto, abrir el proceso de licitación y adjudicar la construcción del puente a un consorcio de capitales brasileros, coreanos, franceses y noruegos, “OAS, Hyundai, Systra, Aas-Jakobsen”.

En la sección anterior, se expuso un resumen de la evaluación efectuada por el MOP el año 2012. En dicho estudio se definieron los supuestos, cuantificaron beneficios y costos, construyeron los flujos financieros y se determinó que el proyecto sería socialmente rentable ( $TIR > 6\%$ ) si costara igual o menos de US\$740 millones. A pesar de esto, dentro de la investigación no fue incluido un análisis fundamental a la hora de decidir la ejecución de un megaproyecto: el cálculo del momento óptimo de inicio.

Según Eduardo Bitran, Ex Ministro de Obras Públicas: “La conectividad terrestre entre el continente y la isla de Chiloé debe concretarse. La pregunta relevante es cuándo y con qué características.”<sup>1</sup>

Por ejemplo, en Sicilia se optó por el sistema de transbordadores rechazándose la alternativa del puente, aun cuando su tamaño triplica al de Chiloé, su población es más de 20 veces mayor, su producto 100 veces más alto y su tráfico actual es de aproximadamente 40.000 cruces diarios (contra los 2.000 de Chiloé).<sup>2</sup>

Por consiguiente, a continuación se presenta un análisis del momento óptimo de inicio del proyecto, seguido de los análisis de sensibilidad para determinar qué nivel de inversión o tráfico justificarían que el momento óptimo de ejecución del proyecto sea ahora y, finalmente, que significa para Chile una inversión de US\$740 millones y cuantos proyectos podrían financiarse con la misma cantidad de dinero.

### **II.1 Estudio del momento óptimo de ejecución**

Se ha sostenido ampliamente en la literatura, que si el valor actual del flujo de los beneficios netos de una inversión es positivo, sería rentable ejecutar el proyecto. Sin embargo, este valor positivo indica únicamente que es conveniente realizarla; nada dice sobre el momento

---

<sup>1</sup> Bitran (2012)

<sup>2</sup> Sapag (2012)

óptimo de hacerlo. Puede darse el caso en que, siendo rentable invertir hoy, convenga más postergar la iniciación del proyecto por uno o más años y obtener de esa manera beneficios netos mayores.

La metodología de análisis para determinar la conveniencia de iniciar el proyecto mañana, en vez de hoy, se resume como: “si el valor actual de los beneficios de postergar es mayor que el valor actual de los costos de postergar, entonces es conveniente postergar”. (Fontaine; 1999)

Para calcular si es conveniente postergar un proyecto, donde la construcción dura más de un año y los costos de construcción son variables año a año como es el caso del puente sobre el canal de Chacao, la expresión sería:

$$\text{VABN Postergar} = \text{VA Inversión}_0 - \frac{\text{VA Inversión}_0}{(1+r)^n} - \sum_{i=7}^{7+(n-1)} \frac{\text{BN}_i}{(1+r)^i}$$

Dónde:

**VA Inversión<sub>0</sub>**: es el valor actual del flujo de inversión del proyecto.

**r**: es la tasa social de descuento para proyectos de inversión pública (6%).

**BN**: son beneficios netos anuales del proyecto. Se contemplan desde el año 7, ya que los primeros 6 años son de ejecución del proyecto (licitación y construcción).

**n**: es la cantidad de años que se evalúa postergar el inicio del proyecto.

**VABN Postergar**: el período donde el valor actual de los beneficios netos sea máximo, n será la cantidad de años que se debe postergar el inicio del proyecto.

Mientras que los supuestos utilizados para realizar el cálculo del momento óptimo de ejecución del proyecto son:

- i. El monto de la inversión se mantiene constante en términos reales, independiente del número de años que se pueda postergar el inicio del proyecto.
- ii. Los beneficios del proyecto son independientes de la cantidad de años que se pueda aplazar el inicio del proyecto.

A partir de la expresión anterior, se procede a calcular iterativamente el beneficio de postergar la construcción, sumando, de un año en un año, hasta encontrar el momento en que el beneficio de aplazar el inicio del proyecto es máximo. En el siguiente cuadro se expone un resumen de los cálculos realizados hasta encontrar el momento óptimo de construcción con una inversión de US\$ 740 millones:

**Cuadro N°6: Resultados Evaluación de Postergar el proyecto con una Inversión de US\$740 millones (anexo VI.4)**

<b>Postergar (años)</b>	<b>VA Inversión<sub>0</sub> (UF)</b>	<b>VA Inversión<sub>0</sub>/(1+r)<sup>n</sup> (UF)</b>	<b>Beneficios Netos (UF)</b>	<b>VABN Postergar (UF)</b>
1	-9.977.178	-9.412.432	-656.782	-92.037
2	-9.977.178	-8.879.653	-892.553	204.972
3	-9.977.178	-8.377.031	-1.315.991	284.156
4	-9.977.178	-7.902.859	-1.630.951	443.367
5	-9.977.178	-7.455.528	-1.848.754	672.896
6	-9.977.178	-7.033.517	-2.086.146	857.515
7	-9.977.178	-6.635.393	-2.651.411	690.373
8	-9.977.178	-6.259.805	-2.830.413	886.960
9	-9.977.178	-5.905.476	-3.069.436	1.002.266
10	-9.977.178	-5.571.204	-3.237.950	1.168.024
11	-9.977.178	-5.255.853	-3.476.373	1.244.952
12	<b>-9.977.178</b>	<b>-4.958.352</b>	<b>-3.761.569</b>	<b>1.257.257</b>
13	-9.977.178	-4.677.690	-4.231.828	1.067.659
14	-9.977.178	-4.412.915	-4.511.514	1.052.748
15	-9.977.178	-4.163.128	-4.677.073	1.136.977

*Fuente: Elaboración propia.*

El cuadro N°6 expone el resultado más importante de este documento. Si la inversión es de US\$740 millones sería conveniente aplazar 12 años el comienzo del proyecto, dejando así como momento óptimo de inicio del proyecto el año 2025, no el 2012.

Ahora, ¿qué pasa si la inversión real resulta ser más de US\$740 millones? La probabilidad es bastante alta de que así sea, debido a:

- a) En promedio, cada concesión ha sido renegociada tres veces. Por dicha razón, el presupuesto original de las obras concesionadas se sobrepasó en un 33% aproximadamente. (Engel, Galetovic, Fischer, Hermosilla; 2009)
- b) La licitación fue adjudicada con un estudio de ingeniería básica que contempla la construcción de un puente de cuatro pistas. Ahora la empresa contratista OAS, Hyundai, Systra, Aas-Jakobsen deberá efectuar un estudio de ingeniería de detalle, el cual podría concluir con un resultado en costos distinto al estimado por el MOP y por

ellos al realizar su oferta económica. Por supuesto, esto afectará en las expectativas de rentabilidad del consorcio y seguramente signifique la primera renegociación de la obra.

A partir de esto, se decidió agregar en este informe el cálculo del momento óptimo de inicio del proyecto con un monto mayor al que declaró el MOP como socialmente rentable. A continuación el resumen de los cálculos:

**Cuadro N°7: Resultados Evaluación de Postergar el proyecto con una Inversión de US\$864 millones (anexo VI.5)**

<b>Postergar (años)</b>	<b>VA Inversión<sub>0</sub> (UF)</b>	<b>VA Inversión<sub>0</sub>/(1+r)<sup>n</sup> (UF)</b>	<b>Beneficios Neto (UF)</b>	<b>VABN Postergar (UF)</b>
1	-11.649.029	-10.989.650	-656.782	2.597
2	-11.649.029	-10.367.595	-892.553	388.881
3	-11.649.029	-9.780.750	-1.315.991	552.289
4	-11.649.029	-9.227.122	-1.630.951	790.956
5	-11.649.029	-8.704.832	-1.848.754	1.095.443
6	-11.649.029	-8.212.106	-2.086.146	1.350.777
7	-11.649.029	-7.747.270	-2.651.411	1.250.348
8	-11.649.029	-7.308.745	-2.830.413	1.509.871
9	-11.649.029	-6.895.042	-3.069.436	1.684.551
10	-11.649.029	-6.504.757	-3.237.950	1.906.322
11	-11.649.029	-6.136.563	-3.476.373	2.036.093
12	-11.649.029	-5.789.211	-3.761.569	2.098.250
13	-11.649.029	-5.461.519	-4.231.828	1.955.681
14	-11.649.029	-5.152.377	-4.511.514	1.985.138
15	-11.649.029	-4.860.733	-4.677.073	2.111.223
16	<b>-11.649.029</b>	<b>-4.585.597</b>	<b>-4.935.477</b>	<b>2.127.955</b>
17	-11.649.029	-4.326.035	-5.206.864	2.116.130
18	-11.649.029	-4.081.165	-5.443.740	2.124.124
19	-11.649.029	-3.850.156	-5.721.729	2.077.144
20	-11.649.029	-3.652.222	-5.887.736	2.109.071

*Fuente: Elaboración propia.*

El cuadro N°7 muestra el cálculo del momento óptimo de construcción del puente si es que la inversión fuese de US\$864 millones. Si la inversión real del proyecto supera los US\$740 millones estimados por el MOP, entonces el resultado de aplazar la construcción sería significativo considerando que US\$124 millones más de inversión desplazarían el momento óptimo de construcción al año 2029.

## II.2 Análisis de sensibilidad

A partir de los resultados exhibidos en la sección anterior, donde se demostró que el momento económicamente óptimo para comenzar el proyecto de construcción del puente sobre el canal de Chacao es el año 2025 con una inversión de US\$740 millones, se procede con los análisis de sensibilidad que demuestran las condiciones en las que el inicio del proyecto hubiese sido justificadamente el año 2012.

En primer lugar, se determina el monto de inversión con el cual el momento óptimo de inicio del proyecto sea el año 2012, período determinado por la administración del Presidente Piñera. Segundo, se determina cuánto tendría que ser el TMDA el año 2019 para que el puente entre en operación el mismo año y cueste los -US\$740 millones fijados como monto máximo de inversión para la obra.

