



METODOLOGÍA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

Ministerio de Desarrollo Social
División Evaluación Social de Inversiones
Departamentos de Metodologías e Inversiones

Ministerio de Obras Públicas
Dirección de Aeropuertos
Departamento de Planificación y Control Estratégico

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1-1
1.1	Presentación.....	1-1
1.2	Alcance y Ámbito de Aplicación.....	1-1
1.3	Organización y Contenido	1-2
2.	DEFINICIONES BÁSICAS.....	2-1
2.1	Presentación.....	2-1
2.2	Aspectos Conceptuales	2-1
2.3	Clasificación del Transporte Aéreo.....	2-4
2.4	Proyectos	2-5
2.5	Etapas en el Desarrollo de un Proyecto.....	2-7
2.6	Clasificación de Proyectos	2-9
2.7	Tipologías de Proyectos.....	2-12
3.	SECUENCIAS METODOLÓGICAS EN LA EVALUACIÓN.....	3-1
3.1	Presentación.....	3-1
3.2	Generación de Proyectos	3-2
3.3	Análisis en Etapa de Perfil.....	3-2
3.4	Análisis en Etapa de Pre-factibilidad.....	3-5
3.5	Análisis en Etapa de Factibilidad	3-8
4.	ANTECEDENTES Y ESTADÍSTICAS DE TRANSPORTE AÉREO.....	4-1
4.1	Consideraciones Generales	4-1
4.2	Estadísticas de Pasajeros.....	4-3
4.3	Estadísticas de Carga y Correo	4-6
4.4	Estadísticas de Aeropuertos.....	4-10
4.5	Otra información de interés	4-13
4.6	Otras fuentes de información de actividad de transporte aéreo.....	4-14
5.	ESTUDIOS DE DEMANDA	5-1
5.1	Generalidades.....	5-1
5.2	Antecedentes Previos.....	5-4
5.2.1	Antecedentes de demanda histórica.....	5-4
5.2.2	Antecedentes del sistema de actividades.....	5-4
5.3	Proyecciones de demanda global.....	5-5
5.3.1	Consideraciones generales sobre proyección de demanda.....	5-5
5.3.2	Estudios simplificados para la etapa de perfil	5-5
5.3.3	Demanda de pasajeros	5-6
5.3.4	Demanda de Carga.....	5-9
5.4	Proyecciones de Tráfico Aéreo	5-11
5.4.1	General	5-11
5.4.2	Estacionalidad y Periodización	5-11
5.4.3	Demanda de Pasajeros.....	5-13
5.4.4	Demanda de Carga Aérea	5-15
5.4.5	Pronósticos de Actividad Aérea.....	5-17
5.4.6	Viajes terrestres desde y hacia el aeródromo/aeropuerto	5-20
5.5	Aspectos Metodológicos.....	5-21

5.5.1	Consideraciones Generales	5-21
5.5.2	Aspectos metodológicos sobre recolección de información	5-22
5.5.3	Modelos de regresión.....	5-23
5.5.4	Modelos de series de tiempo.....	5-24
5.5.5	Modelos de factor de crecimiento	5-25
5.5.6	Modelos de demanda directa y modelo gravitacional	5-26
5.5.7	Modelos de elección discreta	5-28
5.5.8	Modelos con datos de Preferencias Declaradas	5-30
6.	MODELACION	6-1
6.1	Objetivos.....	6-1
6.2	Operaciones Comerciales de Servicio Regular.....	6-1
6.3	Otras Operaciones	6-3
6.4	Capacidad de la Infraestructura Aeroportuaria	6-4
6.5	Situaciones Especiales	6-8
7.	DISEÑO FÍSICO Y OPERACIONAL	7-1
7.1	Normas y Recomendaciones.....	7-1
7.1.1	Áreas de intervención	7-1
7.2	Nivel de Análisis.....	7-2
7.2.1	Etapas de Perfil	7-2
7.2.2	Etapas de Prefactibilidad.....	7-3
7.2.3	Etapas de Factibilidad.....	7-4
7.2.4	Plan Maestro.....	7-4
7.3	Diseño de Infraestructura del área de movimiento (Lado Aire o Air side).....	7-5
7.3.1	Diseño de Infraestructura del Lado Tierra (Land side)	7-5
7.3.1.1	Terminal de Pasajeros	7-5
7.3.1.2	Puentes de embarque.....	7-7
7.3.1.3	Terminal de Carga	7-8
7.4	Instalaciones de Servicio.....	7-10
7.5	Instalaciones Complementarias.....	7-11
8.	DETERMINACIÓN DE COSTOS.....	8-1
8.1	Costos de Inversión y Mantenimiento	8-1
8.1.1	Costos de Inversión	8-1
8.1.2	Costos de Mantenimiento.....	8-2
8.2	Costos de Operación	8-4
8.2.1	Costos de Operación de Aeródromos/ Aeropuertos.	8-4
8.2.2	Costos de Operación de Aviones	8-5
8.3	Actualización de Costos.....	8-14
8.3.1	Consideraciones Generales	8-14
8.3.2	Procedimiento de Actualización	8-15
9.	DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS.....	9-1
9.1	Alcances Generales.....	9-1
9.2	Beneficios por ahorro de recursos en la aviación civil.....	9-2
9.3	Beneficios de la Aviación Militar.....	9-4
9.4	Síntesis	9-4
10.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	10-1
10.1	Objetivos y fundamentos del proceso de evaluación	10-1

10.2	Horizonte de evaluación, vida útil, valor residual	10-2
10.3	Situación Base	10-3
10.4	Precio social de los recursos	10-4
10.5	Criterios de proyección de beneficios	10-5
10.6	Criterios e indicadores de rentabilidad	10-5
10.6.1	Criterios de rentabilidad de corto plazo	10-5
10.6.2	Criterios de rentabilidad de largo plazo	10-6
10.7	Criterios específicos	10-8
10.7.1	Momento óptimo de inicio de un proyecto	10-8
10.7.2	Comparación entre proyectos de distinta vida útil	10-8
10.8	Análisis de sensibilidad	10-9
10.9	Análisis de incertidumbre	10-9
ANEXO 1: BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS DE CONSULTA		2
ANEXO 2: RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN PARA MODELAR LA DEMANDA POR VIAJES 15		
A2.1	Introducción	15
A2.2	Métodos de muestreo	15
A2.2.5	Sección transversal	18
A2.3	Series de tiempo	20
A2.4	Preferencias Declaradas	20
A2.5	Tratamiento y Validación de la Información	25
ANEXO 3: MODELOS DE DEMANDA DE TRANSPORTE		29
A3.1	Generalidades	29
A3.2	Modelo de regresión	29
A3.3	Modelos de Series de Tiempo	30
A3.4	Modelo Gravitacional	31
A3.5	Modelos de Elección Discreta	32
ANEXO 5: ANTECEDENTES DE COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS DE OPERACIÓN DE AVIONES ...		33
ANEXO 6: RELACIÓN ENTRE CLASIFICACIÓN ACTUAL DE PROYECTOS (MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL) Y LA PROPUESTA EN EL MANUAL		37

Nota: este manual dispuso de la participación del Ministerio de Obras Públicas, El Ministerio de Desarrollo Social y la Dirección de Presupuesto.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

El presente Manual de Formulación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Aeroportuaria forma parte del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNI) y ha sido desarrollado conjuntamente por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Ministerio de Desarrollo Social (MDS). Su antecedente inmediato es la “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Aeropuertos”, elaborada por el Ministerio de Planificación (MIDEPLAN - 1994), a la cual reemplaza.

El Manual está dirigido a todos aquellos profesionales que participan en el proceso de pre inversión relativo a proyectos aeroportuarios, ya sea en las tareas de generar proyectos y términos de referencia, de realizar los estudios correspondientes en base a dichos términos de referencia, o de revisar los procedimientos aplicados y resultados obtenidos de modo de decidir acerca del financiamiento de los proyectos.

1.2 Alcance y Ámbito de Aplicación

El proceso de inversión pública considera numerosas etapas, las cuales se reseñan en la **Sección 2.5**. El alcance del presente Manual se refiere solo a las etapas de Perfil, Prefactibilidad y Factibilidad allí definidas.

Las metodologías expuestas en este Manual son aplicables al caso en el cual el Estado invierte recursos en infraestructura aeroportuaria con el objetivo de lograr un ahorro futuro de recursos en la operación del transporte aéreo comercial de servicio público, del transporte aéreo privado, o para el cumplimiento de objetivos de naturaleza social o política.

El Manual también contiene procedimientos de evaluación para los casos en que la infraestructura aeroportuaria tenga uso mixto civil-militar, sirviendo además de los objetivos señalados, para propósitos de defensa nacional. Sin embargo, queda excluido de su alcance el análisis y evaluación de inversiones realizadas exclusivamente para el cumplimiento de objetivos de defensa. Queda también excluido el análisis y evaluación de inversiones aeroportuarias totalmente financiadas por el sector privado, exceptuando las concesiones aeroportuarias.

Por otra parte, el Manual contiene referencias a las normas de diseño de instalaciones aeroportuarias, aspectos que deben ser abordados de acuerdo a las normas y regulaciones establecidas en otros manuales, por ejemplo, las contenidas en el **Anexo 14** al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Sin perjuicio de lo anterior, en ciertos aspectos en que dichos manuales de diseño no son normativos, tales como la definición de estándares de calidad de servicio a los flujos de pasajeros, el presente Manual establece criterios y recomendaciones complementarios.

