

## **EL BENEFICIO A USUARIOS CORREGIDO, UNA NUEVA METODOLOGIA PARA LA EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS: APLICACION A TRANSPORTE AEREO**

Tristán E. Gálvez

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile

Casilla 228-3, Fono 562-6784380, Fax 562-6712799

correo electrónico: [tgalvez @ cmet.net](mailto:tgalvez@cmet.net), Santiago, Chile

Gustavo Ibáñez

INGECONOMICA Ltda.

11 de Septiembre 2155, Torre B, Of. 901, Santiago, Chile

### **RESUMEN**

Como parte del desarrollo metodológico reciente en evaluación social de proyectos, ha sido propuesta una nueva metodología para el cálculo de beneficios derivados de proyectos de inversión en infraestructura de transporte. En este artículo se aplica esta nueva metodología a dos proyectos de mejoramiento de aeródromos, Bernardo O'Higgins en Chillán y Robinson Crusoe en la isla de Juan Fernández, discutiendo las principales diferencias y ventajas con respecto a la metodología clásica, basada en el ahorro de recursos, y la metodología alternativa basada en el beneficio a usuarios.

### **1. INTRODUCCION**

El presente trabajo presenta una aplicación del "Manual de Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Infraestructura Aeroportuaria" (MIDEPLAN, 1994) originalmente desarrollado por CADE-CITRA-DICTUC (1994), orientada a comparar los dos métodos de evaluación social de proyectos propuestos en el mismo: la metodología clásica o tradicional basada en el ahorro de recursos, y una nueva metodología basada en el beneficio a usuarios corregido.

Los casos tratados son el mejoramiento del aeródromo Robinson Crusoe de Juan Fernández y el mejoramiento del aeródromo Bernardo O'Higgins de Chillán. En ambos casos el interés principal es la comparación metodológica, por lo cual se han adoptado supuestos simplificatorios en la modelación que implican que los resultados obtenidos pueden no corresponder a la rentabilidad real de los proyectos. Cabe destacar que en ambos casos el uso de antecedentes y parámetros que fueron adoptados a partir de estudios de consultoría, con el objeto de dar realismo al ejercicio de comparación, es de responsabilidad de los autores y no compromete en modo alguno a los mandantes y consultores de cada estudio.

Estos casos fueron elegidos buscando la mayor diversidad posible en la distribución de los usuarios por estrato de ingreso. Se espera que en el caso de Chillán dicha distribución estará fuertemente concentrada en los tramos de ingreso alto, pues para los estratos medio y bajo existen buenas alternativas de transporte terrestre desde Santiago. En cambio, en el caso de Juan Fernández es posible que se encuentre usuarios de todos los estratos al no existir en la práctica alternativas de transporte razonables.

El presente trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos siendo el primero la presente introducción. El segundo capítulo presenta antecedentes. El tercer capítulo contiene el caso del Aeródromo Bernardo O'Higgins de Chillán. El cuarto capítulo se refiere al caso del Aeródromo Robinson Crusoe de Juan Fernández y el quinto contiene las principales conclusiones.

## 2. ANTECEDENTES

La corrientemente denominada metodología clásica o tradicional de evaluación social de proyectos postula que la forma correcta de estimar los beneficios derivados de la ejecución de un proyecto es el cálculo del ahorro de recursos que dicha ejecución produce, con respecto a cierta situación base o de referencia. Este ahorro de recursos es valorizado utilizando precios sociales, que representan el costo de oportunidad o la escasez de cada recurso.

Como alternativa al método clásico se ha planteado la evaluación por beneficio a usuarios, calculado a partir de las funciones de utilidad empleadas en los modelos de elección discreta, siguiendo las líneas originalmente propuestas por Williams (1977). Ambos métodos fueron inicialmente considerados en el submodelo de evaluación (VERDI) del modelo ESTRAUS (CIS-SK, 1989). Sin embargo, el método basado en el beneficio a usuario nunca fue oficialmente adoptado en Chile, probablemente debido a dos razones: que corresponde a valoraciones privadas o subjetivas, que no necesariamente representan el valor social de los beneficios, y que tiende a producir valores para los beneficios sustancialmente superiores a los obtenidos por la metodología clásica.

Por otra parte, la metodología clásica presenta notorias deficiencias, en el sentido que en ciertos casos produce resultados extraños y contraintuitivos. El caso más frecuente es indicar pérdidas o ausencia de beneficios en situaciones en que hay mejoramientos obvios en relación a la situación base. La causa general de esta anomalía parece radicar en un supuesto implícito en la metodología clásica, el de que todas las alternativas estudiadas producen bienes o servicios de igual calidad. Ello implica que, cuando la situación con proyecto es de mejor calidad que la situación base, pero consume más recursos, la metodología clásica no es suficiente para dar indicadores sensatos de evaluación.

Para superar las limitaciones de ambos métodos, una nueva metodología de cuantificación de beneficios ha sido desarrollada, y ha sido incluida como alternativa a la metodología clásica en dos Manuales de evaluación de proyectos: el de infraestructura aeroportuaria (CADE-CITRA-DICTUC, 1994) y el de infraestructura vial (CITRA, 1995). Ambos manuales se encuentran en la actualidad en su proceso de "marcha blanca".