**Cuadro N°8: Análisis de sensibilidad Inversión vs Momento óptimo del proyecto**

<b>Indicadores</b>	<b>Evaluación Base Inversión US\$864 millones</b>	<b>Disminución inversión US\$740 millones</b>	<b>Inversión óptima el 2012 US\$553 millones</b>
<b>VAN (UF)</b>	-1.446.828	92.983	2.541.448
<b>TIR</b>	5,4%	6,04%	7,6%
<b>Momento óptimo realización (anexo VI.4, VI.5 y VI.6)</b>	2029	2025	2012
<b>TMDA</b>	4.051	3.407	1.941

*Fuente: Elaboración propia.*

En el cuadro N°8 se muestran los resultados del primer análisis y donde se destaca que el monto de la inversión privado debe ser mucho menor al estimado por el MOP el 2012. Con US\$553 millones el momento óptimo de inicio del proyecto sería el 2012, pero además los indicadores de rentabilidad del proyecto son más robustos y podría justificarse la conveniencia social y económica de la inversión pública. Y entonces, ¿por qué no se eligió una inversión de US\$553 millones? muy probablemente porque con esa cantidad de dinero no es posible construir un puente con las características necesarias para unir la isla de Chiloé con el territorio continental de Chile.

Por otra parte, una pregunta interesante a responder es: ¿cuánto tendría que ser el TMDA para que sea económicamente conveniente la construcción de un puente de US\$740 millones? La pregunta es respondida a través del siguiente, donde se determina el nivel de tráfico para el año 2019, período en que entraría en operación el puente.

**Cuadro N°9: Flujo económico reconstruido para un TMDA de 4.000 el año 2019 (ver completo anexo VI.7)**

<b>Año</b>	<b>Inversión (UF)</b>	<b>Mantenimiento (UF)</b>	<b>Operación (UF)</b>	<b>Combustible (UF)</b>	<b>Tiempo (UF)</b>	<b>Flujo Neto (UF)</b>
2019	140.412	13.200	24.641	143.173	419.198	740.624
2020	0	13.087	24.206	141.379	463.293	641.965
2021	140.412	16.248	28.548	156.209	472.578	813.995
2022	631.853	86.383	28.073	154.253	522.255	1.422.817
2023	140.412	-15.377	32.873	168.914	535.861	862.683
2024	0	19.193	31.856	166.781	592.719	810.549
2025	140.412	92.538	36.111	181.258	611.137	1.061.456
2026	140.412	-104.930	40.343	195.636	634.672	906.133
2027	0	25.311	39.754	193.207	700.719	958.991
2028	140.412	-213.874	44.243	208.643	700.975	880.399
2029	0	28.429	43.928	207.347	742.518	1.022.222

*Fuente: Elaboración propia.*

En el cuadro N°9 se presenta un resumen del flujo económico estimado para un escenario donde se alcanza un TMDA de 4.000 vehículos el año 2019. A partir de dicha simulación de resultados se realiza el cálculo de los indicadores de rentabilidad y el momento óptimo de inicio del proyecto. Los resultados en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°10: Indicadores de Rentabilidad con un TMDA de 4.000 el año 2019**

<b>Indicadores</b>	<b>Inversión de US\$740 millones y un TMDA de 4.000 el año 2019</b>
<b>VAN (UF)</b>	\$ 2.710.335
<b>TIR</b>	7,5%
<b>Momento óptimo de realización (anexo VI.8)</b>	2012

*Fuente: Elaboración propia.*

En el cuadro N°10 se muestran los resultados del análisis de sensibilidad realizado para determinar el nivel de TMDA que justificaría económicamente iniciar el proyecto durante el año 2012 con una inversión de US\$740 millones. En base al análisis de sensibilidad realizado y la proyección de demanda elaborada por el MOP (anexo VI.1), el TMDA debería ser de 3.400 vehículos en el año 2014 para alcanzar un número cercano a 4.000 en el año 2019. En la actualidad el TMDA es de 2.000 vehículos aproximadamente.

Habiendo realizado el análisis crítico y revisado los resultados, podemos concluir que efectivamente el momento óptimo de ejecución del proyecto Puente Chacao es muy sensible al monto de la inversión, por lo que un aumento en el presupuesto disminuirá la rentabilidad



social del proyecto y postergaría su instante ideal de inicio. Argumento por el cual cobra mucha relevancia el monto gastado finalmente en este proyecto. Además, cabe mencionar que la consistencia de los datos se ve demostrada por la similitud en los indicadores de rentabilidad para cálculos de escenarios distintos.

### **II.3 ¿Qué son US\$740 millones?**

Cuando se asignan recursos, especialmente públicos, se debe tener la certeza que el proyecto sea socialmente rentable, como también resulta fundamental considerar el uso alternativo de estos.

Si pensamos en US\$740 millones, un macroeconomista diría que es algo así como 0,3% del PIB de Chile en el 2012<sup>3</sup>, cifra que puede parecer no muy significativa, pero siendo concretos, 740 millones de dólares es, más o menos; lo que el gobierno chileno gasta en subsidios habitacionales durante dos años<sup>4</sup>, el 16% del gasto en seguridad y justicia de todo el año 2012<sup>5</sup>, el 50% del gasto anual de carabineros en 2012<sup>6</sup>, el 90% del presupuesto 2013 de los subsidios del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones<sup>7</sup>, el 7% del presupuesto 2014 del Ministerio de Salud<sup>8</sup> o el 5% del presupuesto 2014 del Ministerio de Educación<sup>9</sup>. Todas estas cifras comparativas significan un beneficio para miles de chilenos a diario. Sin embargo, también se pueden utilizar US\$740 millones en construir un puente para que lo crucen unos 2.000 vehículos al día (unas 6.000 personas).

El puente sobre el canal de Chacao es uno entre cientos de proyectos que podría ejecutar el gobierno, por eso cuando se evalúa una inversión pública, sea un puente, un programa de becas o un subsidio a los más pobres, es legítimo exigir que se utilicen los recursos sólo en aquellos proyectos socialmente más rentables.

No obstante, la evidencia es contundente: es inconveniente construir un puente de tal envergadura ahora, porque cuesta demasiado y lo cruzarían sólo 2.000 vehículos al día. Por un lado, el costo de oportunidad de la inversión pública de US\$740 millones versus otros proyectos que tiene el gobierno es muy alto. Y por otra parte, no se sabe con certeza si el

---

<sup>3</sup> Banco Mundial (2013), -datos.bancomundial.org

<sup>4</sup> Dirección de Presupuestos (2012), pág. 613-656

<sup>5</sup> Fundación Paz Ciudadana (2013), pág. 35

<sup>6</sup> Fundación Paz Ciudadana (2013), pág. 36

<sup>7</sup> Dirección de Presupuestos (2012), pág. 657-676

<sup>8</sup> Dirección de Presupuestos (2013)

<sup>9</sup> Dirección de Presupuestos (2013)

proyecto del puente sobre el canal de Chacao costará, efectivamente, los US\$740 millones estimados como monto máximo de inversión. Además de lo demostrado en el presente informe en relación al momento óptimo de construcción, experiencias internacionales dicen que no es conveniente económicamente. Los noruegos, cuyo ingreso per cápita es alrededor de tres veces el nuestro<sup>10</sup>, estiman que no ocupan transbordadores para niveles de tráfico similares.<sup>11</sup>

El proyecto Puente Chacao fue adjudicado y la obra será construida para entrar en operación el año 2019, sin siquiera haberse evaluado la modernización del sistema de transbordadores o la construcción de otra conexión de alto nivel que pueda tener indicadores de rentabilidad superiores a los del puente. A lo largo de este documento, se ha argumentado reiteradamente que el momento óptimo de ejecución del proyecto no es ahora; dado el monto de la inversión versus los beneficios que traerá. Hoy US\$740 millones significan un riesgo, desde el punto de vista de rentabilidad social, y dejan un margen prácticamente nulo a los contratiempos que pueden existir dado el modelo de negocio seleccionado por el MOP (ver anexo VI.9). Sin embargo, pareciera que nada podría hacer que el proyecto vuelva a congelarse, por lo que solo queda la lección sobre la calidad de las decisiones a la hora de construir megaproyectos a través inversión pública directa y los argumentos técnicos que las respaldan.

---

<sup>10</sup> Cruz (2013)

<sup>11</sup> Ferries and boats in Norway (2013)

### III. Puente de Chacao: ¿Rentabilidad política o económica?

En Chile, por Ley, todo ente público (ministerio, gobierno regional, municipio, servicio público, etc.) que quiera ejecutar un proyecto o programa de inversión, incluyendo estudios de base requeridos, debe presentar una petición al Sistema Nacional de Inversiones (SNI) para su evaluación, solo aquellas iniciativas que han sido evaluadas podrán ejecutarse<sup>12</sup>, procedimiento que también aplica a los proyectos de infraestructura concesionada o inversión pública directa.

El SNI de Chile es el más desarrollado e institucionalizado de Latinoamérica, conteniendo características muy importantes para la efectividad del sistema, cómo son: la determinación centralizada de precios sociales, evaluación ex post para retroalimentar el proceso de evaluación, sistema de información de proyectos centralizado y transversal, procedimientos y metodologías estandarizadas, evaluación multietapa, separación institucional entre proponente y evaluador, obligatoriedad legal del proceso de evaluación, entre otras.<sup>13</sup>

A pesar de esto, la institucionalidad pública no es garantía ante la voluntad de quienes ven a la evaluación social de proyectos como un obstáculo burocrático que sortear obligatoriamente para lograr ejecutar un proyecto que, de antemano, se determinó conveniente. En ocasiones, la decisión de inversión en un proyecto responde netamente al anhelo político de quienes lo impulsan, por ende, los informes técnicos pueden ser preparados para justificar disposiciones que obedecen a criterios de rentabilidad política. Cuando esto ocurre, los sistemas de inversiones públicas o instituciones evaluadoras pierden su utilidad y finalidad, por lo que se vuelve complejo garantizar el uso adecuado de recursos públicos.

Ahora, el fondo de la situación no es solo un tema de los políticos que toman las decisiones o impulsan los proyectos, sino por quien o para quien lo hacen. Cuando se habla de un proyecto rentable políticamente, se refiere a una iniciativa que traerá más beneficios que costos políticos a quien o quienes lleven adelante con éxito un determinado proyecto. Por ejemplo, el proyecto del TransMilenio en la ciudad de Bogotá, Colombia, además de haber sido rentable económicamente, también fue altamente rentable para el Alcalde que impulsó

---

<sup>12</sup> La única excepción son las iniciativas de inversión de las Fuerzas Armadas, ya que tienen un sistema de evaluación de inversiones paralelo. Tampoco son considerados proyectos de formación de capital humano, conservación o gastos de mantenimiento de infraestructura, etc.