Finalmente, el Manual no se pronuncia en relación a aspectos de regulación del transporte aéreo, tanto en aspectos técnicos como económicos y reglamentarios. Sin

embargo, recomienda considerar la influencia que dichas regulaciones pueden tener sobre la rentabilidad de los proyectos, especialmente en el caso de Chile, en el cual el pequeño tamaño de los mercados favorece la aparición de prácticas monopólicas u oligopólicas por parte de los operadores de aeronaves comerciales de servicio público.

1.3 Organización y Contenido

El Manual ha sido organizado en diez Capítulos incluyendo éste, de carácter introductorio, además de varios anexos.

Los **Capítulos 2 y 3** se refieren a definiciones básicas y a las secuencias metodológicas en la evaluación de proyectos aeroportuarios.

En el **Capítulo 4** se efectúa una detenida reseña de las estadísticas disponibles de transporte aéreo para efectos de su consideración posterior en el **Capítulo 5**, que se refiere a los estudios de demanda de pasajeros y carga. El **Capítulo 6** trata respecto a criterios de modelación para la determinación del equilibrio operacional.

Lo referente al diseño físico y operacional de la infraestructura horizontal e infraestructura vertical está contenido en el **Capítulo 7**, que comprende la indicación de ciertos estándares básicos a aplicar, como asimismo, normas a considerar.

El **Capítulo 8** comprende todo lo referente a la determinación de costos, en tanto que el **Capítulo 9** contiene lo referente a determinación de beneficios directos.

El **Capítulo 10** describe los criterios de evaluación económica, análisis global y decisión.

El Manual también comprende varios anexos relativos a bibliografía y otras materias complementarias, los que se encuentran al final.

2. DEFINICIONES BÁSICAS

2.1 Presentación

El presente capítulo contiene algunas definiciones básicas que resultan necesarias para el desarrollo de los capítulos siguientes. Se inicia por el análisis de algunos aspectos conceptuales de importancia, incluyendo las relaciones entre evaluación, modelación y diseño; los conceptos de red aeroportuaria nacional y red intermodal de transporte; consideraciones relativas al progreso tecnológico y al comportamiento de operadores en el marco de la estructura industrial del sector y las políticas de transporte.

A continuación se describe la clasificación adoptada en el Manual para el transporte aéreo, necesaria por la gran heterogeneidad del material de vuelo que ocupa la infraestructura y por la diversidad de funciones que el mismo realiza.

Luego sigue una revisión de los conceptos de proyecto, plan y programa, así como la definición de las etapas de análisis de un proyecto, en concordancia con las definiciones generales adoptadas por el Sistema Nacional de Inversión Pública administrado por Ministerio de Desarrollo Social (MDS).

Finalmente, se presenta la clasificación de proyectos con la cual se trabaja en el presente Manual, lo cual es básico para la ordenación de las materias tratadas en los restantes capítulos.

2.2 Aspectos Conceptuales

a. Red aeroportuaria nacional

El concepto de red aeroportuaria nacional utilizado en este Manual, comprende la totalidad de los aeropuertos y aeródromos fiscales de uso público existente en el país, clasificado según el tipo de aeronaves que pueden operar en ellos. Esta definición implica que, conceptualmente, es posible encontrar una forma de transporte aéreo desde y hacia cualquier punto del país, utilizando aeronaves de aviación comercial y/o general, complementadas por transporte terrestre de corta distancia. Cabe destacar que muchos orígenes y destinos son sólo alcanzables por transporte aéreo mediante aeronaves pequeñas, cuyo costo de operación por pasajero es elevado en comparación con aeronaves de mayor tamaño. Por otra parte, si se considera el helicóptero como una alternativa válida, la capacidad de formación de red del transporte aéreo es aún mayor, siendo en principio posible alcanzar casi cualquier lugar del territorio.

Chile, por su geografía, es un país en el cual la aviación cumple un rol de gran importancia más allá del sector transporte, donde también apoya actividades relacionadas con la prospección de recursos naturales, el auxilio y ayuda humanitaria en situaciones de catástrofes naturales y el apoyo a la Defensa Nacional.

Pese a lo anterior, el nivel general de actividad aérea es bajo en comparación con otros mercados de la región, especialmente si se considera que ningún aeródromo/aeropuerto

ha superado las 3.000 operaciones mensuales (100 operaciones diarias). Dicha situación tiene como consecuencia que los costos de provisión de infraestructura aeroportuaria sean una proporción relativamente elevada del costo total del sistema de transporte aéreo, lo cual ha conducido, por razones de elemental racionalidad, al uso compartido de dicha infraestructura entre usuarios de muy diverso tipo.

Actualmente, existen aeródromos/aeropuertos concesionados, donde las Sociedades Concesionarias tienen la responsabilidad de construir, mantener y explotar las instalaciones del aeródromo/aeropuerto respectivo. Por otra parte, la Dirección de Aeropuertos (DAP) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) es el organismo encargado de planificar, diseñar, construir, conservar y/o mejorar la infraestructura aeroportuaria nacional de uso público a través de financiamiento estatal, convenios con entidades públicas o privadas y a través del sistema de concesiones. A su vez, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), dependiente del Ministerio de Defensa, tiene por función proveer los servicios de ayuda y protección de la navegación aérea, dirigir y administrar los aeródromos/aeropuertos públicos, construir, operar, administrar, instalar y mantener obras anexas; adquirir equipos y dotar de personal técnico y administrativo los aeródromos/aeropuertos públicos.

b. Redes multimodales de transporte

El concepto de sistema intermodal de transporte utilizado en este Manual comprende la totalidad de los modos de transporte disponibles para movilizar pasajeros y carga dentro del territorio nacional. Es, por lo tanto, un sistema intermodal en el cual existen, en la generalidad de los casos, varias alternativas de transporte disponibles para realizar un movimiento dado.

El concepto de modo de transporte utilizado en este Manual se refiere a un conjunto de medios de transporte complementarios organizados en una forma de operación, e incluye por lo tanto lo que corrientemente se denomina modos combinados. Los modos de transporte se clasifican en dos grupos principales: privados y públicos. Por convención, los modos de transporte públicos se limitan a aquellos que ofrecen servicios regulares, con o sin itinerarios preestablecidos, a cambio de una tarifa o pasaje, y comprenden principalmente servicios de buses y camiones, de transbordadores, de aviación comercial y ferroviarios. Los modos de transporte privados comprenden principalmente automóviles particulares, buses y camiones privados y aeronaves privadas. En una situación intermedia están los servicios de taxis terrestres, taxis-aéreos y alquiler de automóviles, aviones y helicópteros, los cuales según el contexto de análisis podrían ser incluidos en uno u otro grupo.

El sistema descrito constituye la oferta de transporte, que presenta a los usuarios opciones de viaje entre las cuales éstos deben elegir. La forma de modelar estas elecciones se presenta en el **Capítulo 5**. El resultado de estas elecciones de los demandantes de servicios de transporte conduce a una situación de equilibrio que define el nivel de flujos entre cada par origen-destino y su distribución o partición entre los modos de transporte disponibles.

El mejor método para abordar los proyectos de transporte integrales, complementarios o multimodales, sería desarrollar modelos estratégicos de transporte interurbano, similares a los existentes para el caso urbano, los cuales permiten analizar planes que consultan proyectos de inversión en todos o en cualquiera de los modos. Sin embargo, tales modelos no han sido aún construidos, por lo cual la metodología de evaluación debe suplir provisoriamente su ausencia mediante métodos alternativos, que se presentan en los capítulos pertinentes del Manual.

c. Estructura industrial del sector

El concepto de estructura industrial se refiere a las características de las empresas que participan en la provisión de servicios de transporte aéreo, la existencia de economías de escala, economías de diversidad, complementariedad de costos o barreras de entrada (por ejemplo, costos hundidos), el grado de monopolio en la oferta, el marco regulatorio de la actividad y las políticas de transporte.

La principal incidencia de estos factores sobre la metodología de evaluación de proyectos de inversión en infraestructura aeroportuaria se refiere a la modelación del comportamiento de los operadores de empresas de transporte aéreo, en función de las posibilidades de operación que esta red les ofrece.

Los proyectos de infraestructura aeroportuaria pueden hacer variar la disponibilidad de alternativas de transporte (caso de un aeropuerto o aeródromo totalmente nuevo, o de un cambio de clasificación), y/o pueden cambiar los atributos de las alternativas aéreas existentes (ampliando las capacidades del área de movimiento). En ambos casos pueden existir efectos sobre la partición modal y sobre las tasas de generación de viajes, que deben ser modelados como parte del proceso de evaluación.

Las condiciones de equilibrio en este caso pueden resumirse en que los niveles de demanda deben ser los que resulten de aplicar los modelos de generación de viajes y partición modal con los atributos de la oferta (tarifas y frecuencias), las tasas de ocupación coherentes con los niveles de demanda y frecuencias; los ingresos de los operadores deben ser suficientes con estas tasas de ocupación y tarifas, cubriendo los costos operacionales derivados de la frecuencia ofrecida.

Si el problema de equilibrio no tiene solución, la consecuencia más probable de la ejecución del proyecto sería el establecimiento de nuevos servicios por un plazo limitado, al término del cual los operadores discontinuarían el servicio al no obtener la rentabilidad deseada, haciendo la inversión realizada inútil.