La idea central de esta nueva metodología consiste en considerar dos fuentes principales de beneficios de un proyecto. La primera es el ahorro de recursos, idéntico al de la metodología clásica. La segunda es un beneficio a usuarios corregido, que se suma a la primera.

Este beneficio a usuarios corregido difiere del beneficio a usuarios tradicional en dos aspectos. El primero se refiere a que se excluye de la función de utilidad los términos relacionados con el consumo de recursos físicos ya incluidos en el consumo de recursos. El segundo se refiere a que los beneficios calculados se corrigen considerando la utilidad marginal del ingreso de cada segmento de usuarios.

Una descripción completa de esta nueva metodología se encuentra en los Manuales ya citados. El enfoque propuesto fue además utilizado por Gálvez y Jara (1995) para derivar una nueva metodología de cálculo del valor social de reducciones en el tiempo de viaje de los usuarios.

Para el caso más frecuente en evaluación social, en que la inversión se financia con dinero procedente de impuestos, la expresión final a que se llega para efectos de corregir los beneficios privados está dada por la ecuación

$$dB = \sum_q \frac{\lambda_q}{\lambda_s} \cdot dB_q \quad (1)$$

donde  $dB_q$  representa el beneficio privado, expresado en dinero, del segmento de usuarios q,  $dB$  representa el beneficio social,  $\lambda_q$  es la utilidad marginal del ingreso del segmento q, y  $\lambda_s$  está dado por la expresión

$$\lambda_s = \frac{\sum_q \lambda_q \cdot dT_q}{\sum_q dT_q} \quad (2)$$

donde  $dT_q$  es la fracción de la recaudación tributaria pagada por contribuyentes del segmento q.

### **3. AERODROMO BERNARDO O'HIGGINS DE CHILLAN**

#### **3.1. Antecedentes generales**

El aeródromo Bernardo O'Higgins, ubicado a 8 kilómetros de Chillán, tiene una pista asfaltada de 1.674 metros de largo por 25 de ancho. No existe terminal de pasajeros, utilizándose para tal efecto instalaciones del Club Aéreo, en condiciones muy precarias.

De acuerdo a las recomendaciones de OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional), la pista tiene un ancho insuficiente para la operación de aviones a reacción del tipo Boeing 737, que son los que operan normalmente la ruta nacional. Adicionalmente, de acuerdo a lo que indica el estudio de OMEGA-CITRA (1994), el largo de la pista también resulta insuficiente para tal categoría de aviación. El estudio de capacidad de soporte realizado recientemente por el MOP

indica que la pista no tiene resistencia para la operación de aviones a reacción, y que su refuerzo implica la demolición de la pista actual, la que se encuentra fundada sobre terreno no saneado, con restos de materia orgánica.

En la actualidad, la ruta Santiago-Chillán es servida por aviones a hélice, con capacidad para 19 pasajeros, de itinerario regular; en el pasado cercano, sin embargo, Ladeco operó aviones a reacción (BAC 1.11 y Boeing 737), hasta que la crisis financiera global sufrida por la empresa llevó a suspender tales servicios.

Chillán es una ciudad relativamente grande dentro del ámbito regional, con aproximadamente 150.000 habitantes, cuya actividad predominante es la agroindustria. En los próximos años se espera un rápido incremento en la actividad forestal, debido a que existen grandes reservas de pino insigne en el área, próximas a entrar en producción. Se encuentra a 400 kilómetros al sur de Santiago, lo que implica la existencia de una gran competencia del transporte terrestre, la que se ve agudizada por el hecho que Santiago-Chillán es el mejor sector de la vía férrea, donde el avión tiene pocas ventajas en términos de tiempo de viaje.

### 3.2. Identificación del proyecto

El proyecto consiste en realizar diversos mejoramientos que permitan dar al aeródromo de Chillán una capacidad necesaria para permitir la operación de aviones de categoría nacional, de acuerdo a la clasificación del Manual de Evaluación de Proyectos de Transporte Aéreo (MIDEPLAN, 1994).

Para lograr estos propósitos se ha considerado reforzar y aumentar las dimensiones de la pista, mejorar las condiciones de drenaje, tanto de la pista como de la plataforma de estacionamiento de aviones y construir un edificio terminal, con capacidad para atender un avión de 120 pasajeros, y dotado de un puente de embarque. Los costos de inversión correspondientes, valorizados a precios sociales, fueron estimados en US\$ 4.985.000 (CITRA, 1997a).

### 3.3. Modelación

El Cuadro 3.1 muestra el cálculo de tarifas de transporte aéreo, para las situaciones sin y con proyecto, sobre la base de lo dispuesto en el Manual de Evaluación de Proyectos de Transporte Aéreo. La tarifa de US\$65 para la situación actual, en que opera sólo la aviación local, es muy similar a las tarifas reales actuales.

El Cuadro 3.2 muestra que el nivel de tráfico ha fluctuado, en los últimos tres años, en torno a los 12.000 pasajeros anuales; sin embargo, debe mencionarse que en los años 1994 y 1995 operó exclusivamente Ladeco, con aviones a reacción, en tanto que en 1996 ingresó ALTA al mercado, saliendo LADECO. La reducción de 1997 puede ser atribuida al deterioro del servicio de LADECO, que posteriormente llevó a su eliminación en 1996. El hecho que en 1996 el tráfico haya retomado su nivel, aún con una tarifa promedio substancialmente más alta, indica que el tráfico global debiera haber experimentado un aumento importante.