<sup>13</sup> Gómez-Lobo (2012)

el proyecto, Enrique Peñalosa. ¿Por qué fue rentable políticamente? Porque el TransMilenio resultó ser un éxito y es uno de los sistemas de transporte público más alabados del mundo.<sup>14</sup>

Es por esto, que la rentabilidad política de un proyecto no está determinada por la teórica rentabilidad social o económica del mismo, sino por la percepción de las personas frente a sus resultados. Los proyectos financiados por todos los chilenos a través de impuestos, deben conseguir que todos sientan algún tipo de beneficio, aunque este sea indirecto. No así, cuando el proyecto es financiado solo por los beneficiarios de la obra. Por lo tanto, si el proyecto de construcción del puente sobre el canal de Chacao es concluido exitosamente, satisface la necesidad de los residentes de la zona y visitantes y además, es un atractivo adicional del paisaje, entonces probablemente muchos estarán contentos y se sentirán orgullosos de que en Chile haya infraestructuras deslumbrantes. Esto sin siquiera antes dimensionar cuánto dinero se invirtió para que la obra esté ahí o cuantos hospitales, colegios, universidades, cárceles o viviendas sociales se dejaron de construir por haber utilizado los recursos en un solo puente. Los chilenos y autoridades beneficiadas nunca lo percibirán como un derroche, un error o un apuro, sino que habrá sido un gran acierto y todos querrán disfrutarlo.

Algunos podrán preguntarse: ¿qué suceda esto, ¿es malo? no, mientras no sea lo habitual. La construcción del puente sobre el canal de Chacao se llevará a cabo, es muy baja la probabilidad de que vuelva a ser congelado. Pese a esto, lo atendible de este proyecto es el momento escogido y el monto de inversión determinado, considerando la restricción presupuestaria ante una infinidad de demandas sociales, con el objeto de optar por los proyectos con un mayor beneficio para la sociedad.

Debido a esto se torna inevitable subrayar la importancia y potencial de la evaluación social de proyectos como una herramienta útil para la toma de decisiones en el sector público y metodológicamente permita garantizar la eficiente asignación de recursos en la economía.

Finalmente, es fundamental tener en consideración que algunos proyectos son empujados fuertemente por políticos y comunidades, al ser acogidos por el gobierno de turno se generan expectativas en torno a ellos, lo cual aumenta los costos políticos para desechar una alternativa o revertir una decisión, por lo que en muchos casos no hay más alternativa que ejecutar el proyecto comprometido. Estas situaciones son comunes y es parte del

---

<sup>14</sup> Estache & Gómez-Lobo (2005)

mundo de las políticas públicas, las decisiones esperan ser tomadas y no siempre son en base a criterios técnico-económicos. Sin embargo, una vez tomadas las decisiones lo más conveniente es dejar de invertir recursos revaluando y perder tiempo aplazando proyectos que se realizarán de todas formas, en eso no hay beneficio político o económico alguno. Y, por otra parte, es esencial que los SNI no sucumban fácilmente ante las presiones políticas, su principal fortaleza es la independencia en sus veredictos de evaluación, de lo contrario solo se conseguirá un retroceso paulatino de la institucionalidad pública hasta convertir a los sistemas de evaluación en entes desacreditados e innecesarios.

#### **IV. Conclusiones y recomendaciones**

A lo largo de este documento se ha querido presentar un repaso de los principales argumentos que incidieron en el resurgimiento de un histórico y polémico proyecto de inversión pública. A fines de esta década, el puente sobre el canal de Chacao será una realidad a pesar de todos los cuestionamientos surgidos por su alto costo y bajo beneficio económico.

En la evaluación social del proyecto de construcción del puente sobre el canal de Chacao elaborada por el MOP (2012), sustento de la decisión de licitar el proyecto, se determinaron y cuantificaron las fuentes de costos y beneficios del proyecto, se comparó una situación base (continuar con transbordadores) versus una situación con proyecto (puente construido), se elaboraron los flujos económicos cumpliendo con los estándares exigidos por el sistema nacional de inversiones, se calcularon los indicadores de rentabilidad respectivos (TIR y VAN) y se concluyó que el proyecto sería socialmente rentable con una inversión máxima de US\$740 millones. Sin embargo, el estudio económico no contempló dos aspectos esenciales al efectuar la evaluación social de un proyecto, como son:

- La evaluación de otras alternativas de conectividad, como podrían ser; un túnel, puente flotante, modernizar el sistema de transbordadores u otra. Este aspecto es particularmente importante, dado que una alternativa distinta al puente podría tener una mayor rentabilidad social y nunca ha sido evaluada, aunque sea para ser descartada por su viabilidad técnica o económica.
- A pesar de haber declarado el proyecto del puente como socialmente rentable con una inversión menor o igual a US\$740 millones, nada se mencionó sobre el momento óptimo de ejecución del proyecto. Análisis relevante, considerando el costo de oportunidad del capital y eficiente asignación de recursos públicos.

A partir de un análisis crítico de la evaluación realizada por el MOP, se construyó una sección de resultados donde se logró determinar que:

- Una inversión de US\$740 millones y el nivel de tráfico actual en el canal de Chacao, el proyecto de construcción del puente no debería comenzar antes del año 2025.
- El monto de inversión necesario para que el momento óptimo de inicio del proyecto sea el año 2012, manteniendo los flujos vehiculares, debería ser de US\$553 millones, lo cual hace inviable el proyecto, ya que el costo de construcción del puente es

mayor.

- El tránsito medio, el primer año de operación del puente, debe ser de 4.000 vehículos aprox. para justificar económicamente el inicio de un proyecto de US\$740 millones durante el año 2012.

En base a esto, es propicio sugerir que los números provistos por el Ministerio de Obras Públicas, que justifican y hacen parecer conveniente económicamente la construcción del puente sobre el canal de Chacao, no están completos. Si bien, los supuestos utilizados son más conservadores que en evaluaciones anteriores, la base teórica-técnica no alcanza para responder una de las preguntas más razonables al pensar en este proyecto nuevamente, ¿por qué el puente es conveniente hoy y no lo fue el 2006 cuando se canceló? Efectivamente la tecnología ha avanzado y la construcción sería más económica hoy que 8 años atrás, sin embargo aún no es suficientemente barato como para que sea rentable socialmente un puente de US\$740 millones, por el cual cruzarán menos de 4.000 vehículos diariamente, hasta por lo menos el año 2029, siendo optimistas.

En el marco de las políticas públicas, la asignación eficiente de fondos públicos es uno de los principales problemas cuando las demandas sociales son múltiples y los recursos de financiamiento son un bien escaso. En este contexto, la evaluación social ex ante se convierte en una herramienta efectiva para determinar, con métodos conocidos y estándares, cuánto costará un proyecto y los beneficios sociales que traerá, o simplemente que proyectos son absolutamente inconvenientes. De esta manera se vuelve practicable comparar racionalmente las distintas alternativas. A pesar de esto, la evaluación social de proyectos no es un método totalmente objetivo o científico, al contrario, es absolutamente perfectible. Evidencia de ello, es que en toda evaluación ex ante se requiere hacer supuestos sobre el futuro y estos no siempre resultan ser acertados. No obstante, cuando los proyectos se evalúan con métodos conocidos y estándares se impone precisión y, la mayoría de las veces, se logra minimizar la incertidumbre ex ante y evitar errores gruesos.

Por otra parte, la construcción del puente sobre el canal de Chacao fue reactivada por el ejecutivo para, esta vez, materializar la conectividad entre la isla grande de Chiloé y el continente, mejorando así los tiempos de viaje y condición de aislamiento para los habitantes de la isla, y además dando un impulso decisivo a la economía sectorial. Sin embargo, el discurso oficial favorable al desarrollo sostenible esconde la política desarrollista, donde los beneficios a corto plazo para determinados sectores se antepone a los criterios de

sostenibilidad y justicia social, que lejos de contribuir al eficiente uso de recursos públicos, augura una pesada carga para las generaciones futuras. La apuesta institucional por esta gran infraestructura descansa en supuestos de largo, plazo que no condicen con la realidad de Chile y menos, con la deuda en materias prioritarias como son la educación, salud y delincuencia, por lo que la utilización desmesurada de recursos en proyectos con bajísima rentabilidad social, son decisiones lastre en el aporte al desarrollo sostenido del país.

Finalmente, cabe mencionar que a pesar de que Chile posee uno de los sistemas de inversión pública más robusto de la región, esto no garantiza que la voluntad política de un Gobierno ejecute un megaproyecto de cuestionable rentabilidad social. Por lo que este documento, deja plasmadas reflexiones de política pública substanciales para futuras decisiones, con el objeto de promover mejoras en los mecanismos de evaluación y fortalecimiento de las instituciones u organismos responsables de priorizar la realización de iniciativas que brinden mayores beneficios a las sociedad, por sobre otros intereses.



## V. Bibliografía

Banco Mundial (2013) - *PIB Chile 2012*, <http://datos.bancomundial.org/pais/chile>

Bitrán, E. (2012), '*Puente de Chacao ahora: populismo electoral*', *elmostrador.blogs&opinión*, <http://www.elmostrador.cl/opinion/2012/05/25/puente-de-chacao-ahora-populismo-electoral/>

Bitrán, E., M. Villena (2010), '*El Nuevo Desafío de la Obras Públicas en Chile: Hacia una mayor eficiencia y desarrollo institucional*', revista 117, Centro de Estudios Públicos.

CIPRES Ingeniería Ltda. (2006), '*Informe Final: Mediciones de flujo, tasa de ocupación, y encuesta origen destino viajes en el cruce canal de Chacao, Xª Región*', Dirección General de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

Corres, H., A. Pérez, J. Romo (2003), '*Bases de diseño del puente del canal de Chacao*', FHECOR Ingenieros Consultores.

Cruz, G. (2013), '*Noruega, el país con mayor calidad de vida del mundo*', ABC.es|Sociedad, <http://www.abc.es/sociedad/20130316/abci-noruega-mejor-calidad-vida-201303152027.html>

DGOP (2012), '*Estudio Puente Chacao*', División de Estudios, Dirección General de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

DGOP (2012), '*Antecedentes Referenciales*', División de Estudios, Dirección General de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

Diario PULSO (2013), '*MOP destaca la rentabilidad del Puente Chacao y espera que obras se inicien en 2015*', PULSO|EMPRESA, <http://www.pulso.cl/noticia/empresa-mercado/empresa/2013/12/11-34880-9-mop-destaca-la-rentabilidad-del-puente-chacao-y-espera-que-obras-se-inicien-en.shtml>

DIPRES (2012), '*Ley de Presupuestos del Sector Público año 2013*', Ministerio de Hacienda, Gobierno de Chile.

DIPRES (2013), '*Ley de Presupuestos del Sector Público año 2014*', Ministerio de Hacienda, Gobierno de Chile.

Engel, E., R. Fischer y A. Galetovic (2008), '*The Basic Public Finance of Public Private Partnerships*', Documento de Trabajo N° 957, Economic Growth Center, Yale University.