La evaluación de políticas de regulación y tarificación cae fuera del alcance del presente Manual, debiendo ser consideradas como elementos exógenos sobre los cuales sólo cabe hacer predicciones razonables.

d. Progreso tecnológico

La infraestructura aeroportuaria es dependiente del desarrollo de la tecnología de aeronaves, la cual experimenta un ritmo de progreso técnico relativamente rápido en comparación a otros sectores del transporte. Ello hace que en cierta medida la aparición

de necesidades de inversión en infraestructura de aeropuertos esté ligada a la adecuación tecnológica de los nuevos tipos de aeronaves que entran en servicio y sea por lo tanto, un problema de superación de la obsolescencia que puede abarcar diversos componentes de la infraestructura.

Las consideraciones anteriores implican que en estos casos – proyectos de adecuación tecnológica - existirá un conjunto de modificaciones a la infraestructura existente que deben ser evaluadas como tales. Por otra parte, el proceso de planificación de la red aeroportuaria nacional debe contener como un elemento esencial la elaboración de proyecciones y estimación de tendencias acerca del desarrollo futuro de la tecnología de aeronaves. Sin embargo, dado que estos desarrollos son de difícil predicción, se hace necesario establecer un sistema de planificación continua que permita ir readecuando periódicamente los programas de mediano y largo plazo en términos de redefinir prioridades o investigar sobre los cambios de flotas relevantes de los operadores.

e. Evaluación, modelación y diseño

En términos generales, todo proyecto puede ser analizado con diversos niveles de detalle, en sus aspectos de demanda, diseño y evaluación. El presente Manual parte del principio básico de que estos tres aspectos deben ser desarrollados en conjunto, retroalimentándose mutuamente. Ello significa que debe existir coherencia entre el nivel de precisión con que se aborda cada uno de estos tres aspectos y las etapas de evaluación definidas en la **Sección 2.5**.

2.3 Clasificación del Transporte Aéreo

Las características de la demanda de transporte aéreo del país, ha conducido en muchos casos a un uso compartido de la infraestructura aeroportuaria, entre usuarios de características muy disímiles, como por ejemplo aviación comercial, civil y/o militar. Esta diferenciación se traduce en requerimientos muy diversos para el diseño, modelación y evaluación, dependiendo del tipo de aviación de que se trate.

Para fines del presente Manual, la aviación ha sido clasificada en ocho categorías, que se indican en el **Cuadro N° 2.1**.

Cuadro N° 2.1 Categorías de Aviación

CATEGORÍA	DESCRIPCION
<i>Tipo A</i>	<i>Aviación con fines de lucro, orientada al transporte público de carga y pasajeros mediante aeronaves de itinerario, usualmente de gran tamaño (Ej. líneas aéreas).</i>
<i>Tipo B</i>	<i>Aviación con fines de lucro, orientada al transporte público de carga y pasajeros mediante aeronaves sin itinerario, usualmente de tamaño pequeño (Ej. Taxis-aéreos).</i>
<i>Tipo C</i>	<i>Aviación con fines de lucro, orientada a prestar servicios comerciales diferentes del transporte (Ej. aerofotogrametría, fumigación, prospección de recursos).</i>
<i>Tipo D</i>	<i>Aviación sin fines de lucro orientada al transporte privado de carga y pasajeros mediante aeronaves sin itinerario, usualmente de tamaño pequeño (Ej. aviones institucionales, aviones privados utilizados para viajes de trabajo).</i>
<i>Tipo E</i>	<i>Aviación sin fines de lucro, con propósitos deportivos o recreativos. Puede clasificarse como</i>

CATEGORÍA	DESCRIPCION
	<i>una actividad de consumo, usualmente por parte de sectores de altos ingresos.</i>
Tipo F	<i>Aviación sin fines de lucro, con propósitos sociales (Ej. patrullaje policial, extinción de incendios, traslado de enfermos, ayuda a damnificados, puentes aéreos en caso de desastres, apoyo a lugares aislados).</i>
Tipo G	<i>Aviación militar de guerra, que sirve a propósitos de soberanía y defensa nacional (Ej. cazas, bombarderos, aeronaves de exploración).</i>
Tipo H	<i>Aviación militar de transporte, que sirve a propósitos de apoyo a la aviación militar de guerra (Ej. traslado de personal y/o carga).</i>

Las categorías anteriores admiten diversas formas de agregación, dependiendo de los objetivos deseados. Entre estas cabe destacar las indicadas en el **Cuadro N° 2.2**, que para efectos del ámbito del presente Manual, interesa fundamentalmente la categoría tipo A, que es aquella que utiliza los aeropuertos/aeródromos de la red primaria y secundaria.

Cuadro N° 2.2 Categorías de Agregación

Agregación 1. (Civil - Militar)	
<i>Aviación Civil</i>	<i>Comprende los tipos A, B, C, D, E y F.</i>
<i>Aviación militar</i>	<i>Comprende los tipos G y H.</i>
Agregación 2. (Estadísticas DGAC)	
<i>Aviación comercial de transporte</i>	<i>Comprende los tipos A y B</i>
<i>Aviación comercial de actividad aérea</i>	<i>Comprende el tipo C</i>
<i>Aviación no comercial</i>	<i>Comprende los tipos D, E y F</i>
Agregación 3. (Requerimientos aeroportuarios)	
<i>Aviación comercial regular</i>	<i>Comprende el tipo A</i>
<i>Aviación comercial no regular</i>	<i>Comprende los tipos B y C</i>
<i>Aviación general</i>	<i>Comprende los tipos B, C, D, E, F y G</i>
<i>Aviación militar</i>	<i>Comprende el tipo G</i>
Agregación 4. (Funcionalidad)	
<i>Aviación de transporte</i>	<i>Comprende los tipos A, B, D, F y H</i>
<i>Aviación de otras funciones</i>	<i>Comprende los tipos C, E y G</i>

2.4 Proyectos

En el contexto del presente Manual se entiende por proyecto a toda intervención en un aeropuerto/aeródromo de la red aeroportuaria primaria o secundaria que implique un conjunto coherente indivisible de inversiones. Cada proyecto tendrá ciertos beneficios netos, según se detalla en el **Capítulo 8**.

En el contexto del presente Manual se entenderá por Proyecto a toda intervención sobre la red aeroportuaria que implique un conjunto coherente e indivisible de inversiones. Cada proyecto tendrá ciertos beneficios netos, definidos como sus beneficios menos sus costos. Dos o más proyectos pueden ser:

a) Complementarios, si y sólo si los beneficios netos derivados de su ejecución conjunta son mayores que la suma de los beneficios netos de los mismos considerados individualmente.

b) Alternativos, si los beneficios netos derivados de su ejecución conjunta son menores que la suma de los beneficios netos de los mismos considerados individualmente, o bien si por restricciones físicas no es posible ejecutarlos en conjunto.

c) Independientes, si ambos beneficios netos son iguales.

Por ejemplo, es usual encontrar en la red aeroportuaria nacional que existe complementariedad entre proyectos en aeropuertos lejanos entre sí, en tanto los proyectos en aeropuertos cercanos tienden a ser alternativos.

Se entenderá por Plan a un conjunto cualquiera de proyectos. La comparación de los beneficios netos de un plan con los beneficios netos de los proyectos que lo constituyen considerados individualmente es la herramienta principal para discriminar entre proyectos complementarios, alternativos e independientes.

Por ejemplo, si se construye un plan que contiene dos proyectos, cuya ejecución reporta beneficios netos por un monto B , deberá construirse además un plan que contenga sólo el proyecto 1, con beneficios netos B_1 , y un plan que sólo contenga el proyecto 2, con beneficios netos B_2 . Si B es mayor que $B_1 + B_2$, los proyectos son complementarios. Si B es igual a $B_1 + B_2$, los proyectos son independientes. Si B es menor que $B_1 + B_2$, los proyectos son alternativos.

En la formulación de un plan no es necesario suponer que todos los proyectos se realizan simultáneamente, pudiendo establecerse un calendario de puesta en servicio de los mismos.

Un punto de gran importancia en la formulación y evaluación de planes, es evitar que un proyecto no rentable sea aceptado al ir dentro de un conjunto de proyectos rentable. Para lograr este objetivo, deberá someterse todo plan a un análisis incremental, que consiste en calcular el aporte individual de cada proyecto "i" al plan. Para ello, se debe construir un plan de referencia que contenga todos los restantes proyectos (esto es, todos menos el proyecto "i" en análisis), el cual entregará beneficios netos por un monto B . Supóngase además que el plan completo (que incluye el proyecto "i") tiene beneficios netos por un monto B_i . Si $B > B_i$, el proyecto "i" no es rentable, pues su aporte incremental es negativo. Si $B < B_i$, el aporte incremental es positivo y por lo tanto el proyecto es rentable. Cabe

destacar, sin embargo, que lo planteado se aplica a los beneficios económicos directos del proyecto.

2.5 Etapas en el Desarrollo de un Proyecto

En la terminología definida por los organismos de planificación (Ministerio de Desarrollo Social) el ciclo de vida de un proyecto incluye tres estados principales: Pre inversión, Inversión y Operación. Cada uno de estos estados se divide en etapas. El estado de Pre inversión considera cuatro etapas: Idea, Perfil, Pre-factibilidad y Factibilidad. El estado de Inversión contempla dos etapas: Diseño y Ejecución. El estado de Operación se compone de una sola etapa.