Para estimar el flujo con proyecto se ha utilizado un modelo de partición modal adaptado de CITRA (1997b). Para aplicarlo se recalibró constantes modales con los datos de demanda real de cada modo. Se supuso además que la constante modal del avión (negativa) reduce su valor absoluto en un 5% en la situación con proyecto para reflejar el mejoramiento en la calidad del servicio. El modelo de partición modal utilizado es un modelo logit multinomial con la siguiente función de utilidad:

Coeficiente del tiempo de viaje:	-0,2661 (util/hora)
Coeficiente del costo:	-0,00003537 (util/\$)
Valor subjetivo del tiempo:	125,4 (\$/min)

**Cuadro 3.1**  
**Costos de Operación de Aviones, Con y Sin Proyecto**

	Av General	Av Local	Av Nacional
Costo operacional(US\$)	885	696	2461
Capacidad (Asientos)	6	19	120
Ocupación	100%	60%	0,6
Velocidad (Kms/hora)	400	500	800
Distancia (Kms)	385	385	385
Tiempo de Vuelo (Hrs/vuelo)	0,9625	0,77	0,48125
Tiempo de Man. (Hrs/Vuelo)	0,2	0,3	0,4
Tiempo de Viaje (Hrs/Vuelo)	1,1625	1,07	0,88125
Velocidad Media (Kms/Hora)	331	360	437
Productividad (Pas-Km/hora)	1.987	4.102	31.455
Costo Unitario (US\$/pas/Km)	0,445	0,170	0,078
Tarifa (US\$/pas)	171	65	30

Fuente: Manual de Evaluación de Proyectos de Transporte  
Aéreo, Capítulo 8.

**Cuadro 3.2**  
**Tráfico Histórico de Pasajeros Santiago-Chillán, 1994-1999**  
**(Pasajeros anuales, ambos sentidos)**

Pasajeros/año	1994	1995	1996
ALTA	0	0	6.753
Ladeco	12.960	10.682	5.730
Total	12.960	10.682	12.483
Costo de operación			
ALTA	65	65	65
Ladeco	30	30	30
Promedio ponderado	30	30	49

Fuente: Junta de Aeronáutica Civil

El Cuadro 3.3 resume los valores de las variables de servicio y partición modal de 1997, con los cuales fueron calculadas las constantes modales. Se muestra además las variables de servicio y partición modal para la situación con proyecto en dicho año. El cuadro 3.4 muestra las proyecciones al horizonte de evaluación.

**Cuadro 3.3**  
**Valores de las variables de servicio y partición modal de 1997**

	Variable	Avión	Auto	Bus	Tren	Total
Situación base	Partición modal (pax/año)	9.088	109.657	217.851	475.524	812.120
	Partición modal (%)	1,12%	13,50%	26,82%	58,55%	100,00%
	Tiempo de viaje (min)	104	275	313	367	
	Costo (\$)	27.300	12.477	3.315	5.163	
	Constante modal (util)	-4,34	-1,62	-1,09	0,00	
Situación con Proyecto	Tiempo de viaje (min)	93	275	313	367	
	Costo (\$)	12.600	12.477	3.315	5.163	
	Partición modal (pax/año)	19.480	108.238	215.031	469.370	812.120
	Partición modal (%)	2,40%	13,33%	26,48%	57,80%	100,00%

Fuente: CITRA (1997b)

**Cuadro 3.4**  
**Proyección de Tráfico de Pasajeros Santiago-Chillán**

Año	Pasajeros/año	
	Sin Proyecto	Con Proyecto
1994	12.960	12.960
1997	8.982	19.480
1998	10.799	23.421
2000	14.433	31.301
2005	29.030	62.958
2010	58.389	126.631
2015	117.441	254.700
2017	147.008	318.825

### 3.4. Evaluación por método clásico

Según lo dispuesto en el Manual de Evaluación de Proyectos de Transporte Aéreo, en el caso de la evaluación clásica o tradicional se consideran los siguientes beneficios:

1. Ahorro de la aviación civil.
2. Beneficios de la aviación militar.
3. Beneficios por ahorro en tiempo de viaje.

En el caso de Chillán no existe el segundo de ellos, ya que no existe actividad regular de aviones militares, pero sí están presentes los otros dos conceptos. Los flujos de beneficios y costos se han proyectado a 20 años, período que se considera como la vida útil del proyecto.

Según el Manual, los beneficios de la aviación civil comprenden: ahorros en el costo de operación de aeronaves, variación en costos de operación y mantenimiento del aeródromo, ahorros en costos de operación del transporte terrestre, y ahorros en tiempo de viaje.