Engel, E., R. Fischer y A. Galetovic (2008), '*Public-Private Partnerships: When and How*', Documento de Trabajo N° 257, Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile.

Engel, E., A. Galetovic, R. Fischer y R. Hermosilla (2009), '*La Renegociación de Concesiones y la Nueva Ley*', Centro de Estudios Públicos.

Estache, A., A. Gómez-Lobo (2005), '*Limits to Competition in Urban Bus Services in Developing Countries*', *Transport Reviews*, Vol. 25, No. 2, 139-158.

Flyvbjerg, B., N. Bruzelius, W. Rothengatter (2003), *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*, Cambridge University Press, Cambridge.

Fontaine, E. (1999), *'Evaluación Social de Proyectos'*, 3ra edición, 101-111.

Fundación Paz Ciudadana (2013), *'Balance de la Delincuencia 2012'*, [http://www.pazciudadana.cl/wp-content/uploads/2013/07/2013-05-13\\_balance-de-la-delincuencia-2012.pdf](http://www.pazciudadana.cl/wp-content/uploads/2013/07/2013-05-13_balance-de-la-delincuencia-2012.pdf)

Galetovic, A. (2006), *'Sobre elefantes blancos y el puente del Chacao'*, Centros de Estudios Públicos, [http://www.cepchile.cl/1\\_3802/doc/sobre\\_elefantes\\_blanco\\_y\\_el\\_puente\\_del\\_chacao.html#.UsYfK9LuK2U](http://www.cepchile.cl/1_3802/doc/sobre_elefantes_blanco_y_el_puente_del_chacao.html#.UsYfK9LuK2U)

Gómez-Lobo, A. (2012), *'Institutional Safeguards for Cost Benefit Analysis: Lessons from the Chilean National Investment System'*, Journal of Benefit-Cost Analysis, Vol. 3, Issue 1

Gómez-Lobo, A., C. Belmar (2010), *'Aspectos institucionales para potenciar la evaluación social de proyectos en transporte: lecciones de América Latina'*, Departamento de Economía, Universidad de Chile.

Guendelman, T. (2012), *'Puente sobre el canal de Chacao'*, IEC Ingeniería S.A.

Gutierrez, M. (2009), *'Puente en Chacao: expertos piden estudios serios de rentabilidad social'*, Plataforma Urbana, <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2009/06/16/puente-en-chacao-expertos-piden-estudios-serios-de-rentabilidad-social/>

Hernández, A., C. Ruiz (1999), *'La continentalización de Chiloé'*, Seminario de Título Facultad de Arquitectura, Universidad de Valparaíso.

Ingeniería Cuatro Consultores Ltda. (1997), *'Estudio preliminar de inversión puente en canal de Chacao X Región'*, TR-900 Estudio de demanda y proyecciones de tránsito, Dirección de Vialidad, Dirección General de Obras Públicas, Ministerio de Obras Públicas.

Innovation Norway (2013), *'Ferries, barcos y cruceros en Noruega'*, Oficina de Turismo, Ministerio de Comercio e Industria de Noruega, <http://www.visitnorway.com/en/Getting-here-and-around/Ferries-and-ships/>

Ley de Concesiones de Obras Públicas, Ley N°20410, Biblioteca del Congreso Nacional.

Ministerio de Desarrollo Social (2013), *'Normas, Instrucciones y Procedimientos de Inversión Pública'*, Gobierno de Chile, [http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/NIP%202013%20version%2019%20junio%20\(2\).pdf](http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/NIP%202013%20version%2019%20junio%20(2).pdf)

Ministerio de Obras Públicas (2012), '*Informe Final: Evaluación Social Puente sobre el Canal de Chacao*', Gobierno de Chile, [http://www.mop.cl/puentechiloe/Documents/Informe\\_Final\\_ES\\_Chacao\\_2012\\_MDS.pdf](http://www.mop.cl/puentechiloe/Documents/Informe_Final_ES_Chacao_2012_MDS.pdf)

Sapag, N. (2012), '*Puente Chacao: una vez más*', Diario La Tercera, <http://diario.latercera.com/2012/04/11/01/contenido/opinion/11-105979-9-puente-chacao-una-vez-mas.shtml>

Sapag, N., R. Sapag (2001), '*Preparación y Evaluación de Proyectos*', 2da edición, 263-334.

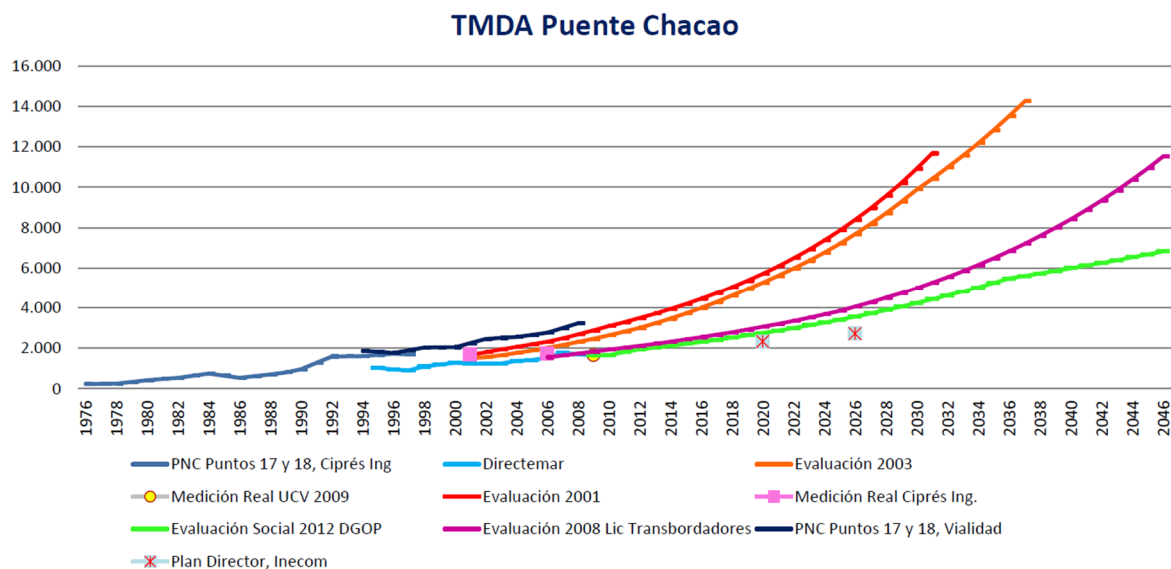
Steer Davies Gleave, (2002), '*Estudio complementario: Demanda Puente Bicentenario Chiloé*', Unidad de Concesiones, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Gobierno de Chile.

Velasco, J. (2012), '*El puente del futuro*', Revista En Concreto N°114, Cámara Chilena de la Construcción, 12-16.

Vidal, C. (2001), '*El Impacto Sociocultural del proyecto puente sobre el canal de Chacao*', Diplomado en Ciencias Sociales, Escuela de Antropología, Universidad de Chile.

## VI. Anexos

### VI.1 Estimación Tránsito Medio Anual (TMDA) cruce canal de Chacao



#### Estimación TMDA período 2011-2058

Año	Total
2011	1.808
2012	1.941
2013	2.027
2014	2.116
2015	2.210
2016	2.308
2017	2.410
2018	2.517
2019	2.628
2020	2.744
2021	2.866
2022	2.992
2023	3.125
2024	3.263
2025	3.407
2026	3.558
2027	3.715
2028	3.879
2029	4.051
2030	4.230
2031	4.417
2032	4.613
2033	4.817
2034	5.029
2035	5.252
2036	5.484
2037	5.605
2038	5.729
2039	5.856
2040	5.985
2041	6.118
2042	6.253

2043	6.391
2044	6.533
2045	6.677
2046	6.825
2047	6.976
2048	7.130
2049	7.287
2050	7.449
2051	7.613
2052	7.782
2053	7.954
2054	8.130
2055	8.309
2056	8.493
2057	8.681
2058	8.873

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

## VI.2 Precio sociales

Con el fin de establecer los parámetros con los cuales serán definidas las inversiones, se presentan a continuación los tipos de cambio utilizados, así como los precios sociales y factores de ajuste vigentes, definidos por el Ministerio de Desarrollo Social.

- Precio Social de la Mano de Obra
  - Calificada : 0,98
  - Semi Calificada : 0,68
  - No Calificada : 0,62
- Precio Social de la Divisa : 1,01

### Precios sociales (Vigentes a Diciembre de 2011)

Tipo de vehículo	Combustible (\$/litro)	Lubricante (\$/litro)	Neumáticos (\$/un)	Veh. Nuevo (Miles \$/un)	Mantención (\$/hora)	Tiempo (\$/h/veh)
Automóvil	451,1	4.081	34.099	7.619,6	3.213	7.289
Camioneta	451,1	4.081	67.373	8.984,8	3.213	9.927
Camión 2 ejes	465,1	1.925	104.341	18.209,8	3.213	4.938
Camión + 2 ejes	472,7	1.925	206.716	41.199,6	3.213	4.938
Buses	472,7	1.925	206.716	65.989,4	3.213	40.881

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

- Tipo de cambio : 521,46 (\$/USD) Dólar observado al 30 de Diciembre de 2011.
- Valor de U.F. : 22.259,95 (\$/UF)

## VI.3 Construcción del flujo económico: proyecto Puente Chacao

Desde la perspectiva social, la evaluación del Puente sobre el canal de Chacao está dirigida a cuantificar los beneficios provenientes de los ahorros por concepto de consumo de recursos que deben ser destinados para realizar el transporte de bienes y personas entre un lado y el otro del canal de Chacao en relación a la situación base. La situación base consiste en seguir transportando el flujo vehicular mediante transbordadores.

En la medida que estos beneficios valorados a precios sociales y puestos en valor presente, sean superiores a la diferencia entre los montos de inversión de las dos alternativas, se podrá concluir respecto de la conveniencia desde el punto de vista social de implementar la alternativa de proyecto.

### **VI.3.1 Definición de la situación base**

La Situación Base corresponde al escenario donde se sigue utilizando en forma optimizada el actual sistema de transbordadores, evitando la degradación del nivel de servicio actual, y para ello adecuando durante todo el período de evaluación, la capacidad operativa del sistema de transbordadores y rampas a las demandas proyectadas.

En este contexto, un modelo de simulación determinístico calcula las necesidades de inversión en naves e infraestructura portuaria para ajustar el perfil de crecimiento de las capacidades de transporte a las proyecciones de demanda, hipótesis que subestima los tiempos de espera en relación a un modelo de tipo estocástico usando la teoría de colas, y por lo tanto los beneficios de la modelación.