El presente Manual se centra en el estado de pre inversión, que contiene las cuatro etapas mencionadas. A continuación se presenta sucintamente el alcance de cada una de ellas. Se ha agregado además una breve descripción del alcance de las etapas restantes.

a. Etapa de Idea

Esta etapa corresponde al nivel más primario en el desarrollo de un proyecto en que se generan ideas que surgen de necesidades insatisfechas, resultados de estudios básicos realizados con anterioridad, no cumplimiento de normativas, aplicación de políticas generales, requerimientos de un plan general de desarrollo y/o plan maestro (plano regulador), relación con otros proyectos en estudio o en ejecución, etc. El propósito de esta etapa es visualizar de manera general en qué grado las posibles alternativas de solución que puedan ser planteadas resuelven los problemas detectados.

En el planteamiento del proyecto corresponde definir la necesidad que se pretende satisfacer o se trata de resolver, establecer su magnitud y a quiénes beneficia. Es necesario indicar los criterios que han permitido detectar la existencia del problema, verificando la fiabilidad y pertinencia de la información utilizada. De este análisis surgirá la especificación del proyecto y el servicio que prestará, identificando las alternativas básicas de solución de acuerdo con los objetivos predeterminados.

b. Etapa de perfil

En esta etapa corresponde entregar los antecedentes preliminares que permitan formarse un primer juicio respecto de la conveniencia de llevar a cabo la idea de proyecto. Para su realización se utilizan cifras estimativas que incluyen una aproximación a los costos y beneficios. Se requiere definir previamente la situación sin proyecto, es decir, prever qué sucederá a futuro si no se ejecuta el proyecto. En la etapa de perfil se realiza un primer análisis de la viabilidad técnica y económica de las alternativas planteadas, para descartar las que no son factibles técnicamente.

En esta etapa se desarrollan alternativas de proyecto a nivel conceptual, que surgen a raíz de necesidades insatisfechas que resulten de estudios básicos realizados con anterioridad, no cumplimiento de normativas, aplicación de políticas generales, requerimientos de un

plan general de desarrollo y/o plan maestro (plano regulador), relación con otros proyectos en estudio o en ejecución, etc. El propósito es entregar un juicio respecto a la conveniencia técnica y económica de llevar a cabo la idea de proyecto.

Esta etapa está orientada a identificar todas las alternativas consideradas técnicamente factibles que resuelven efectivamente los problemas detectados. Debe incluir un análisis preliminar de demanda, de aspectos técnicos, y evaluación económica.

En la etapa de perfil se hace uso de fuentes de información secundarias, extrapolación de antecedentes contenidos en proyectos similares, datos de planes maestros, etc., en que el juicio experto es fundamental para definir la validez de los valores a aplicar.

c. Etapa de pre-factibilidad

En esta etapa corresponde el desarrollo de prediseños o diseños a nivel conceptual de las alternativas de solución que se estudiaron en la etapa de perfil. La modelación adquiere en esta etapa un rol crucial, pues las diferencias entre alternativas son más tenues y requieren instrumentos de modelación más refinados para su análisis. En su aspecto de evaluación, se realiza el cómputo formal de costos, beneficios e indicadores de rentabilidad de corto y largo plazo que permiten realizar una nueva selección de alternativas

d. Etapa de factibilidad

El objetivo es lograr una mayor precisión en la estimación de costos y beneficios involucrados, como en el diseño operacional de la solución en estudio.

En su aspecto de diseño, esta etapa comprende el desarrollo de anteproyectos. En términos de modelación, ésta, se centra en mejorar las proyecciones de demanda y los niveles de desempeño futuros (grado de congestión, deterioro de pavimentos, variables de servicio, etc.), tanto para la situación base como para la situación con proyecto.

El resultado de esta etapa debe indicar con alto nivel de precisión la conveniencia técnico – económica de llevar a cabo el proyecto.

e. Diseño, Ejecución y Operación

Estas etapas son posteriores al proceso de pre inversión y si bien están fuera del alcance del presente Manual, igual es necesario definirlas. Comprenden el desarrollo del diseño del proyecto y la ingeniería de detalle necesaria para la preparación de planos y especificaciones técnicas para la materialización de las obras seleccionadas en el proceso de pre inversión. Comprenden además la construcción de las obras y su conservación y operación durante su vida útil.

De lo anterior se desprende que el gasto de recursos en conservación no forma parte del proceso de pre inversión y no está sujeto por lo tanto a estudios de rentabilidad. Ello debe ser así en la medida que los programas de conservación se ajusten a los propuestos en los estudios de pre inversión originales. De ser sustancialmente diferentes, cabe la posibilidad de que constituyan en realidad un proyecto de inversión que debiera ser sometido al proceso de evaluación normal.

Se recomienda siempre realizar el seguimiento y post-evaluación de proyecto.

2.6 Clasificación de Proyectos

a) Objetivos

El objetivo central de la clasificación de proyectos es reconocer la diversidad de intervenciones posibles sobre el sistema de transporte aéreo, de modo de definir en cada caso las herramientas metodológicas más adecuadas para su análisis. Por lo tanto, la clasificación propuesta es diferente a la que se haría, por ejemplo, con propósitos de establecer normas de diseño.

b) Factores de clasificación

En el presente Manual se han seleccionado dos factores que se consideran centrales como base para la clasificación: el impacto del proyecto sobre el patrón de flujos de equilibrio entre el sistema de transporte y el sistema de actividades (Manheim, 1979); y el monto estimado de inversión a realizar, como indicador del tamaño o magnitud del proyecto.

El concepto de patrón de flujos de equilibrio se refiere a la magnitud de los flujos de pasajeros y carga que se producen durante un período de referencia dado (por ejemplo, flujos anuales), desagregados por origen- destino, modo de transporte y ruta. Estos flujos son el resultado de la interacción del sistema de actividades con el sistema de transporte.

El sistema de actividades se define como la localización de todas las actividades generadoras de flujos de transporte, tales como actividades residenciales, laborales, turísticas, etc. El sistema de transporte queda definido por los servicios de transporte realmente ofrecidos y sus atributos o características, tales como el costo, tiempo de viaje, comodidad, etc.

Dentro de este enfoque, cuando se produce un cambio en la oferta de servicios de transporte, ello debe traducirse en un cambio en el patrón de flujos de equilibrio, cuya magnitud está directamente relacionada con la magnitud del cambio en la oferta de servicios.

En principio, toda modificación de la oferta de servicios de transporte implicará cambios en las diversas componentes del patrón de flujos de equilibrio. Sin embargo, la magnitud de los impactos será muy pequeña o despreciable en muchas de las componentes. Por ejemplo, un mejoramiento de los servicios de transporte aéreo entre Santiago y Punta Arenas puede tener un efecto importante sobre el nivel de flujo entre dicho par de ciudades, pero probablemente su impacto será pequeño o despreciable sobre los flujos aéreos entre otros pares de ciudades, o sobre los flujos de transporte terrestre. Exactamente cuales flujos serán afectados por un proyecto dado en forma relevante, es una materia que puede ser definida en gran medida por el juicio y criterio del analista, auxiliado por modelos de transporte en los casos en que exista duda.

c) Clasificación según impacto sobre el patrón de flujos

i) Proyectos estructurales

Son aquellos que tienen un impacto relevante sobre la generación, distribución o partición modal de los viajes en el área de influencia del proyecto. Normalmente, estos impactos implican además cambios en las variables de servicio (costo, tiempo de viaje) propias del transporte aéreo.

ii) Proyectos no estructurales

Son aquellos que producen un impacto no relevante en el patrón de flujos.

Resulta necesario definir qué se entiende por impacto relevante. En términos generales, ello dependerá del grado de precisión con que se estén estimando los cambios en el patrón de flujos. Cada estimación tendrá asociado un intervalo de confianza que representa una medida del margen de error. Se dirá que el impacto de un proyecto es relevante si produce un cambio estimado en dichos flujos superior al 50% del intervalo de confianza. Si el cambio estimado fuera inferior a dicho umbral podrá asumirse que el proyecto es no estructural.

En algunos casos, el juicio del analista, basado en la experiencia de proyectos anteriores, permitirá clasificar un proyecto o plan como estructural o no estructural. En caso de duda, se recomienda considerar el proyecto como si fuera estructural en la etapa de perfil. Sobre la base de los resultados obtenidos, se definirá la clasificación a adoptar para la etapa de prefactibilidad.

d) Clasificación según magnitud o tamaño de los proyectos

Se entenderá por magnitud o tamaño de un proyecto, para los efectos del presente Manual, el monto aproximado de la inversión necesaria. La clasificación se basa en que normalmente resulta posible establecer en forma muy temprana, en la etapa de idea, una primera aproximación al monto de inversión que implica el proyecto. Esta clasificación tiene relación principalmente con el esfuerzo que resulta razonable dedicar al análisis del proyecto en los aspectos de diseño, modelación y evaluación. Dado que no resulta posible definir en abstracto los umbrales a partir de los cuales se justifica el uso de las diversas herramientas de análisis, ello se realiza en los capítulos correspondientes.

e) Relación entre clasificación actual de proyectos (Ministerio de Desarrollo Social) y la propuesta en el Manual

La clasificación actual de proyectos de Ministerio de Desarrollo Social consulta la siguiente tipología:

- Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la pista.
- Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de calles de rodaje y salida.
- Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la plataforma de estacionamiento de aviones.

- Proyectos de ampliación del edificio terminal.
- Proyectos de inversión en equipos de ayuda a la navegación.
- Proyectos de servicios.