Los ahorros en el costo de operación de aeronaves son pequeños. Usando las cifras de los Cuadros 3.1 y 3.3, para 1997 se tiene

Situación base:  $385 \text{ (km)} * 0.170 \text{ (US$/pax-km)} * 9088 \text{ (pax)} = 594.810 \text{ US$/año}$

Situación con proyecto:  $385 \text{ (km)} * 0.078 \text{ (US$/pax-km)} * 19480 \text{ (pax)} = 584.984 \text{ US$/año}$

Beneficio: 9.826 US\$/año

Los costos de operación del aeródromo tendrían un aumento, como consecuencia de la existencia de un edificio terminal y de ayudas a la navegación. Los costos de mantenimiento del nuevo aeródromo también aumentarían, debido a la presencia de nuevas instalaciones. Ello implica un mayor costo anual estimado en US\$370.000.

Los ahorros en costos de operación del transporte terrestre corresponden a los menores costos de operación e infraestructura de los modos de transporte terrestre (auto, bus y ferrocarril) al pasar parte de su flujo al modo aéreo. Para estimar estos ahorros se ha recurrido al estudio de CITRA (1997b), el cual contiene estimaciones de costos por pax-km, que aplicados a Santiago-Chillán entregan los valores indicados en el Cuadro 3.5. Aplicando estos valores unitarios al flujo que cambia de modo, se obtienen los beneficios indicados en el Cuadro 3.6.

**Cuadro 3.5**  
**Costos sociales de transporte y tiempos de viaje**

Modo	Tiempo de viaje (minutos)	Costo social de transporte (\$/pax)
Auto	275	8.016
Bus	313	3.162
Tren	367	3.237

**Cuadro 3.6**  
**Ahorro en costos de operación del transporte terrestre y tiempo de viaje**

Año	Flujo (pax/año)		Modo de origen			Ahorro Transporte Terrestre (M\$)	Ahorro tiempo de Viaje (M\$)
	Sin Proy.	Con Proy.	Auto	Bus	Tren		
1997	9.088	19.480	1.419	2.819	6.154	40.210	61.909
2002	18.279	39.182	2.854	5.671	12.378	80.877	124.521
2007	36.766	78.809	5.741	11.406	24.896	162.673	250.456
2012	73.950	158.512	11.547	22.941	50.075	327.194	503.756
2017	148.739	318.825	23.226	46.142	100.718	658.104	1.013.233

Los beneficios por ahorros en tiempo de viaje proceden de dos fuentes. La primera proviene de los pasajeros que usan avión en la situación sin proyecto y corresponde a la diferencia en tiempos de viaje señalada en el Cuadro 3.1, de 64 a 53 minutos, esto es, una diferencia de 11 minutos. La segunda se refiere a aquellos viajeros que cambian al avión desde un modo de transporte alternativo, caso en el cual los ahorros son los diferenciales entre 53 minutos y los valores indicados en el Cuadro 3.5. Sin embargo, se ha agregado 40 minutos al tiempo de viaje en avión para representar la mayor longitud de los viajes de acceso y la mayor anticipación con la cual se debe llegar al terminal de embarque.

Estos beneficios han sido calculados en el Cuadro 3.6. Se ha utilizado como valor social del tiempo 1.482 \$/hr, que es el valor utilizado en el estudio de CITRA (1997b).

Se ha calculado la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actualizado Neto (VAN) y el Momento Óptimo de la Inversión (MOI). El Cuadro 3.7 muestra los valores obtenidos, apreciándose que el proyecto no es rentable con un VAN negativo de 1.362.000 dólares y una tasa interna de retorno de 9%. El MOI es el año 2006.

**Cuadro 3.7**  
**Indicadores de rentabilidad para metodología tradicional Cifras en miles de dólares**

Año	Inversión Operación y Conservación	Ahorro Operación Aeronaves	Ahorro Transporte Terrestre	Ahorro Tiempo de Viaje	Beneficios Netos	Rentabilidad Inmediata
1996	4.985				-4.985	
1997	370	10	96	147	-117	-2,35%
2002	370	20	193	296	139	2,78%
2003	370	23	221	341	215	4,32%
2004	370	26	255	392	303	6,08%
2005	370	30	293	451	404	8,10%
2006	370	35	337	519	520	10,43%
2007	370	40	387	596	653	13,11%
2012	370	80	779	1.199	1.688	33,87%
2017	370	161	1.567	2.412	3.770	75,63%

VAN -1.362  
TIR 9%

### 3.5. Evaluación por beneficio a usuarios corregido

En este caso son válidos los valores determinados anteriormente para inversión, operación y conservación de aeropuertos y ahorro de costos de operación del transporte terrestre. El cambio consiste en que se debe sustituir los beneficios por ahorro de tiempo por el beneficio a usuarios corregido. Para efectos del cálculo de estos beneficios se utilizarán los valores por defecto de ciertos parámetros indicados en el Cuadro 3.8.