### **VI.3.2 Inversión**

#### **VI.3.2.1 Situación sin proyecto**

Actualmente, operan en el canal de Chacao 8 transbordadores, de los cuales 4 quedarán en el año 2012 con una capacidad de transporte de 210 ML, los 4 restantes tienen capacidades de transporte de alrededor de 160 ML.

Respecto de las rampas, hay 5 rampas operativas, 3 en el lado norte y 2 en el lado sur. Por consideraciones técnicas hay un límite máximo de rampas que pueden instalarse a cada lado del canal. Este límite es de 4 rampas por lado. Cada rampa puede servir a su vez a 4 naves, con lo cual la capacidad máxima de la flota que puede operar en el canal es de 16 naves.

Para la situación base optimizada se ha considerado el recambio de las 4 naves menores a transbordadores de 210 ML en el año 2019. A partir de ese año, cada vez que la tasa de ocupación de la demanda anual alcance un porcentaje igual o superior al 97% de la capacidad total de las naves, se procede a agregar una nueva nave, iteración que se repite hasta completar la capacidad máxima de flota, que es de 16 transbordadores, y que en la estimación se alcanza en el año 2037. A partir de ese año, cuando el sistema requiera agregar una nueva nave se procede al recambio de una nave de 210 ML por un nuevo modelo de 500 ML.

En cuanto a la inversión en rampas de la situación base optimizada, cada vez que las naves totales superan un múltiplo de 4 naves se procede a agregar una rampa por cada lado del canal, con la excepción de la primera iteración en que se agrega sólo la rampa faltante del lado sur.

Como se señaló para las naves existen modelos de transbordador de 210 ML y 500 ML, que tendrían velocidad de 8,0 nudos a plena carga. Estas naves tienen un valor neto de US\$ 6,0 y US\$ 13,5 millones, respectivamente. Para la construcción y habilitación de rampas se ha considerado un valor económico neto de US\$ 13,5 millones por rampa.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de naves, rampas e inversiones que satisfacen la demanda proyectada para el cruce del canal de Chacao de acuerdo a los criterios señalados.

## Resultados estimación número de naves por tipo y rampas en inversiones años 2019-2058

Año	Total de Naves 210 ML	Total de Naves 500 ML	Total Naves	Rampas	Inversión Naves (UF)	Inversión Rampas (UF)
2019	8	0	8	5	631.853	0
2020	8	0	8	5	0	0
2021	8	0	8	6	0	315.926
2022	9	0	9	6	140.412	0
2023	9	0	9	6	0	0
2024	9	0	9	6	0	0
2025	10	0	10	6	140.412	0
2026	10	0	10	6	0	0
2027	10	0	10	6	0	0
2028	11	0	11	6	140.412	0
2029	11	0	11	6	0	0
2030	12	0	12	6	140.412	0
2031	12	0	12	8	0	631.853
2032	13	0	13	8	140.412	0
2033	13	0	13	8	0	0
2034	14	0	14	8	140.412	0
2035	15	0	15	8	140.412	0
2036	15	0	15	8	0	0
2037	16	0	16	8	140.412	0
2038	16	0	16	8	0	0
2039	16	0	16	8	1.123.294	0
2040	15	1	16	8	315.926	0
2041	15	1	16	8	0	0
2042	15	1	16	8	0	0
2043	14	2	16	8	315.926	0
2044	14	2	16	8	0	0
2045	14	2	16	8	0	0
2046	13	3	16	8	315.926	0
2047	13	3	16	8	0	0
2048	13	3	16	8	0	0
2049	12	4	16	8	315.926	0
2050	12	4	16	8	0	0
2051	11	5	16	8	315.926	0
2052	11	5	16	8	0	0
2053	10	6	16	8	315.926	0
2054	10	6	16	8	0	0
2055	9	7	16	8	315.926	0
2056	9	7	16	8	0	0
2057	8	8	16	8	315.926	0
2058	8	8	16	8	0	0

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

### VI.3.2.2 Situación con proyecto

Para la determinación de la inversión del proyecto puente sobre el canal de Chacao se ha utilizado como referencia del costo de las partidas el monto de las inversiones calculadas en la última fase del proceso de licitación original del puente sobre el canal de Chacao del año 2006 (Sub Fase II de Ingeniería) ajustado según los polinomios de reajustes de precios de materias primas oficiales del Ministerio de Obras Públicas, y según las variaciones del precio del dólar americano y de la unidad de fomento. La inversión total de referencia, a precios privados, que alcanza la suma de US\$ 864 millones (UF 20.240.002), excluidas las expropiaciones y los gastos financieros. La inversión anterior señalada se derivó de un presupuesto itemizado de la construcción del puente principal y un presupuesto global para los accesos viales (considerando estos como estructuras y obras conexas).

Las expropiaciones fueron valorizadas como moneda nacional y las mitigaciones Ambientales y Territoriales fueron traspasadas a precios sociales sin transformación (factor 1.000).

Para los fines de dimensionamiento en precios sociales de las inversiones se ha procedido a determinar los valores privados de inversión de cada uno de los ítem y realizar su conversión mediante los factores ad-hoc, resultando un total a precios sociales de UF 15.242.430, excluidas las expropiaciones que se valorizaron en UF 48.000 y los gastos financieros que se derivaban del anterior esquema de concesión.

Así, el perfil de inversiones de la situación con proyecto en precios sociales se presenta en el cuadro siguiente.

#### Inversión a precios sociales

Año	Inversión Proyecto (UF)
2012	71.426
2013	491.945
2014	3.195.209
2015	3.274.476
2016	2.705.002
2017	3.843.950
2018	1.708.422

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

#### VI.3.2.3 Diferencial de inversiones

El diferencial de inversión de las situaciones con proyecto y situación base, en precios sociales se presenta en el siguiente cuadro.

#### Diferencial de inversión situación con proyecto y situación base

Año	Diferencial de inversión (UF)
2012	-71.426
2013	-491.945
2014	-3.195.209
2015	-3.274.476
2016	-2.705.002
2017	-3.843.950
2018	-1.708.422
2019	631.853
2020	0
2021	315.926
2022	140.412
2023	0
2024	0
2025	140.412
2026	0
2027	0
2028	140.412
2029	0
2030	140.412
2031	631.853
2032	140.412
2033	0
2034	140.412
2035	140.412
2036	0
2037	140.412
2038	0
2039	1.123.294
2040	315.926
2041	0



2042	0
2043	315.926
2044	0
2045	0
2046	315.926
2047	0
2048	0
2049	315.926
2050	0
2051	315.926
2052	0
2053	315.926
2054	0
2055	315.926
2056	0
2057	315.926
2058	0

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

### VI.3.3 Mantenición

En la situación base se considera la mantención de las naves en operación y de las rampas. Por su parte en la situación con proyecto se considera la mantención del puente (según el esquema de mantención definido por empresas participantes en el desarrollo de la Ingeniería del proyecto anteriormente licitado, el que incluye mantenciones regulares y mantenciones mayores) y la mantención asociada a la operación de vehículos en el cruce por el puente.

Para el caso de las naves se supone un costo de mantención rutinaria (preventiva) y un costo de mantención periódica (mayor).

#### VI.3.3.1 Situación sin proyecto

Se ha determinado a través del análisis de las principales partidas de mantención el costo anual de mantención por nave, el cual tiene una valoración social directa dada la exclusión del IVA.

A continuación se presenta el detalle de costos anuales de mantención para las naves:

#### Costos de mantención rutinaria de naves

Ítem	Periodicidad (meses)	Costo mantención (UF/ítem)	Provisión mantención (UF/año)
Carena de la Nave	24	1.789	895
Motor propulsión N°1	60	716	143
Motor propulsión N°2	60	716	143
Motor generador N°1	34	119	42
Motor generador N°2	34	119	42
Schotell Pumpel Jet #1	20	239	143
Schotell Pumpel Jet #2	20	239	143
Embragues (3 unidades)	20	492	295
Mantención imprevistas y rutinarias	12	1.432	1.432
<b>Total Anual por Nave</b>			<b>3.278</b>

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

Respecto de los costos de mantención periódica de las naves, se ha estimado un monto de un 50% de su valor una vez cada 10 años, lo que corresponde a un refeed. Una vez completada la vida útil de 20 años de las naves, la evaluación supone su recambio total. Este monto asciende a UF 70.206 para las naves de 210 ML y a UF 157.963 para las naves de 500 ML.

En relación a los costos de mantención de las rampas, se ha estimado un monto anual de UF 52 por unidad, que se asimila al valor de la mantención de 250 mts. de una vía pavimentada, según SEBI2004. Se supone que las rampas se empiezan a mantener desde el año siguiente al que se construyen con el costo descrito más arriba.

### VI.3.3.2 Situación con proyecto

Adicional al perfil de costos de mantención del puente, el cual se presenta en el punto siguiente (diferencial de costos de mantención), se han considerado los costos de mantención de los vehículos tomado en cuenta su circulación por el puente, los costos sociales de mantención por tipo de vehículo, las horas/Km de mantención obtenidas a partir de corridas del modelo COPER y las proyecciones de demanda realizadas (TMDA correlacionado con PIB nacional).

De esta forma se obtiene el perfil de costos de mantención de los vehículos, el cual se integra al diferencial de costos de mantención que se muestra en el punto siguiente.

### VI.3.3.3 Diferencial de costos de mantención

A continuación se presentan el resumen de costos de mantención para las situaciones base y con proyecto, definiéndose la mantención resultante como el diferencial entre las mantenciones de puente y vehículos de la situación con proyecto y la situación base.