La relación de esta clasificación actual con la propuesta en el Manual se presenta a continuación:

i) Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la pista

Se distinguen dos casos: aumento de largo y/o ancho, y aumento de resistencia. En ambos casos, caben dos posibilidades:

- el proyecto permite la operación de aeronaves que antes no podían operar o lo hacían con restricciones; en este caso, se trata de un proyecto estructural, que probablemente será grande o mediano.
- el proyecto no significa cambios en el material de vuelo utilizado, sino más bien ahorra o posterga costos de mantenimiento; en este caso, se trata de un proyecto no estructural, probablemente de tamaño mediano.

ii) Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de calles de rodaje y salida.

En este tipo de proyecto se distinguen dos casos similares a los anteriores: mejoras geométricas y mejoras de resistencia. En ambos casos, caben dos posibilidades:

- el proyecto permite la operación de aeronaves que antes no podían operar o lo hacían con restricciones; en este caso, se trata de un proyecto estructural, que probablemente será mediano o pequeño.
- el proyecto no significa cambios en el material de vuelo utilizado, sino más bien ahorra costos de operación de aviones; en este caso, se trata de un proyecto no estructural, probablemente de tamaño mediano o pequeño. Ello se debe a que los menores costos de operación de aviones representarán, en general, una proporción baja del costo total de operación, por lo cual, incluso si los ahorros fueran traspasados a las tarifas, el efecto sobre la demanda sería muy pequeño. Naturalmente, si dicho efecto fuera apreciable en un caso dado, se trataría de un proyecto estructural, probablemente pequeño.

iii) Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la plataforma de estacionamiento de aviones

Nuevamente se distinguen dos casos: mejoras de resistencia y ampliación de superficie. En ambos casos, caben dos posibilidades:

- el proyecto permite la operación de aeronaves que antes no podían operar o lo hacían con restricciones; en este caso, se trata de un proyecto estructural, que probablemente será mediano o pequeño.
- el proyecto no significa cambios en el material de vuelo utilizado, sino más bien posibilita la operación simultánea de un mayor número de aviones; en este caso, se trata de un proyecto no estructural, probablemente de tamaño mediano o pequeño.

iv) Proyectos de ampliación del edificio terminal

Estos proyectos aumentan la capacidad de proceso del terminal de carga o pasajeros, mejorando la utilidad del transporte aéreo, pero usualmente con una baja incidencia en la utilidad total. Por esta razón, la situación más probable es que se trate de un proyecto no estructural de tamaño mediano o pequeño. Naturalmente, si dicha incidencia fuera apreciable en un caso dado, se trataría de un proyecto estructural, probablemente pequeño.

v) Proyectos de inversión en equipos de ayuda a la navegación

Estos proyectos, además de mejorar las condiciones de seguridad de los vuelos, pueden permitir un incremento en las horas anuales operativas del aeropuerto. Si el aeropuerto no presenta congestión, que es probablemente el caso más frecuente, el incremento de las horas operativas sólo permitirá modificar los itinerarios de los vuelos existentes. Puede producir ahorros en términos de flota, si hace posible un mejor aprovechamiento de la misma, o puede mejorar la utilidad del modo aéreo si los itinerarios son un factor importante en la atracción de demanda. En el primer caso, probablemente se puede tratar de un proyecto no estructural mediano o pequeño. En el segundo caso, podría tratarse de un proyecto estructural, cuyo tamaño dependerá del monto de inversiones involucradas.

vi) Proyectos de servicios

Según la metodología actual, estos proyectos no son objeto de evaluación económica. El Manual propone que los costos de servicios en que se incurre como complemento a un proyecto de otro tipo deben ser justificados con los beneficios del proyecto principal.

2.7 Tipologías de Proyectos

a. Definición de tipología según proceso que representa

A continuación se entrega una definición de seis procesos diferenciadores identificados:

Normalización.

Corresponde a todas aquellas iniciativas de inversión necesarias para dar cumplimiento a la normativa aeronáutica vigente, referida a la infraestructura del área de movimiento, exigida por la autoridad aeronáutica para certificar los aeropuertos y aeródromos del país, conforme a los compromisos contraídos por el Estado de Chile con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), para satisfacer los requerimientos de operación de las aeronaves de diseño del aeródromo/aeropuerto, que realizan vuelos regulares en los aeropuertos y aeródromos del territorio nacional. Estas iniciativas serán independientes de los requerimientos de demanda, como por ejemplo: número de vuelos y operación con peso máximo de despegue de la aeronave crítica.

Asimismo, también se considerarán aquellas iniciativas de inversión referidas al cumplimiento de otras normativas nacionales de otros ámbitos, tales como sistemas de detección de incendios, facilidades para personas con movilidad reducida, sanitarias, ambientales etc.

Cuando exista un cambio de material de vuelo que ocasione nuevos requerimientos normativos, se entenderá como ampliación o mejoramiento.

Ampliación

Corresponde a todos aquellos proyectos que amplíen infraestructura existente y que como resultado de su materialización brindarán una mayor capacidad o nivel de servicio, asociada a los pasajeros, operaciones, mantenimiento de aeronaves o carga, ya sea del área de movimiento (airside) o de la zona pública (landside). Por ejemplo ampliación (largo, ancho o metros cuadrados totales) de una pista de aterrizaje y despegue, rodajes o plataforma, edificio terminal de pasajeros que permitirán atender más pasajeros en un lapso de tiempo manteniendo un nivel de servicio predefinido.

Conservación

Corresponde a labores de mantenimiento de las obras o instalaciones verticales u horizontales tendientes a mantener los estándares que corresponden a un funcionamiento predeterminado. La conservación puede ser de carácter rutinario, es decir con una periodicidad que generalmente es anual o bianual, con intervenciones asociadas al sellado de juntas, mantenimiento de cercos y caminos interiores, cubiertas, pintura, demarcaciones, etc.; o de carácter mayor, generalmente con una periodicidad sobre los 5 años dependiendo de la materialidad, uso y ubicación de la infraestructura, como es el caso del mantenimiento de la carpeta de rodadura en el área de movimiento. Las intervenciones en conservación mayor y rutinaria, definidas en el **Cuadro N°2.3**, se encuentran incluidas en la evaluación económica original de cada proyecto presentado al SNI. Por lo tanto, cuando se ajusten al programa de mantención original, presentado en el flujo de caja de cada proyecto, deben desarrollar sólo un análisis técnico. En el caso de no cumplir con esta condición, deben ser evaluados socialmente.

Reposición

Corresponde a labores que implican la renovación total o parcial de un servicio ya existente, con o sin cambio de capacidad y/o calidad del mismo. Es decir, para reemplazar o modernizar elementos que han llegado al término de su vida útil, que por avances tecnológicos han quedado obsoletos o presentan deficiencias de tipo estructural. Corresponderá por ejemplo al cambio de emplazamiento de un aeropuerto o aeródromo existente, o a la renovación de una edificación o infraestructura puntual del aeropuerto o aeródromo.

Mejoramiento

Corresponde a proyectos que mejoran las características de determinados elementos de infraestructura sin por ello aumentar la capacidad operacional de la misma. Por ejemplo, proyectos asociados a mejoras de condiciones de sustentabilidad para incorporar sistemas más eficientes (calentamiento de agua mediante placas solares), mejora de calidad de servicio de ciertas instalaciones en aspectos relacionados con circulación de personas o medios de transporte (nuevos medios mecánicos de traslado), sanitarios, lumínicos, acústicos, contaminación, de áreas de proceso asociadas al pasajero, áreas de servicio para

los acompañantes. En el área de movimiento a proyectos de fillet, mejoramiento de drenajes, etc.

Construcción

Corresponde a proyectos integrales para desarrollar un nuevo aeródromo/aeropuerto, u obras nuevas dentro de aeropuertos existentes, con o sin cambio de la capacidad de los mismos. Puede referirse a un nuevo aeropuerto o aeródromo para permitir incorporar el modo aéreo en un lugar que no dispone de facilidades de acceso terrestre y en el caso de nueva infraestructura en un aeropuerto existente, corresponderá por ejemplo a un nuevo rodaje, nueva pista, o cualquier otra infraestructura que antes no existía.

b. Tipología según área de intervención

En todo aeródromo/aeropuerto se distinguen claramente dos áreas, las que atienden usuarios distintos. Entonces, según el área de intervención donde se sitúa el proyecto la macro tipificación es la siguiente:

Área de Movimiento (Air Side), comprende el espacio aéreo, área de movimiento-aterrizaje y rodajes- y de maniobras, plataformas.

Área Terrestre (Land Side), incluye los accesos, terminales y áreas de circulación.

Además, existen los servicios de apoyo a ambas áreas.

El desarrollo de cada área requiere de proyectos específicos, aunque debidamente coordinados entre ellas.

En el área de movimiento y en el área terrestre se identifican los proyectos tipo que se muestran en el **Cuadro N°2.3**. Cabe hacer presente que esta reseña no es exhaustiva, es sólo ilustrativa del tipo de proyectos posibles. Se observa que ciertos proyectos sólo requieren que sean técnicamente factibles dado que se encuentran evaluados económicamente en el flujo original de cada proyecto, por lo que se deben ceñir a esos programas de mantención.