**Cuadro 3.8**  
**Valores por defecto**

Quintil de Ingreso	Ingreso Medio (UF/mes)	UMI (1/UF)	Recaudación tributaria (%)
1	4.5	121.4	4
2	8.6	27.2	8
3	12.3	12.9	13
4	18.2	7.0	19
5	50.0	3.3	56

Fuente: CITRA (1995)

Como parte del estudio de CITRA (1997a) se realizó una encuesta de segmentación de usuarios por nivel de ingreso familiar. El resultado obtenido fue que el flujo Santiago-Chillán se compone de un 51% en Quintil 5 y un 49% pagado por empresas. Se hará el supuesto simplificadorio de que esta proporción se mantiene en la situación con proyecto y en los cortes temporales futuros. Por lo tanto sólo es necesario calcular un factor de corrección para llevar los beneficios privados del quintil 5 a valor social. Este factor resulta ser igual a 0,28 y se calcula del siguiente modo:

$$f_5 = (3.3 * 100) / (121.4 * 4 + 27.2 * 8 + 12.9 * 13 + 7.0 * 19 + 3.3 * 56) = 0.28$$

Por otra parte, se ha supuesto que la totalidad de la demanda adicional del modo aéreo en la situación con proyecto es captada desde los modos terrestres, esto es, no hay generación de nuevos viajes como consecuencia de la ejecución del proyecto. Por lo tanto, el beneficio de usuarios proviene de los diferenciales de utilidad entre el modo aéreo con proyecto y los modos terrestres y aéreo sin proyecto. Estos diferenciales pueden ser calculados mediante integración de la función de utilidad, lo cual puede aproximarse a la expresión

$$B = 0.5 * (9.088 + 19.480) * ((4,341 - 4,134) / 0,000035369 + 125,4 * (104 - 93)) = \$103.192.634$$

El factor de corrección para llevar este beneficio a valor social está dado por:

$$f = 0.51 * 0.28 + 0.49 * 1.00 = 0.6328$$

Por lo tanto, el beneficio a usuarios corregido para el año 1997, expresado en dólares a una tasa de cambio de 420 \$/dólar es:

$$B = 103.192.634 * 0.6328 / 420 = US\$ 155.477$$

De acuerdo a las indicaciones del Manual, se ha calculado la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actualizado Neto (VAN) y el Momento Óptimo de la Inversión (MOI). El Cuadro 3.9 muestra los valores obtenidos, apreciándose que el proyecto no es rentable, con un VAN negativo de -1.184.000 dólares y una TIR de 10%. El MOI es el año 2006, por lo cual la ejecución del proyecto debería postergarse hasta dicha fecha.

**Cuadro 3.9****Indicadores de rentabilidad para nueva metodología Cifras en miles de dólares**

Año	Inversión Operación y Conservación	Ahorro Operación Aeronaves	Ahorro Transporte Terrestre	Beneficio de Usuarios	Beneficios Netos	Rentabilidad Inmediata
1996	4.985				-4.985	
1997	370	10	96	155	-109	-2,19%
2002	370	20	193	313	155	3,11%
2003	370	23	221	360	234	4,69%
2004	370	26	255	414	324	6,51%
2005	370	30	293	476	429	8,60%
2006	370	35	337	547	548	11,00%
2007	370	40	387	629	686	13,76%
2012	370	80	779	1.265	1.754	35,19%
2017	370	161	1.567	2.545	3.902	78,28%

VAN -1.184

TIR 10%

El estudio permite concluir que el proyecto de dotar a Chillán de un aeródromo que permita la operación de aviones de transporte público - en la categoría de aviación nacional - no es rentable bajo ninguno de los dos métodos de evaluación. Sin embargo, si se hubiera utilizado el beneficio de usuarios sin corregir, esto es, sin afectarlo por el factor 0.6328, los indicadores de rentabilidad habrían sido mejores, anticipándose el MOI. Ello es coherente con el planteamiento de Gálvez y Jara (1995), según el cual el beneficio a usuarios sin corregir presenta un sesgo regresivo, esto es, tiende a favorecer proyectos que benefician a los segmentos de más alto ingreso.

#### 4. AERODROMO ROBINSON CRUSOE DE JUAN FERNANDEZ

##### 4.1. Antecedentes generales

El aeródromo Robinson Crusoe, ubicado en la isla Juan Fernández, es el único campo aéreo existente en esta posesión chilena, ubicada en el océano Pacífico, a 650 kilómetros al oeste de San Antonio.

El aeródromo actual consiste en una pista de tierra, de 800m de longitud por 20m de ancho, con una orientación 150° - 330°. Por la topografía del lugar, su extensión implicaría obras de muy alto costo. El aeródromo no tiene acceso terrestre, debido a que se encuentra ubicado, dentro de la isla, en el extremo opuesto al pueblo, separado por terrenos escarpados. El viaje entre el aeródromo y el pueblo se realiza, entonces, por vía marítima. El camino de acceso, desde el embarcadero, es extremadamente sinuoso y con grandes pendientes.

El servicio es de tipo irregular, mediante taxis aéreos, efectuado por aviones a hélice, con capacidad para 8 o menos pasajeros. Este tipo de aviones requieren pistas pequeñas, no pavimentadas, prácticamente sin equipamiento. De acuerdo a la información disponible (DGAC), el nivel de operaciones es de aproximadamente 350 vuelos de ida y vuelta al año, concentrados fundamentalmente durante el período de verano. Dada una capacidad media de seis pasajeros por avión, y un factor de ocupación de 50%, puede estimarse un nivel de tráfico entre 2 y 3 mil pasajeros anuales.

Robinson Crusoe es una isla con una población de aproximadamente 500 habitantes, dedicados principalmente a la pesca de la langosta, crustáceo de alto valor en el mercado. Debido, en parte, a las dificultades de acceso, el turismo es una actividad muy limitada.