**Diferencial de costos de mantención**

Año	Mantención Puente situación con proyecto (UF)	Mantención Autos situación con proyecto (UF)	Mantención rutinaria Naves situación sin proyecto (UF)	Mantención mayor Naves (cada 10 años) (UF)	Mantención Rampas situación sin proyecto (UF)	Diferencial Mantención (UF)
2019	20.574	1.727	26.227	0	260	4.187
2020	20.574	1.803	26.227	0	260	4.111
2021	20.574	1.883	26.227	0	260	4.031
2022	20.574	1.966	29.506	0	312	7.278
2023	55.278	2.053	29.506	0	312	-27.513
2024	20.574	2.144	29.506	0	312	7.100
2025	20.574	2.239	32.784	561.647	312	571.931
2026	150.967	2.338	32.784	0	312	-120.208
2027	20.574	2.441	32.784	0	312	10.082
2028	333.165	2.549	36.063	0	312	-299.339
2029	20.574	2.662	36.063	0	312	13.139
2030	20.574	2.779	39.341	0	312	16.300
2031	20.574	2.902	39.341	70.206	312	86.383
2032	20.574	3.031	42.620	0	416	19.431
2033	268.398	3.165	42.620	0	416	-228.527
2034	150.967	3.304	45.898	70.206	416	-37.751
2035	20.574	3.451	49.176	0	416	25.568
2036	20.574	3.603	49.176	0	416	25.416
2037	20.574	3.682	52.455	70.206	416	98.820
2038	333.165	3.764	52.455	0	416	-284.058
2039	20.574	3.847	52.455	70.206	416	98.656
2040	20.574	3.932	52.455	0	416	28.365
2041	20.574	4.020	52.455	70.206	416	98.484
2042	150.967	4.108	52.455	0	416	-102.204
2043	55.278	4.199	52.455	70.206	416	63.600
2044	20.574	4.292	52.455	70.206	416	98.211
2045	20.574	4.387	52.455	0	416	27.910
2046	20.574	4.484	52.455	70.206	416	98.019
2047	20.574	4.583	52.455	0	416	27.714
2048	658.415	4.684	52.455	561.647	416	-48.581
2049	20.574	4.788	52.455	0	416	27.509
2050	150.967	4.894	52.455	157.963	416	54.973

2051	20.574	5.002	52.455	0	416	27.295
2052	20.574	5.113	52.455	0	416	27.185
2053	55.278	5.226	52.455	157.963	416	150.331
2054	20.574	5.341	52.455	0	416	26.956
2055	20.574	5.459	52.455	0	416	26.838
2056	20.574	5.580	52.455	157.963	416	184.680
2057	20.574	5.703	52.455	0	416	26.594
2058	463.558	5.830	52.455	0	416	-416.517

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

### VI.3.4 Tiempo

La evaluación social del puente tiene una componente importante de ahorros de tiempo que se generan por la diferencia entre el tránsito a través del puente y sus vías de acceso (situación con proyecto) en comparación con el cruce del canal en transbordadores (situación base). Para determinar el ahorro en consumo de tiempo se valorizó este ahorro de tiempo utilizando los valores del tiempo social por tipo de vehículos indicados en el Anexo VI.2. Estos valores se han reajustado un 1,7% anual por crecimiento del valor social del tiempo producto del crecimiento real de las remuneraciones.

#### VI.3.4.1 Situación sin proyecto

En base a mediciones de la operación de 2011 y proyectada para los vehículos en los diferentes tipos de nave, se ha determinado los tiempos de estiba, cruce y desembarque para los casos de naves de 210 ML y 500 ML, que se detallan en el cuadro siguiente.

**Consumo de tiempo por etapas**

Item	Naves 210	Naves 500
	metros lineales (min)	metros lineales (min)
Estiba	9,33	16,33
Cruce	20,00	20,00
Bajada	4,00	7,00
<b>Total</b>	<b>33,33</b>	<b>43,33</b>

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

Los tiempos en cola debidamente valorizados con el costo del tiempo social por tipo de vehículos, se han agregado a los ahorros de tiempo y aparecen detallados en el cuadro de diferencial de consumo de tiempo del anexo VI.3.4.3.

#### VI.3.4.2 Situación con proyecto

Para la situación con puente se utilizan las velocidades de operación obtenidas de las corridas COPER por tipo de vehículo del año 2003 y se considera el tiempo necesario para recorren los 2,6 Km de puente y los 8,6 Km de diferencial de kilometraje entre los accesos viales a las rampas y los accesos viales al puente.

Así, se determinan los consumos de tiempo en la situación con proyecto y es posible establecer el ahorro de tiempo por tipo de vehículo.

### Ahorro de tiempo por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Consumo tiempo transbordador 210 ML (h/veh)	Consumo tiempo transbordador 500 ML (h/veh)	Diferencial consumo tiempo puente y accesos COPER (h/veh)	Ahorro tiempo (h/veh)	Ahorro tiempo con naves 210 ML (UF/veh)	Ahorro tiempo con naves de 500 ML (UF/veh)	Velocidad media puente y accesos COPER (km/h)
Vehículos livianos	0,5555	0,7221	0,0945	0,4610	0,1712	0,1712	91,00
Camiones Simple	0,5555	0,7221	0,1102	0,4453	0,0988	0,1357	78,00
Camiones Articulados	0,5555	0,7221	0,1218	0,4337	0,0962	0,1332	70,60
Buses	0,5555	0,7221	0,0976	0,4579	0,8409	1,1469	88,06

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

#### VI.3.4.3 Diferencial de consumo de tiempo

A continuación se presentan el perfil de ahorro de tiempo en el cual se ha valorizado a precios sociales el diferencial de ahorro de tiempo entre la situación base y la situación con proyecto.

#### Ahorro de tiempo situación con proyecto – situación base

Año	Ahorro tiempo excluidas las colas (UF/año)	Ahorro tiempo por colas (UF/año)	Ahorro total tiempo (UF/año)
2019	206.100	2.582	231.943
2020	218.873	34.735	253.607
2021	232.437	46.508	278.944
2022	246.841	33.173	280.014
2023	262.138	44.208	306.346
2024	278.383	59.369	337.752
2025	295.635	45.240	340.876
2026	313.956	60.463	374.420
2027	333.413	80.890	414.302
2028	354.075	65.123	419.198
2029	376.017	87.276	463.294
2030	399.320	73.258	472.578
2031	424.067	98.188	522.255
2032	450.347	85.514	535.860
2033	478.255	114.464	592.719
2034	507.894	103.243	611.136
2035	539.369	95.303	634.672
2036	572.794	127.925	700.720
2037	595.412	105.563	700.975
2038	618.922	123.596	742.518
2039	643.361	144.518	787.879
2040	684.019	119.502	803.521
2041	711.028	139.895	850.922
2042	755.586	163.546	919.132
2043	785.421	139.741	925.162
2044	834.244	163.460	997.704
2045	885.698	190.922	1.076.619
2046	920.670	167.945	1.088.615
2047	977.028	196.389	1.173.417
2048	1.036.401	228.284	1.264.684
2049	1.077.324	206.480	1.283.804
2050	1.142.331	240.573	1.382.904
2051	1.210.793	221.669	1.432.462
2052	1.258.602	258.483	1.517.085
2053	1.333.536	242.475	1.576.011
2054	1.412.425	282.304	1.694.729
2055	1.495.464	269.468	1.764.932

2056	1.554.514	313.083	1.867.597
2057	1.645.360	303.268	1.948.628
2058	1.740.957	351.346	2.092.303

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

### VI.3.5 Combustible

#### VI.3.5.1 Situación sin proyecto

Para la determinación del consumo de combustible anual por nave, se ha realizado el cálculo basándose en su operación continua por 17,5 horas al día, considerando un consumo de 127 litros por hora para las naves de 210 ML y de 254 litros por hora para las naves de 500 ML y una operación de 365 días al año. Este consumo al ser valorado al precio social del Diesel, conlleva un costo social anual por consumo de combustible de cada nave.

Por su parte, se debe considerar el consumo de combustible en ralentí de los vehículos que esperan la subida al transbordador, que para su valoración ha considerado como un incremento en tiempo de un 25% del tiempo de espera para la subida, determinándose el consumo de combustible en ralentí mediante corridas COPER y se ha valorado dicho consumo mediante los precios sociales detallados en el anexo VI.2.

#### Consumo de combustible en ralentí

Tipo de vehículo	Consumo ralentí (lt/km) COPER	Tiempo espera en ralentí 25% Nave 210 ML (h)	Tiempo espera en ralentí 25% Nave 500 ML (h)	Gasto por veh ralentí Nave 210 ML (UF/veh)	Gasto por veh ralentí Nave 500 ML (UF/veh)
Vehículos livianos	1,08	0,0389	0,0680	0,0009	0,0015
Camiones simple	2,22	0,0389	0,0680	0,0018	0,0032
Camiones articulados	2,22	0,0389	0,0680	0,0019	0,0032
Buses	2,22	0,0389	0,0680	0,0019	0,0032

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

Por otra parte, del modelo de simulación determinístico de la situación base se ha extraído las horas de operación nocturna de las naves proyectadas para cada año, para las cuales también se ha agregado el consumo de combustible; el cual se muestra en el cuadro de diferencial de consumo de combustible en el anexo VI.3.5.3.

#### VI.3.5.2 Situación con proyecto

Para determinar los costos de consumo de combustible de los vehículos, se han considerado los precios sociales de combustible por tipo de vehículos indicados en el anexo VI.2, los consumos de combustible por tipo de vehículo obtenidas a partir de corridas COPER y las proyecciones de demanda realizadas (TMDA – PIB nacional).

#### Consumo de combustible por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Consumo (lt/km) COPER	Gasto por veh (UF/veh)
Vehículos livianos	7,43E-02	0,0129
Camiones simple	2,69E-01	0,0483
Camiones articulados	3,72E-01	0,0679
Buses	3,05E-01	0,0557

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

### VI.3.5.3 Diferencial de consumo de combustible

A continuación se presentan los perfiles de consumo de combustible para las situaciones base y con proyecto, definiéndose el combustible resultante como el delta entre las operaciones de vehículos sobre el puente y la operación de naves de la situación base más el consumo de combustible de los vehículos en ralentí.

**Perfiles de consumo de combustible**

<b>Año</b>	<b>Costos Combustible situación con proyecto (UF/año)</b>	<b>Costos Combustible situación sin proyecto (UF/año)</b>	<b>Diferencial costos de Combustible (UF/año)</b>
2019	28.667	134.814	106.147
2020	29.934	134.866	104.932
2021	31.258	134.921	103.663
2022	32.640	151.682	119.042
2023	34.083	151.741	117.658
2024	35.591	151.803	116.213
2025	37.164	168.572	131.408
2026	38.808	168.640	129.832
2027	40.524	168.711	128.187
2028	42.316	185.489	143.173
2029	44.187	185.566	141.379
2030	46.141	202.350	156.209
2031	48.181	202.434	154.253
2032	50.312	219.226	168.914
2033	52.537	219.318	166.781
2034	54.860	236.118	181.258
2035	57.286	252.922	195.636
2036	59.819	253.026	193.207
2037	61.142	269.785	208.643
2038	62.494	269.841	207.347
2039	63.875	269.897	206.022
2040	65.288	286.786	221.498
2041	66.731	286.848	220.117
2042	68.207	286.912	218.705
2043	69.715	303.816	234.101
2044	71.256	303.885	232.629
2045	72.831	303.956	231.125
2046	74.442	320.877	246.435
2047	76.088	320.954	244.866
2048	77.770	321.033	243.263
2049	79.489	337.971	258.482
2050	81.247	338.057	256.811
2051	83.043	355.010	271.967
2052	84.879	355.103	270.224
2053	86.756	372.070	285.314
2054	88.674	372.172	283.497
2055	90.635	389.154	298.519
2056	92.639	389.264	296.625
2057	94.687	406.263	311.576
2058	96.781	406.382	309.601

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

### VI.3.6 Operación

En la situación base se consideran los costos de operación de las naves, por su parte en la situación con proyecto se consideran los costos de operación de los vehículos sobre el puente.