Cuadro N° 2.3 Proyectos Tipo

	1	2	3	4	5	6
TIPOLOGIAS DE PROYECTOS	NORMALIZACIÓN Cumplimiento de normativa	AMPLIACIÓN Ampliar infraestructura Existente para aumentar capacidad	CONSERVACIÓN mantener estándares	REPOSICIÓN Renovación Total o Parcial con o sin aumento capacidad, calidad	MEJORAMIENTO Mejorar las características sin aumento de capacidad	CONSTRUCCIÓN Obras nuevas con o sin cambio de capacidad
1. INSTALACIONES AREA DE MOVIMIENTO (AIR SIDE)						
Infraestructura asociada a SEI. Torre de Control y dependencias DGAC.	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO EFICACIA)					
Infraestructura asociada a operación regular de aeronaves de un aeródromo para que se efectúen dentro de los límites de la seguridad aérea establecidos por la autoridad responsable y sean independientes a requerimientos de demanda= Márgenes, franja, RESA, ayudas visuales, demarcación, señalización, cercos, Fillet, ancho y largo de pista.	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO EFICACIA)					
Nuevo aeródromo / aeropuerto						EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)
Nueva infraestructura no existente dentro del aeródromo= pista, rodajes, salidas rápidas, plataforma de viraje en pista, plataforma estacionamiento de aeronaves y/o helicópteros, calle aeronáutica, drenajes. Por requerimiento de la demanda márgenes, franja, RESA, ayudas visuales, demarcación, señalización, cercos, Fillet, ancho de pista, etc.						EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)
Cambio de geometría= aumento de largo / ancho de pista, rodajes, salidas rápidas, plataforma de viraje en pista, plataforma estacionamiento de aeronaves y/o helicópteros, calle aeronáutica, drenajes. Por requerimiento de la demanda márgenes, franja, RESA, Fillet, ancho de pista.		EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)			EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)	

	1	2	3	4	5	6
TIPOLOGIAS DE PROYECTOS	NORMALIZACIÓN Cumplimiento de normativa	AMPLIACIÓN Ampliar infraestructura Existente para aumentar capacidad	CONSERVACIÓN mantener estándares	REPOSICIÓN Renovación Total o Parcial con o sin aumento capacidad, calidad	MEJORAMIENTO Mejorar las características sin aumento de capacidad	CONSTRUCCIÓN Obras nuevas con o sin cambio de capacidad
Mantenimiento Mayor de estándares = recarpeteo pista, rodajes, salidas rápidas, plataforma de viraje en pista, plataforma estacionamiento de aeronaves y/o helicópteros. Mantenimiento calle aeronáutica, muros de drenajes, etc.			No ingresa a MDS			
Mantenimiento Rutinario de estándares = demarcación, cercos, sellado de juntas, rasantes, pinturas, retiro pasto o maleza, señalética, limpieza de drenajes, reparación de grietas, bacheos, nivelación de franjas, reemplazo de losas, etc.			No ingresa a MDS			
Reemplazo de infraestructura existente Total: cambio de emplazamiento aeródromo.				EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)		
Reemplazo de infraestructura existente Parcial (paquete estructural)= pista, rodajes, salidas rápidas, plataforma de viraje en pista, plataforma estacionamiento de aeronaves y/o helicópteros, calle aeronáutica, drenajes, etc.				EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)		
Aumento de resistencia o capacidad estructural= pista, rodajes, salidas rápidas, plataforma de viraje en pista, plataforma estacionamiento de aeronaves y/o helicópteros, calle aeronáutica, etc.		EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)			EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)	
Nuevas ayudas visuales y/o radio ayudas todas ellas vinculadas por adherencia con la infraestructura que desarrolle la DAP.						EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)
2. INSTALACIONES LADO TERRESTRE (LAND SIDE)						
Remodelación infraestructura= terminal de pasajeros, terminal de carga, edificios de apoyo, estacionamientos, vialidad pública, paisajismo, accesos, etc.					EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO EFECTIVIDAD O COSTO BENEFICIO)	

	1	2	3	4	5	6
TIPOLOGIAS DE PROYECTOS	NORMALIZACIÓN Cumplimiento de normativa	AMPLIACIÓN Ampliar infraestructura Existente para aumentar capacidad	CONSERVACIÓN mantener estándares	REPOSICIÓN Renovación Total o Parcial con o sin aumento capacidad, calidad	MEJORAMIENTO Mejorar las características sin aumento de capacidad	CONSTRUCCIÓN Obras nuevas con o sin cambio de capacidad
Ampliación infraestructura= terminal de pasajeros, terminal de carga, edificios de apoyo, estacionamientos, vialidad pública, paisajismo, accesos, etc.		EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO EFECTIVIDAD O COSTO BENEFICIO)				
Conservación infraestructura= terminal de pasajeros, terminal de carga, edificios de apoyo, estacionamientos, vialidad pública, paisajismo, accesos, etc.			No ingresa a MDS			
Nueva infraestructura= terminal de pasajeros, terminal de carga, edificios de apoyo, estacionamientos, vialidad pública, paisajismo, accesos, etc.						EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO EFECTIVIDAD O COSTO BENEFICIO)
Sustentabilidad (Eficiencia energética)					EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)	
Nuevos equipos mecánicos y electromecánicos y otros todas ellas vinculadas por adherencia con la infraestructura que desarrolle la DAP.						EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)
Mejoramiento calidad de servicio terminal de pax, carga, edificios de apoyo, estacionamientos relacionados con circulación de personas o medios de transporte, áreas de proceso asociadas al pasajero, áreas de servicio asociadas a los acompañantes, sanitarios, lumínicos, acústicos, contaminación, etc.					EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO BENEFICIO)	

	1	2	3	4	5	6
TIPOLOGIAS DE PROYECTOS	NORMALIZACIÓN Cumplimiento de normativa	AMPLIACIÓN Ampliar infraestructura Existente para aumentar capacidad	CONSERVACIÓN mantener estándares	REPOSICIÓN Renovación Total o Parcial con o sin aumento capacidad, calidad	MEJORAMIENTO Mejorar las características sin aumento de capacidad	CONSTRUCCIÓN Obras nuevas con o sin cambio de capacidad
3. SERVICIOS						
Sub estación eléctrica, planta de tratamiento, planta y red de agua potable, incendio, gas, incineradores, etc.	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA (COSTO EFICACIA)					

Es conveniente considerar, que pueden presentarse casos especiales, que no necesariamente se encuadren exactamente a las definiciones anteriores, situaciones en que el juicio experto será fundamental. Por ejemplo, el cambio de Clave de Referencia de un aeródromo/aeropuerto implica revisar varios parámetros de distancias de separación de las características físicas del mismo, de acuerdo al Reglamento DAR 14 “Aeródromos” de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), lo cual puede representar un proyecto mayor.

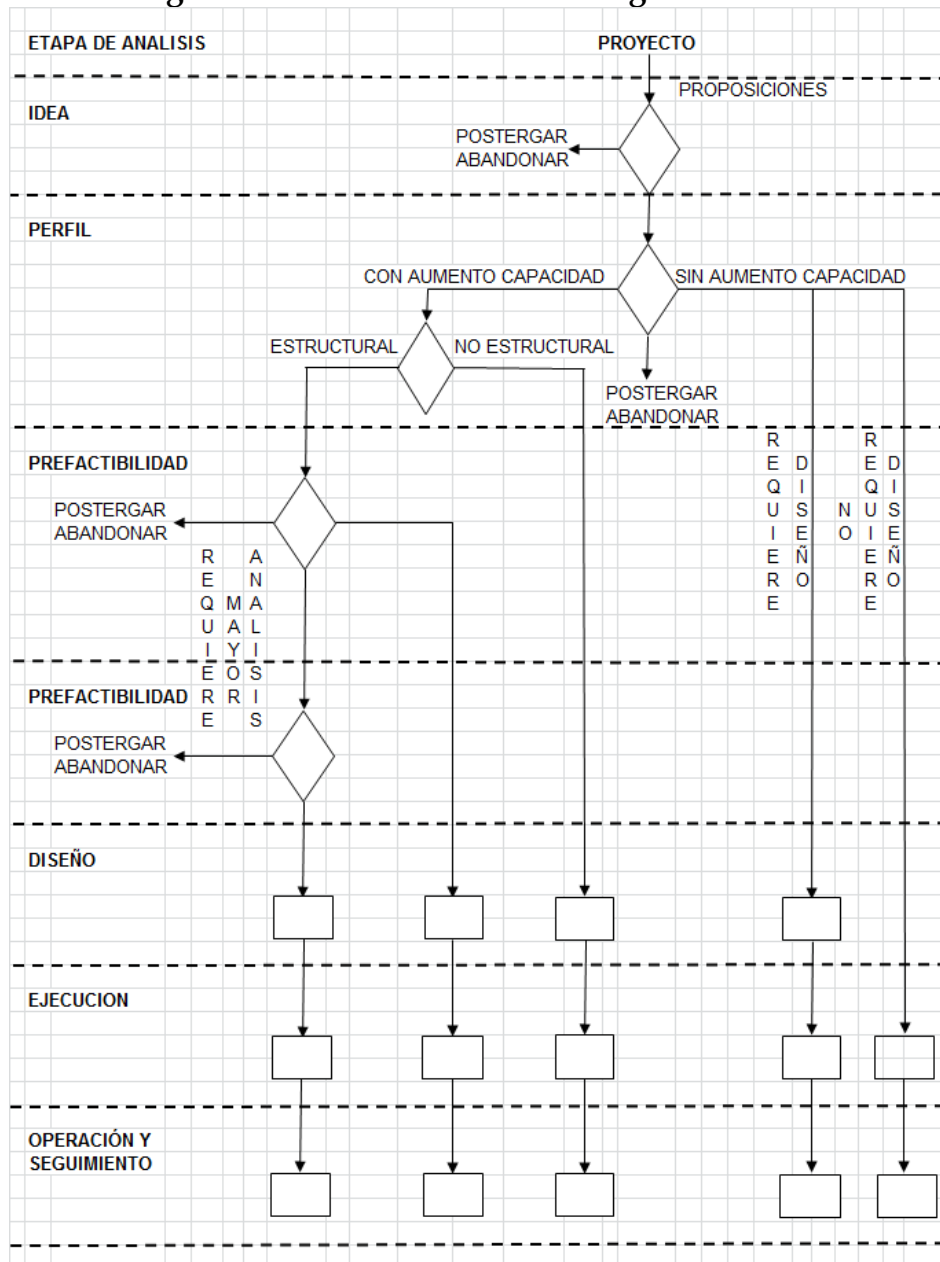
Por otra parte, si bien se establece que los proyectos sin impacto en la capacidad no tienen impacto en el patrón de flujos, se debe considerar que toda vez que un proyecto tenga impactos en los costos generalizados del servicio (reducción de tarifas o mejoras en la comodidad), podría incidir en la partición modal de los pares origen destino que sirve un aeropuerto.