El único modo alternativo es el transporte marítimo, el cual, por el bajo nivel de tráfico existente con la isla, tiene baja frecuencia y nivel de servicio. Se trata de naves de muy baja capacidad, que implican una travesía ingrata y riesgosa, lo que lo hace descartable para el transporte de pasajeros.

#### 4.2. Identificación del proyecto

Debido a las características topográficas de la isla, donde prácticamente no existen terrenos planos, las posibilidades de ubicación de una pista de aterrizaje son extraordinariamente complejas. La pista actual, aunque no puede ser prolongada substantivamente, sí puede ser mejorada en cuanto a su orientación, lo que permitiría una mayor disponibilidad de la misma.

Adicionalmente, el aeródromo actual no posee un edificio terminal, lo cual constituye un inconveniente serio, debido a que la travesía marítima entre el aeródromo y el pueblo es relativamente larga (una hora y media) y frecuentemente se producen demoras en espera de mejores condiciones climáticas.

Las inversiones que se han considerado corresponden a aquellas que se consideran necesarias para dar al aeródromo de Robinson Crusoe una capacidad necesaria para permitir la operación de aviones de categoría local, de acuerdo a la clasificación del Manual.

Para lograr estos propósitos se ha considerado reorientar, reforzar y aumentar las dimensiones de la pista, mejorar las condiciones de drenaje, tanto de la pista como de la plataforma de estacionamiento de aviones y construir un edificio terminal, con capacidad para atender un avión de 19 pasajeros. Los costos de inversión correspondientes, valorizados a precios sociales, fueron estimados en US\$ 2.703.000 (CITRA, 1997a).

#### 4.3. Modelación

El proyecto de mejoramiento del aeródromo, que permitiría contar con una pista bien orientada respecto del viento reinante, libre de obstáculos y con un edificio terminal de pasajeros, puede considerarse como un proyecto estructural, en el sentido que podría inducir el uso de aviones pequeños (hasta 19 asientos), pero de itinerario regular, en comparación con la situación actual,

donde operan sólo taxis aéreos. En consecuencia, es factible suponer una reducción sustantiva de la tarifa, que podría inducir un mayor tráfico turístico.

De acuerdo al Manual, para un proyecto estructural de un aeródromo pequeño, en etapa de perfil, corresponde la utilización de modelos existentes. Sin embargo, resulta difícil encontrar un caso como éste, donde no existen modos de transporte alternativo, en una distancia de sólo 730 kilómetros, y donde el flujo históricamente transportado sea tan escaso. Adicionalmente, no hay estadísticas de tráfico de pasajeros, debido a la inexistencia de un servicio regular.

En consecuencia, el estudio considera un tráfico básico estimado en 1.500 pasajeros de ida y vuelta anuales. (250 vuelos anuales, con 6 pasajeros cada uno), es decir, 3.000 pasajeros en ambos sentidos sumados. Sobre esta base, se ha considerado un crecimiento del PIB del 6% anual y una elasticidad ingreso de 2. Se ha supuesto, además, que la elasticidad precio de la demanda es de -1, es decir, que el número de viajes es inversamente proporcional a la tarifa, lo que equivale a suponer que el gasto en viajes permanece constante, independiente de la tarifa.

El Cuadro 4.1 muestra el cálculo de tarifas para las situaciones sin y con proyecto. Se observa que en la situación actual, donde opera sólo la aviación general, con un servicio basado en el 100% de ocupación, la tarifa resultante de aplicar los costos del Manual es de US\$299, lo que es consistente con la situación del mercado.

**Cuadro 4.1**  
**Estimación de Tarifas, Con y Sin Proyecto**

		Costo	
		Av General	Av Local
Costo operacional	(US\$)	885	696
Capacidad	(Asientos)	6	19
Ocupación		100%	60%
Velocidad	(Kms/hora)	400	500
Distancia	(Kms)	730	730
Tiempo de Vuelo	(Hrs/vuelo)	1,825	1,46
Tiempo de Maniobras	(Hrs/Vuelo)	0,2	0,3
Tiempo de Viaje	(Hrs/Vuelo)	2,025	1,76
Velocidad Media	(Kms/Hora)	360	415
Productividad	(Pas-Km/hora)	2.163	4.728
Costo Unitario	(US\$/pas/Km)	0,409	0,147
Tarifa	(US\$/pas)	299	107

Fuente: *Manual de Evaluación de Proyectos de Transporte Aéreo, Capítulo 8*

#### 4.4. Evaluación por método clásico

Según lo dispuesto en el *Manual de Evaluación de Proyectos de Transporte Aéreo*, en el caso de la evaluación clásica o tradicional se consideran los siguientes beneficios:

1. Ahorro de la aviación civil.
2. Beneficios de la aviación militar
3. Beneficios por ahorro en tiempo de viaje.

En el caso de Robinson Crusoe solamente correspondería considerar los ahorros de recursos de la aviación civil, ya que no existe actividad regular de aviones militares en la isla; por otra parte, dado que el proyecto no permite el uso de aviones a reacción, no habría una disminución de tiempos de viaje aéreo asociados al proyecto, y no existiendo, en la práctica, un modo de transporte alternativo, no hay cambio en la partición modal, por lo que no habría viajeros que pasen a demorarse menos en su viaje que antes.