#### VI.3.6.1 Situación sin proyecto

Se ha determinado a través del análisis de las principales partidas de operación (personal y otros costos operacionales) el costo anual de operación por nave, el cual tiene una valoración social directa dada su presentación sin incluir I.V.A.

En el siguiente cuadro se presenta el detalle de costos anuales de operación para las naves tipo que cruzan el canal de Chacao.

#### Detalle de costos de operación viajes

Ítem	(UF/año)
Personal	4.080
Otros costos operacionales	716
<b>Total costos operacionales por Nave</b>	<b>4.796</b>

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

#### VI.3.6.2 Situación con proyecto

Para determinar los costos de operación de los vehículos se han considerado, los costos sociales de operación por tipo de vehículo, los consumos de recursos para la operación, obtenidas a partir de corridas COPER que se hicieron en las modelaciones de la Evaluación Social para la licitación de año 2006 y las proyecciones de demanda realizadas (TMDA correlacionado con PIB nacional).

#### Costos anuales de operación para vehículos

Tipo de vehículo	Lubricantes (lt/km)	Costo ítem lubricantes (UF/veh)	Neumáticos (neu/km)	Costo ítem neumáticos (UF/veh)	Repuestos (veh/km)	Costo ítem repuestos (UF/veh)	Costos operación anuales (UF/veh)
Vehículos livianos	1,26E-03	0,0011	6,37E-05	0,0006	1,39E-06	0,0012	0,0029
Camiones Simple	3,81E-03	0,0017	9,63E-05	0,0042	4,50E-06	0,0028	0,0087
Camiones Articulados	5,11E-03	0,0023	2,11E-05	0,0119	1,21E-06	0,0055	0,0197
Buses	2,91E-03	0,0013	7,01E-05	0,004	4,43E-07	0,0057	1,10E-02

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

De esta forma se obtiene el perfil de costos de mantención de los vehículos, el cual se integra al diferencial de costos de operación presentado en el punto siguiente.

#### VI.3.6.3 Diferencial de costos de operación

A continuación se presentan los costos de operación para las situaciones base y con proyecto, definiéndose la operación resultante como el delta entre las operaciones de vehículos sobre el puente y la operación de naves de la situación base.

### Perfiles de costos de operación

Año	Costos Operación situación con proyecto (UF/año)	Costos Operación situación sin proyecto (UF/año)	Diferencial Costos de Operación (UF/año)
2019	24.938	38.366	13.428
2020	25.233	38.366	13.133
2021	25.541	38.366	12.825
2022	25.862	43.162	17.300
2023	26.198	43.162	16.964
2024	26.549	43.162	16.614
2025	26.915	47.958	21.043
2026	27.297	47.958	20.661
2027	27.696	47.958	20.262
2028	28.113	52.754	24.641
2029	28.548	52.754	24.206
2030	29.002	57.550	28.548
2031	29.477	57.550	28.073
2032	29.472	62.345	32.373
2033	30.489	62.345	31.856
2034	31.030	67.141	36.112
2035	31.594	71.937	40.343
2036	32.183	71.937	39.754
2037	32.490	76.733	44.242
2038	32.805	76.733	43.928
2039	33.126	76.733	43.607
2040	33.454	76.733	43.278
2041	33.790	76.733	42.943
2042	34.133	76.733	42.600
2043	34.484	76.733	42.249
2044	34.842	76.733	41.890
2045	35.209	76.733	41.524
2046	35.583	76.733	41.150
2047	35.966	76.733	40.767
2048	36.357	76.733	40.376
2049	36.757	76.733	39.976
2050	37.166	76.733	39.567
2051	37.583	76.733	39.149
2052	38.010	76.733	38.722
2053	38.447	76.733	38.286
2054	38.893	76.733	37.840
2055	39.349	76.733	37.384
2056	39.815	76.733	36.918
2057	40.291	76.733	36.442
2058	40.778	76.733	35.955

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

#### VI.3.7 Valor residual

El valor residual de la evaluación realizada resulta de la diferencia entre el valor residual de la situación base y el valor residual de la situación con proyecto.

Para el caso del valor residual de la situación base se ha estimado que las naves tienen una vida útil de 20 años, y que el valor residual de ellas corresponde a fracción lineal de vida útil que les reste al cumplirse los 40 años de operación del proyecto multiplicado por el valor unitario de cada nave.

El valor residual corresponde al costo de oportunidad o mejor uso alternativo del remanente de las obras del proyecto, al final de su vida útil económica.

Para el caso de la inversión en el puente sobre el canal de Chacao, el proyecto considera un



puente con una vida útil de 100 años, con una fuerte componente de acero, más todas las mantenciones necesarias para una óptima conservación de esta obra pública. No obstante que esta evaluación se está efectuando para un horizonte de 40 años, se ha utilizado un criterio conservador y se ha asumido un valor residual de un 70% de la inversión.

Este criterio de valor residual resulta también conservador si se compara con el cálculo utilizado en la evaluación social del año 2003, que se obtuvo mediante la metodología de los beneficios directos del proyecto durante el último año (2037) y posteriormente dicho valor dividido por la tasa de descuento social (valor perpetuo de los beneficios) y que entregó como valor residual una cifra superior al 400% del valor de la inversión del proyecto.

### VI.3.8 Flujo económico

Finalmente, en el cuadro siguiente, se presentan los resultados de la evaluación social del proyecto, para un horizonte de evaluación de 45 años (5 años de construcción y 40 años de operación).

Año	Inversión [UF]	Mantención [UF]	Tiempo [UF]	Combustible [UF]	Operación [UF]	Flujo [UF]
2012	-71.426	0	0	0	0	-71.426
2013	-491.945	0	0	0	0	-491.945
2014	-3.195.209	0	0	0	0	-3.195.209
2015	-3.274.476	0	0	0	0	-3.274.476
2016	-2.705.002	0	0	0	0	-2.705.002
2017	-3.843.950	0	0	0	0	-3.843.950
2018	-1.708.422	0	0	0	0	-1.708.422
2019	631.853	4.187	231.943	106.147	13.428	987.558
2020	0	4.111	253.607	104.932	13.133	375.783
2021	315.926	4.031	278.944	103.663	12.825	715.389
2022	140.412	7.278	280.014	119.042	17.300	564.046
2023	0	-27.513	306.346	117.658	16.964	413.455
2024	0	7.100	337.752	116.213	16.614	477.679
2025	140.412	571.931	340.876	131.408	21.043	1.205.670
2026	0	-120.208	374.420	129.832	20.661	404.705
2027	0	10.082	414.302	128.187	20.262	572.833
2028	140.412	-299.339	419.198	143.173	24.641	428.085
2029	0	13.139	463.294	141.379	24.206	642.018
2030	140.412	16.300	472.578	156.209	28.548	814.047
2031	631.853	86.383	522.255	154.253	28.073	1.422.817
2032	140.412	19.431	535.860	168.914	32.373	896.990
2033	0	-228.527	592.719	166.781	31.856	562.829
2034	140.412	-37.751	611.136	181.258	36.112	931.167
2035	140.412	25.568	634.672	195.636	40.343	1.036.631
2036	0	25.416	700.720	193.207	39.754	959.097
2037	140.412	98.820	700.975	208.643	44.242	1.193.092
2038	0	-284.058	742.518	207.347	43.928	709.735
2039	1.123.294	98.656	787.879	206.022	43.607	2.259.458
2040	315.926	28.365	803.521	221.498	43.278	1.412.588
2041	0	98.484	850.922	220.117	42.943	1.212.466
2042	0	-102.204	919.132	218.705	42.600	1.078.233
2043	315.926	63.600	925.162	234.101	42.249	1.581.038
2044	0	98.211	997.704	232.629	41.890	1.370.434
2045	0	27.910	1.076.619	231.125	41.524	1.377.178
2046	315.926	98.019	1.088.615	246.435	41.150	1.790.145
2047	0	27.714	1.173.417	244.866	40.767	1.486.764
2048	0	-48.581	1.264.684	243.263	40.376	1.499.742
2049	315.926	27.509	1.283.804	258.482	39.976	1.925.697
2050	0	54.973	1.382.904	256.811	39.567	1.734.255
2051	315.926	27.295	1.432.462	271.967	39.149	2.086.799
2052	0	27.185	1.517.085	270.224	38.722	1.853.216
2053	315.926	150.331	1.576.011	285.314	38.286	2.365.868

2054	0	26.956	1.694.729	283.497	37.840	2.043.022
2055	315.926	26.838	1.764.932	298.519	37.384	2.443.599
2056	0	184.680	1.867.597	296.625	36.918	2.385.820
2057	315.926	26.594	1.948.628	311.576	36.442	2.639.166
2058	8.957.479	-416.517	2.092.303	309.601	35.955	10.978.821

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2012).

#### VI.4 Cálculo del momento óptimo de inicio con una inversión de US\$740 millones

Postergar (años)	VA Inversión <sub>0</sub> (UF)	VA Inversión <sub>0</sub> /(1+r) <sup>n</sup> (UF)	Beneficios Neto (UF)	VABN Postergar (UF)
1	-9.977.178	-9.412.432	-656.782	-92.037
2	-9.977.178	-8.879.653	-892.553	204.972
3	-9.977.178	-8.377.031	-1.315.991	284.156
4	-9.977.178	-7.902.859	-1.630.951	443.367
5	-9.977.178	-7.455.528	-1.848.754	672.896
6	-9.977.178	-7.033.517	-2.086.146	857.515
7	-9.977.178	-6.635.393	-2.651.411	690.373
8	-9.977.178	-6.259.805	-2.830.413	886.960
9	-9.977.178	-5.905.476	-3.069.436	1.002.266
10	-9.977.178	-5.571.204	-3.237.950	1.168.024
11	-9.977.178	-5.255.853	-3.476.373	1.244.952
12	<b>-9.977.178</b>	<b>-4.958.352</b>	<b>-3.761.569</b>	<b>1.257.257</b>
13	-9.977.178	-4.677.690	-4.231.828	1.067.659
14	-9.977.178	-4.412.915	-4.511.514	1.052.748
15	-9.977.178	-4.163.128	-4.677.073	1.136.977
16	-9.977.178	-3.927.479	-4.935.477	1.114.222
17	-9.977.178	-3.705.169	-5.206.864	1.065.145
18	-9.977.178	-3.495.442	-5.443.740	1.037.995
19	-9.977.178	-3.297.587	-5.721.729	957.861
20	-9.977.178	-3.110.931	-5.877.736	988.510
21	-9.977.178	-2.934.841	-6.346.275	696.062
22	-9.977.178	-2.768.718	-6.622.620	585.840
23	-9.977.178	-2.611.998	-6.846.389	518.791
24	-9.977.178	-2.464.149	-7.034.120	478.909
25	-9.977.178	-2.324.669	-7.293.813	358.696
26	-9.977.178	-2.193.084	-7.506.172	277.922
27	-9.977.178	-2.068.947	-7.707.497	200.734
28	-9.977.178	-1.951.837	-7.954.378	70.963
29	-9.977.178	-1.841.355	-8.147.814	-11.992
30	-9.977.178	-1.737.128	-8.331.894	-91.843
31	-9.977.178	-1.638.800	-8.554.876	-216.498

Fuente: Elaboración propia.