3. SECUENCIAS METODOLÓGICAS EN LA EVALUACIÓN

3.1 Presentación

El objetivo de este capítulo es presentar una metodología general para la evaluación de proyectos, que abarque las diversas etapas definidas en el **Capítulo 2**. En la **Figura N° 3.1** está representada en forma esquemática la secuencia metodológica general.

Figura N° 3.1: Secuencia Metodológica General¹



¹ Este diseño de ciclo de vida es referencial, y puede variar según las características de cada proyecto.

3.2 Generación de Proyectos

La generación de una idea de proyecto de inversión en infraestructura aeroportuaria puede surgir de múltiples fuentes, entre las cuales se puede señalar:

- Necesidades insatisfechas detectadas por los operadores aéreos u otros agentes.
- Estudios globales de planificación del transporte interurbano.
- Otros proyectos en estudio o en ejecución, que requieren complementación.

3.3 Análisis en Etapa de Perfil

En el planteamiento y análisis del problema, corresponde definir la necesidad que se pretende satisfacer o se trata de resolver, establecer su magnitud y señalar a quienes afectan las deficiencias detectadas (grupos, sectores, regiones o la totalidad del país). Además, es necesario indicar los criterios que han permitido detectar la existencia del problema, verificando la confiabilidad y pertinencia de la información utilizada. De tal análisis, surgirá la especificación precisa de la obra que se desea construir.

Asimismo, en esta etapa corresponde identificar las alternativas básicas de solución del problema, de acuerdo con los objetivos predeterminados.

i) Necesidades. La idea del proyecto surgirá generalmente de necesidades detectadas en la operación actual del sistema de transporte aéreo. Estas limitaciones deberán ser claramente explicitadas, indicando además los sectores o grupos afectados por las mismas.

ii) Diagnóstico. Se debe identificar las causas más probables de las brechas detectadas, con énfasis en aquellas que guarden relación con las características actuales de la infraestructura aeroportuaria.

iii) Demanda. El análisis de demanda debe hacerse en base a la información estadística histórica disponible. Con esta información, y el uso de modelos de proyección de demanda, se debe efectuar la proyección en el horizonte temporal a definir en el estudio (usualmente, en los proyectos de infraestructura se analiza la demanda en un horizonte de 20 años a partir del año de implementación del proyecto).

Dependiendo del nivel de detalle que se necesite para la proyección de demanda, definido en los objetivos del estudio, se pueden realizar dichas proyecciones a un nivel grueso (pasajeros/periodo o Ton/periodo) que sirve un aeropuerto/aeródromo en particular, o bien, a nivel de uno o varios segmentos de demanda, desagregando por origen, destino, tipo, temporada, etc., tal como se detalla:

Cuando se requiera la información agregada de demanda para un aeropuerto o aeródromo, se requerirá una proyección de demanda para los pasajeros (en el caso de transporte de pasajeros) o toneladas (u otra medida de carga, en el caso de transporte carguero) por periodo de tiempo, como por ejemplo, anual.

En el caso de que se requiera un análisis más detallado de la demanda agregada por la naturaleza del estudio, es posible desagregar la información por tipo (doméstico o internacional) o por temporada (alta o baja). Si la demanda se encuentra en el nivel de generación y atracción de viajes, se recomienda aplicar las siguientes técnicas de estimación de demanda, en el orden que se presentan:

Estimación de demanda utilizando Series de Tiempo: En el caso de poseer información histórica, se recomienda utilizar en una primera instancia modelos con al menos un componente auto-regresivo para estimar la demanda, dada la correlación natural de ésta con ella misma en periodos anteriores. Por ejemplo, si se utiliza el PIB del periodo t como variable explicativa, es recomendable testear la inclusión de al menos una variable auto-regresiva para el PIB (periodo $t-1$), debido a que muchas veces los viajes se realizan con los ahorros de periodos anteriores. En particular, se debe aplicar a la serie de datos test que permitan detectar la auto correlación de las variables, siendo el test de Durbin-Watson² uno de los más robustos para este fin.

Estimación de demanda utilizando Regresión Lineal: Si la cantidad de datos históricos para la calibración de los modelos de demanda no son suficientes (o bien, existe poca variabilidad en los datos) como para estimar modelos autor-regresivos que sean consistentes y robustos, se deben estimar modelos de regresión lineal multivariada, con el método de mínimos cuadrados ordinarios (incluyendo variables macroeconómicas como PIB, tasa de desempleo y otras que se consideren relevantes). Es importante que se deje en claro en el reporte de las proyecciones de demanda el por qué no se pudo calibrar modelos de Series de Tiempo, y reconocer los posibles sesgos de estimación que pueden derivar de no considerar elementos auto-regresivos en las estimaciones, en especial si se detecta autocorrelación de las variables explicativas o de la variable explicada utilizando test estadísticos.

En caso de no existir datos históricos para la proyección de demanda, o bien, se ha comprobado que los datos disponibles no responden a la realidad o contienen error, y por lo tanto, se decide no utilizarlos, la mejor opción disponible es suponer una tasa de crecimiento de la demanda como el mejor indicador disponible a futuro, y aplicar dicha tasa a la demanda actual. Para la obtención de esta tasa, se puede utilizar como proxy el crecimiento de algún mercado donde si existan datos y que tenga características similares, el juicio de un panel seleccionado de expertos (utilizando luego el método Delphi para converger a un valor), o utilizar la información histórica reciente y mantener dicha tasa, aplicando las correcciones que correspondan. La metodología de obtención de la tasa de crecimiento debe ser consensuada con los agentes involucrados en el estudio.

Si el estudio requiere un nivel detallado de demanda, en especial cuando la demanda requiere desagregación a nivel de origen y destino, se deben realizar los primeros tres pasos del modelo clásico de transporte que incluye la obtención de los vectores de

² El estadístico de Durbin-Watson es un valor que se utiliza para detectar la presencia de autocorrelación (una relación entre los valores separados el uno del otro por un intervalo de tiempo dado) en los residuos (errores de predicción) de un análisis de regresión.

generación y atracción de viajes para las zonas de estudio, la obtención de la matriz de viajes a nivel origen y destino, y finalmente, la elección del modo de viaje, con un modelo de partición modal. Este enfoque es propio de los proyectos que se espera que causen un cambio en la partición modal o en la distribución de viajes.

iv) Alternativas de Solución Técnica y Diseño. Se debe identificar las alternativas de solución, teniendo cuidado de realizar la búsqueda con la mayor amplitud posible, evitando descartar alternativas antes de someterlas a un análisis formal. Estas alternativas de solución deben ser relativamente comparables en términos de nivel de servicio o calidad de las prestaciones y costos. Cuando proceda, bastará presentar estas alternativas en la forma de esquemas o bosquejos.

La exploración y definición de diversas alternativas de solución es a nivel conceptual. En esta etapa es más relevante la amplitud de la búsqueda que el detalle o precisión de los diseños. Planteadas las posibles soluciones, los elementos componentes se dimensionan en base a consideraciones técnicas basadas en proyectos similares, de existir. Cada alternativa planteada debe tener un desarrollo suficiente de modo de permitir una estimación de los costos de inversión que involucra, ilustrándose mediante esquemas conceptuales indicando dimensiones principales. En todos los casos, deberá realizarse una modelación de la operación del aeropuerto, según lo establecido en el Capítulo 5, de modo de garantizar la eficacia de las soluciones propuestas (ver la definición de alternativas y la realización de anteproyectos con la precisión establecida en el Capítulo 7 para etapa de perfil).

v) Costos de Inversión y Mantenimiento. Se debe realizar una estimación de las inversiones involucradas en cada una de las alternativas planteadas. Ello se basará principalmente en la experiencia de quienes proponen el proyecto y en los costos de proyectos similares realizados con anterioridad.

La determinación de costos de inversión y mantenimiento debe hacerse de acuerdo al capítulo respectivo. Los costos de inversión deberán corregirse para llevarlos a costos sociales, según lo establecido por MDS.

vi) Evaluación. Se analizará el grado en que las soluciones propuestas efectivamente permiten superar las brechas detectadas en i). Se establece un juicio acerca de la eficacia y coherencia de la(s) solución(es) planteada(s), así como también la importancia del problema. Además se debe hacer una primera estimación de los costos de inversión esperados. Se orienta a la identificación de las principales fuentes de ahorros o beneficios, cuantificándolos y valorándolos en una primera aproximación.