De acuerdo al modelo de proyección de tráfico, que supone una demanda de elasticidad negativa unitaria, es decir, que al bajar la tarifa aumenta la cantidad demandada en igual porcentaje (suponiendo un gasto constante en viajes), el consumo de recursos de la aviación civil permanece constante. En efecto, para el año 1997 en la situación sin proyecto se tiene un flujo de 3390 pasajeros por año a un costo de 0.409 US\$/pax-km que da un costo total de 1386 US\$/km. En la situación con proyecto se tiene un flujo de 9423 pasajeros por año a un costo de 0.147 US\$/pax-km, lo cual da el mismo costo total.

En consecuencia, puede verse que, dado el supuesto de ausencia de modos alternativos de transporte y de una demanda de elasticidad unitaria -razonable en un caso donde no existen cambios en la partición modal- el método de evaluación tradicional concluye que no existen beneficios sociales.

Este curioso resultado es una consecuencia de las limitaciones de la metodología tradicional, y representa un excelente ejemplo de las razones por las cuales al redactar el Manual se propuso una metodología alternativa.

#### **4.5. Evaluación por beneficio a usuarios corregido**

En este caso, al igual que en el de Chillán, son válidos los valores determinados anteriormente para inversión, operación y conservación de aeropuertos y ahorro de costos de operación del transporte terrestre. El cambio consiste en que se debe sustituir los beneficios por ahorro de tiempo por el beneficio a usuarios corregido. Para efectos del cálculo de estos beneficios se utilizarán los mismos valores por defecto de ciertos parámetros indicados en el Cuadro 3.8.

Dado que los beneficios por ahorro de recursos son nulos, en este caso según la nueva metodología la totalidad de los beneficios provienen del beneficio a usuarios.

Para efectos de aplicar lo dispuesto en el Manual se interpretará que aquellos usuarios cuyo pasaje era pagado por una empresa o institución corresponden a usuarios productivos. El resto se considerará como usuarios de consumo.

Para el cálculo no se considera como beneficio las reducciones de tarifas pagadas por ser una mera transferencia. Ello significa que no corresponde incluir como beneficio la reducción de tarifa para

los pasajeros que viajarían de todos modos en la situación base. Puede agregarse que en principio, desde el punto de vista social, estos beneficios estarían ya contabilizados en la forma de ahorro de recursos en la operación de los aviones que los trasladan. Como se vio anteriormente, estos ahorros de recursos se cancelan exactamente, en este caso, con los mayores recursos que es necesario utilizar para transportar los viajeros que no viajarían en la situación sin proyecto, dando un beneficio nulo al aplicar la metodología tradicional.

Con respecto a los usuarios adicionales que sólo viajan en la situación con proyecto, la idea central contenida en el Manual es utilizar para el análisis la disposición a pagar, por parte de los usuarios, por los mejoramientos introducidos por el proyecto. En este caso, el mejoramiento consiste en entregar una posibilidad de viajar que sin el proyecto no existiría. Se puede razonar en términos de que, para los alrededor de 6000 nuevos viajes de 1997, el viajar significa un beneficio medible en dinero, equivalente a la tarifa máxima que cada uno de estos usuarios estaría dispuesto a pagar por hacer el viaje. Esta disposición a pagar no es conocida con exactitud, pero puede afirmarse que para todos ellos es inferior a la tarifa de la situación sin proyecto (US\$299) dado que es esa situación no viajan. Por otra parte es superior a la tarifa de la situación con proyecto, dado que a esa tarifa viajan.

En casos como el presente cabría integrar la función de demanda para encontrar el valor del excedente total de estos viajeros. Por el supuesto de elasticidad constante esta función es  $T = K/F$ , donde T es la tarifa, F el flujo y K es una constante. Integrando se obtiene que la variación de excedente está dada por  $dE = K \ln(F_1/F_0)$ , donde F<sub>1</sub> es el flujo con proyecto y F<sub>0</sub> es el flujo sin proyecto. Para 1997, se tiene  $dE = 1386 * 730 * \ln(9423/3390) = 1.035.000$  dólares. Si en lugar de integrar se hubiera usado la tradicional "regla del medio", se habría obtenido  $dE = (9423-3390) * 730 * (0.409 + 0.147) / 2 = 1.224.000$  dólares, esto es, una sobreestimación del 18%.

Este beneficio debe ser desagregado por estrato de ingreso para efectos de su corrección desde precios privados a valores sociales. Para ello se realizó una encuesta de segmentación cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.2. En el mismo cuadro se presenta el cálculo de beneficio a usuarios corregido. La columna "Factor de corrección" de dicho cuadro equivale al cuociente  $\lambda_q/\lambda_s$  que aparece en la ecuación (2).