#### VI.5 Cálculo del momento óptimo de inicio con una inversión de US\$864 millones

Postergar(años)	VA Inversión <sub>0</sub> (UF)	VA Inversión <sub>0</sub> /(1+r) <sup>n</sup> (UF)	Beneficios Neto (UF)	VABN Postergar (UF)
1	-11.649.029	-10.989.650	-656.782	2.597
2	-11.649.029	-10.367.595	-892.553	388.881
3	-11.649.029	-9.780.750	-1.315.991	552.289
4	-11.649.029	-9.227.122	-1.630.951	790.956
5	-11.649.029	-8.704.832	-1.848.754	1.095.443
6	-11.649.029	-8.212.106	-2.086.146	1.350.777
7	-11.649.029	-7.747.270	-2.651.411	1.250.348
8	-11.649.029	-7.308.745	-2.830.413	1.509.871
9	-11.649.029	-6.895.042	-3.069.436	1.684.551
10	-11.649.029	-6.504.757	-3.237.950	1.906.322
11	-11.649.029	-6.136.563	-3.476.373	2.036.093
12	-11.649.029	-5.789.211	-3.761.569	2.098.250
13	-11.649.029	-5.461.519	-4.231.828	1.955.681
14	-11.649.029	-5.152.377	-4.511.514	1.985.138

15	-11.649.029	-4.860.733	-4.677.073	2.111.223
16	<b>-11.649.029</b>	<b>-4.585.597</b>	<b>-4.935.477</b>	<b>2.127.955</b>
17	-11.649.029	-4.326.035	-5.206.864	2.116.130
18	-11.649.029	-4.081.165	-5.443.740	2.124.124
19	-11.649.029	-3.850.156	-5.721.729	2.077.144
20	-11.649.029	-3.652.222	-5.887.736	2.109.071
21	-11.649.029	-3.426.625	-6.346.275	1.876.129
22	-11.649.029	-3.232.665	-6.622.620	1.793.744
23	-11.649.029	-3.049.684	-6.846.389	1.752.956
24	-11.649.029	-2.877.060	-7.034.120	1.737.849
25	-11.649.029	-2.714.208	-7.293.813	1.641.008
26	-11.649.029	-2.560.573	-7.506.172	1.582.284
27	-11.649.029	-2.415.635	-7.707.497	1.525.897
28	-11.649.029	-2.278.901	-7.954.378	1.415.750
29	-11.649.029	-2.149.907	-8.147.814	1.351.308
30	-11.649.029	-2.028.214	-8.331.894	1.288.922
31	-11.649.029	-1.913.409	-8.554.876	1.180.744
32	-11.649.029	-1.805.103	-8.744.324	1.099.602
33	-11.649.029	-1.702.928	-8.959.380	986.721
34	-11.649.029	-1.606.535	-9.139.554	902.940
35	-11.649.029	-1.515.599	-9.356.549	776.881
36	-11.649.029	-1.429.811	-9.533.327	685.892
37	-11.649.029	-1.348.878	-9.732.797	567.354
38	-11.649.029	-1.272.527	-9.916.526	459.976
39	-11.649.029	-1.200.497	-10.108.262	340.270
40	-11.649.029	-1.132.544	-10.860.726	-344.241

Fuente: Elaboración propia.

#### VI.6 Monto de inversión necesario para que el momento óptimo de inicio del proyecto sea el año 2012

Postergar (años)	VA Inversión <sub>0</sub> (UF)	VA Inversión <sub>0</sub> /(1+r) <sup>n</sup> (UF)	Beneficios Neto (UF)	VABN Postergar (UF)
1	-7.455.379	-7.033.376	-656.782	-234.780
2	-7.455.379	-6.635.261	-892.553	-72.435
3	-7.455.379	-6.259.680	-1.315.991	-120.292
4	-7.455.379	-5.905.358	-1.630.951	-80.931

Fuente: Elaboración propia.

#### VI.7 Flujo económico reconstruido para un TMDA de 4.000 en el año 2019

Año	Inversión (UF)	Mantenimiento (UF)	Operación (UF)	Combustible (UF)	Tiempo (UF)	Flujo Neto (UF)
2012	-61.175	0	0	0	0	-61.175
2013	-421.342	0	0	0	0	-421.342
2014	-2.736.637	0	0	0	0	-2.736.637
2015	-2.804.528	0	0	0	0	-2.804.528
2016	-2.316.784	0	0	0	0	-2.316.784
2017	-3.292.272	0	0	0	0	-3.292.272
2018	-1.463.232	0	0	0	0	-1.463.232
2019	140.412	13.200	24.641	143.173	419.198	740.624
2020	0	13.087	24.206	141.379	463.293	641.965
2021	140.412	16.248	28.548	156.209	472.578	813.995
2022	631.853	86.383	28.073	154.253	522.255	1.422.817
2023	140.412	-15.377	32.873	168.914	535.861	862.683
2024	0	19.193	31.856	166.781	592.719	810.549
2025	140.412	92.538	36.111	181.258	611.137	1.061.456
2026	140.412	-104.930	40.343	195.636	634.672	906.133
2027	0	25.311	39.754	193.207	700.719	958.991
2028	140.412	-213.874	44.243	208.643	700.975	880.399
2029	0	28.429	43.928	207.347	742.518	1.022.222
2030	1.123.294	98.552	43.607	206.022	787.879	2.259.354

2031	315.926	28.261	43.279	221.498	803.521	1.412.485
2032	0	98.483	42.943	220.117	850.923	1.212.466
2033	0	-219.635	42.600	218.705	919.132	960.802
2034	315.926	-32.089	42.249	234.101	925.162	1.485.349
2035	0	98.211	41.891	232.629	997.704	1.370.435
2036	0	27.910	41.524	231.125	1.076.620	1.377.179
2037	315.926	98.019	41.150	246.435	1.088.615	1.790.145
2038	0	-284.877	40.767	244.866	1.173.417	1.174.173
2039	0	589.260	40.376	243.263	1.264.685	2.137.584
2040	315.926	27.509	39.976	258.482	1.283.804	1.925.697

Fuente: Elaboración propia.

## VI.8 Cálculo del momento óptimo de inicio con un TMDA de 4.000 en el 2019

Postergar (años)	VA Inversión <sub>0</sub> (UF)	VA Inversión <sub>0</sub> /(1+r) <sup>n</sup> (UF)	Beneficios Neto (UF)	VABN Postergar (UF)
1	-9.977.178	-9.412.432	-492.558	72.188
2	-9.977.178	-8.879.653	-895.335	202.190
3	-9.977.178	-8.377.031	-1.377.137	223.010
4	-9.977.178	-7.902.859	-2.171.631	-97.312
5	-9.977.178	-7.455.528	-2.626.081	-104.431
6	-9.977.178	-7.033.517	-3.028.900	-85.238
7	-9.977.178	-6.635.393	-3.526.551	-184.767
8	-9.977.178	-6.259.805	-3.927.335	-209.962
9	-9.977.178	-5.905.476	-4.327.489	-255.787
10	-9.977.178	-5.571.204	-4.674.054	-268.080

Fuente: Elaboración propia.

## VI.9 Modelo financiamiento y proceso de licitación

- Objeto del contrato: Diseño y construcción (Design & Build, DB) de un puente colgante sobre el canal de Chacao.
- Mandante: Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad.
- Mecanismo de contratación: Sistema de contratación tradicional con pago a suma alzada por estados de avance de la obra.
- Etapas del proceso de licitación:
  1. Precalificación de Empresas
  2. Licitación de Diseño y Construcción
- Alcances:
  - Elaboración de la Ingeniería Definitiva.
  - Construcción del Puente, accesos inmediatos y Área de Servicios (Edificio de Control y Monitoreo y Mirador).
  - Entrega de Manuales de Operación y Mantenimiento.
- Fase de Licitación (Entregables por Licitantes):
  - Anteproyecto Oferta
  - Manual preliminar de Operación y Mantenimiento
  - Carta Oferta: Presupuesto y Plazo
- Fase de Contrato (Entregables por Contratista):
  - Ingeniería de detalle.
  - Construcción.
  - Manual de Operación y Mantenimiento.
  - Marcha Blanca.
- Requisitos para la precalificación:
  - Experiencia en ingeniería y diseño de un puente colgante de vano mayor, igual o superior a 600 m, puesto en servicio desde el año 1985 en adelante.
  - Experiencia en realización estudios de ingeniería básica: geológicos, geotécnicos, de vientos e hidráulica marina.
  - Experiencia en construcción de un puente de grandes luces de vano mayor, igual o

- superior a 600 m, puesto en servicio desde el año 1985 al 31 de Julio de 2012.
  - Experiencia en fundaciones bajo el agua off shore, marinas o fluviales, en profundidades superiores a los 20 m realizadas desde el año 1985 y hasta el 31 de Julio de 2012.
  - Acreditar un capital de trabajo superior a USD 200 millones.
- Cronograma diseño y construcción del Puente:
- Precalificación: Agosto 2012 a Febrero 2013.
  - Venta de Bases de Licitación: Mayo 2013.
  - Recepción de ofertas: 4 meses después de entrega de Bases de Licitación aproximadamente.
  - Revisión Antecedentes: 1 mes (Octubre 2013).
  - Adjudicación: Primer trimestre 2014.
  - Inicio de contrato (Diseño): Segundo trimestre 2014.
  - Inicio de obras: 2015.
  - Entrada en operación estimada: 2019