**Cuadro 4.2**  
**Cálculo de beneficio a usuarios corregido para el año 1997.**

Quintil de Ingreso	Nº de Usuarios (%)	Beneficios sin corregir (US\$)	Factor	Beneficio corregido (US\$)
1	2	20.680	10,20	210.971
2	3	31.020	2,29	70.903
3	3	31.020	1,08	33.627
4	8	82.720	0,59	48.659
5	29	299.860	0,28	83.154
Empresas	55	568.700	1,00	568.700
Total	100	1.034.000		1.016.014

Dado que la evaluación tradicional concluye que los beneficios son nulos, la Tasa Interna de Retorno es equivalente a 0, y el Valor Actualizado Neto es equivalente al valor actualizado de la inversión menos el valor residual, en términos negativos. En cambio, utilizando la nueva metodología, los costos y beneficios anuales y los indicadores de rentabilidad son los presentados en el Cuadro 4.3.

**Cuadro 4.3**  
**Calculo de Indicadores de rentabilidad**

Año	Inversión (US\$)	Flujo (pax/año)		Beneficios (US\$)		Beneficios Netos (US\$)
		Sin Proyecto	Con Proyecto	Sin Corregir	Corregido	
1996	2.703.000					-2.703.000
1997		3.390	9.423	1.035.142	1.017.136	1.017.136
2002		6.246	17.361	1.907.205	1.874.029	1.874.029
2007		11.508	31.987	3.513.901	3.452.777	3.452.777
2012		21.202	58.934	6.474.135	6.361.518	6.361.518
2017		39.063	108.582	11.928.175	11.720.685	11.720.685

TIR	51%
VAN	16.224.649
TRI	38%

Estos resultados permiten concluir que, aplicando la nueva metodología de evaluación, el proyecto de dotar a Robinson Crusoe de un aeródromo que permita la operación de aviones de transporte público - en la categoría de aviación local - es altamente rentable y la inversión no debiera postergarse. En cambio, al aplicar método de evaluación tradicional, se obtiene el resultado contraintuitivo de que el proyecto carece por completo de beneficios.

## 5. CONCLUSION

Se ha presentado dos ejemplos de aplicación de la nueva metodología propuesta para el cálculo de beneficios en la evaluación de proyectos de transporte, comparándola con los métodos tradicionales.

En el caso del aeródromo Bernardo O'Higgins de Chillán, en el cual la totalidad de los usuarios no productivos pertenecen al quintil de mayor ingreso, los resultados no difieren significativamente de los generados mediante la metodología clásica. Sin embargo, en este caso el uso del beneficio a usuarios sin corregir habría entregado resultados bastante más optimistas, lo cual ilustra bien su sesgo hacia favorecer proyectos que beneficien a los segmentos de alto ingreso.

El caso del aeródromo Robinson Crusoe de Juan Fernández ha permitido ilustrar, en cambio, las fuertes limitaciones de la metodología basada en el ahorro de recursos, y cómo la nueva metodología permite superarlas.

De lo anterior se desprende que, al menos en los dos casos estudiados, la nueva metodología propuesta permite efectivamente resolver las insuficiencias de los métodos tradicionales.

### AGRADECIMIENTOS

Gran parte del material presentado en este trabajo fue originalmente desarrollado como parte de un estudio de consultoría (CITRA, 1997a) orientado a realizar una marcha blanca del nuevo manual de evaluación de proyectos de aeropuertos (MIDEPLAN, 1994). Los autores agradecen a SECTRA su gentil autorización para utilizar estos antecedentes. Sin embargo, los resultados presentados son de la exclusiva responsabilidad de los autores y, por tratarse de un ejercicio metodológico, no son concluyentes en relación a la rentabilidad real de los proyectos estudiados.

### REFERENCIAS

- CADE-CITRA-DICTUC (1994) Análisis y desarrollo metodología evaluación de proyectos de transporte aéreo. Informe Final para SECTRA. Consorcio CADE-CITRA-DICTUC, Santiago.
- CITRA (1995) Revisión y complementación de metodología de evaluación de proyectos viales interurbanos. Informe Final para el Ministerio de Obras Públicas, CITRA Ltda., Santiago.
- CITRA (1997a) Análisis y desarrollo metodología evaluación de proyectos de transporte aéreo, II etapa. Informe Final de la Orden de Trabajo N°9, para SECTRA. CITRA Ltda., Santiago.
- CITRA (1997b) Análisis y desarrollo evaluación sistema de transporte interurbano, III etapa. Informe Final para SECTRA, CITRA Ltda. Santiago.
- Gálvez, Tristán E. y Sergio R. Jara-Díaz (1995) Valoración social de la disminución de tiempos de viaje. *Actas del Séptimo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, Santiago.
- MIDEPLAN (1994) *Manual de Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Infraestructura Aeroportuaria*. Ministerio de Planificación y Cooperación, Santiago.
- OMEGA-CITRA (1994) Análisis y revisión estudio de prefactibilidad red aeroportuaria nacional. Informe Final para SECTRA, Consorcio OMEGA-CITRA, Santiago.
- SK-CIS (1989) ESTRAUS: Estudio estratégico de transporte del Gran Santiago. Informe final a SECTU, Consorcio Sigdo-Koppers-CIS, Santiago.
- Williams, H.C.W.L (1977) On the formation of travel demand models and economic evaluation of users benefits. *Environment and Planning 9A* (3), 285-344.

Impreso en los talleres de  
IMPRESOS UNIVERSITARIA, S.A.  
San Francisco-454  
Santiago-Chile