Se debe computar los beneficios directos del proyecto, según lo establecido en el **Capítulo 9**. La determinación de la rentabilidad del proyecto, a partir de la determinación de los flujos de costos y beneficios debe realizarse aplicando lo establecido en el **Capítulo 10**.

vii) Impactos Cualitativos. Se debe identificar los impactos o externalidades positivas y/o negativas no posibles de cuantificar que tiene el proyecto. Además, se debe describir los costos y beneficios intangibles que son atribuibles al proyecto.

viii) Resultado de la Etapa. Se debe ordenar las alternativas analizadas en una lista de prioridad tomando en cuenta su rentabilidad e impactos, según se detalla en el **Capítulo 10**. Se analiza el grado en que las soluciones propuestas efectivamente permitan superar las deficiencias detectadas en i), así como su potencial futuro para responder a las exigencias identificadas en iii). Se debe analizar además la flexibilidad o rigidez de cada solución, en el sentido de permitir o no futuras correcciones, ampliaciones o complementaciones.

El resultado principal de esta etapa es la preselección de alternativas técnicamente factibles a ser analizadas con mayor profundidad en la etapa siguiente. Como resultado del análisis se puede adoptar alguna de las siguientes recomendaciones:

- Abandonar el proyecto, si los indicadores de bondad son extremadamente bajos.
- Postergar su estudio, si los indicadores de bondad son bajos, pero se anticipa que mejorarán en el futuro como consecuencia del crecimiento esperado de los flujos.
- Reformular el proyecto, modificando determinadas características que se estima permiten viabilizarlo.
- Realizar un estudio de pre-factibilidad, si los indicadores de bondad son dudosos, o bien, si siendo altos, el monto de inversión supera un cierto umbral.
- Pasar directamente a la etapa de ejecución del proyecto, si pasar a las etapas de prefactibilidad o factibilidad no agrega información útil para la toma de decisiones.

También podría ocurrir que existe una alternativa claramente más conveniente, cuya ejecución se recomienda sin ulterior análisis, pasando directamente a la etapa de diseño. La justificación para lo anterior, es que análisis más refinados no agregan valor, es decir, no disminuyen la incertidumbre de las estimaciones y los indicadores de rentabilidad resisten cualquier tipo de sensibilización.

3.4 Análisis en Etapa de Pre-factibilidad

a. Aspectos Generales

Al iniciar esta etapa, el estudio del proyecto en etapa de perfil ya habrá entregado una estimación del monto de inversión asociado al proyecto, sus probables fuentes de beneficios y su impacto sobre el patrón de flujos de equilibrio. Sin embargo, estos resultados tendrán un grado de incertidumbre por la baja precisión propia de los estudios de perfil. Será necesario por lo tanto, realizar un afinamiento tanto de los aspectos de diseño como de las proyecciones de demanda y la modelación del sistema, utilizando herramientas de análisis más refinadas.

b. Requerimientos Metodológicos

El análisis de un proyecto a nivel de pre-factibilidad debe contener como mínimo los siguientes elementos:

i) Necesidades. Debe señalarse claramente, a partir de los resultados del estudio de perfil, cuáles son las necesidades detectadas en la operación actual del sistema de transporte aéreo, que el proyecto intenta solucionar.

ii) Diagnóstico. Se debe revisar las causas más probables de las brechas detectadas, con énfasis en aquellas que guarden relación con las características actuales de la infraestructura aeroportuaria.

iii) Demanda. Además de lo establecido en la etapa de perfil, sobre la base de la modelación de demanda realizada según se detalla en los puntos 5.3, letras c) y d), Capítulo 5; se debe indicar si se espera que las deficiencias detectadas se agudicen a futuro. Se definirá el plazo a partir del cual las condiciones de operación serían críticas desde el punto de vista de seguridad de las operaciones, confiabilidad, congestión, u otros factores.

iv) Alternativas de Solución y Diseño. Debe afinarse las alternativas de solución identificadas en la etapa de perfil. Se reitera lo indicado en las etapas anteriores, en el sentido que las alternativas de solución deben ser relativamente comparables en términos de nivel de servicio o calidad de las prestaciones y costos. Éstas serán desarrolladas a nivel de anteproyecto preliminar, en la forma detallada en el **Capítulo 7**.

El diseño consiste en la definición precisa de las alternativas de solución preseleccionadas, a nivel de ingeniería básica, la cual debe considerar obras y equipos según procesos requeridos y tecnología vigente. Como consecuencia del análisis pueden aparecer nuevas opciones o variantes. En esta etapa cada alternativa se desarrolla a nivel de anteproyecto referencial, verificando el cumplimiento de las diversas normativas que aplican. Cada anteproyecto referencial debe incluir documentos (como memorias descriptivas, especificaciones generales, etc.) y planos a escala adecuada para permitir la cubicación detallada de las partidas principales. Además debe definirse una secuencia de obras en el tiempo que permita calendarizar las inversiones. La estimación de los costos de inversión de las partidas principales requiere un análisis de precios unitarios.

v) Costos de Inversión y Mantenimiento. Se debe realizar una estimación de las inversiones involucradas en cada una de las alternativas encontradas. Ello se basará principalmente en la cubicación de las obras definidas en los anteproyectos preliminares. Los costos de inversión deberán ser corregidos para llevarlos a costos sociales, según se detalla en el punto 8.1, letra a), **Capítulo 8**. Deberán cuantificarse además los costos de conservación correspondientes a la situación base y a las alternativas con proyecto, los que también deberán ser llevados a precios sociales, según se detalla en el punto 8.1, letra b), **Capítulo 8**.

vi) Evaluación. Consiste en la determinación de la rentabilidad socioeconómica de las alternativas. Requiere estimaciones adecuadas a esta etapa de los costos de inversión, costos de operación, y beneficios que se generarán durante la vida útil del proyecto. Con estos antecedentes, se evalúa las alternativas para obtener indicadores de rentabilidad de corto y largo plazo, que permitan determinar el grado de bondad de cada una de las alternativas preseleccionadas en la etapa de perfil o que hayan surgido en esta etapa, para

compararlas y ordenarlas de acuerdo con su rentabilidad, estableciéndose así cuáles merecen un estudio más profundo y cuáles descartar. Se debe determinar la rentabilidad del proyecto, a partir de la determinación de las corrientes de costos y beneficios futuros, aplicando lo establecido en el **Capítulo 10**. La evaluación debe incluir un análisis de sensibilidad de las variables principales.

vii) Impactos Cualitativos. Se debe identificar los impactos o externalidades positivas y/o negativas no posibles de cuantificar que tiene el proyecto. Además, se debe describir los costos y beneficios intangibles que son atribuibles al proyecto.

viii) Resultado de la Etapa. Se debe ordenar las alternativas analizadas en una lista de prioridad tomando en cuenta su rentabilidad e impactos, según se detalla en el **Capítulo 11**. Aquellas alternativas que no superen ciertos umbrales mínimos podrán ser descartadas; podría ocurrir que el proyecto debe ser abandonado.

Se analiza el grado en que las soluciones propuestas efectivamente permitan superar las deficiencias detectadas en i), así como su potencial futuro para responder a las exigencias identificadas en iii). Se deberá analizar además la flexibilidad o rigidez de cada solución, en el sentido de permitir o no futuras correcciones, ampliaciones o complementaciones.

Debe indicarse si se recomienda postergar el proyecto, profundizar su estudio, o pasar directamente a la etapa de ejecución.

El resultado de esta etapa es recomendar el paso a la siguiente etapa de factibilidad de una de las alternativas para que sea analizada con mayor profundidad o pasar directamente a diseño si la conveniencia del proyecto está claramente establecida, de una de las alternativas evaluadas si cumple con los umbrales mínimos de rentabilidad exigidos por Ministerio de Desarrollo Social.

Como resultado del análisis se puede adoptar alguna de las siguientes recomendaciones:

- Descartar el proyecto o reformularlo, si los indicadores de rentabilidad son extremadamente bajos respecto al umbral de decisión, o incluso negativos.
- Postergar su estudio, si los indicadores de rentabilidad son bajos respecto al umbral de decisión, pero se anticipa que mejorarán en el futuro como consecuencia del crecimiento esperado de los flujos.
- Pasar directamente a la etapa de ejecución del proyecto, si pasar a la etapa de factibilidad no agrega información útil para la toma de decisiones.
- Realizar un estudio de factibilidad, si los existen aspectos sobre los cuales existen incertidumbre y que un análisis más profundo permitiría acotar eventuales riesgos.

3.5 Análisis en Etapa de Factibilidad

a. Aspectos Generales

Al iniciar esta etapa, el estudio del proyecto en etapa de prefactibilidad ya habrá entregado una estimación del monto de inversión asociado al proyecto, sus probables fuentes de beneficios y su impacto sobre el patrón de flujos de equilibrio, para cada una de las alternativas analizadas. La etapa de factibilidad está orientada principalmente a refinar el diseño de un proyecto o plan ya definido como rentable y a estimar con mayor precisión los costos de inversión, realizando un anteproyecto avanzado de la alternativa recomendada en la etapa de prefactibilidad.

b. Requerimientos Metodológicos

El análisis de un proyecto en etapa de factibilidad es muy similar al de la etapa de prefactibilidad; debe contener como mínimo los siguientes elementos:

i) Necesidades. Debe señalarse claramente, a partir de los resultados del estudio de prefactibilidad, cuáles son las necesidades detectadas en la operación actual del sistema de transporte aéreo, que el proyecto intenta solucionar.

ii) Diagnóstico. Se debe revisar las causas más probables de las brechas detectadas, con énfasis en aquellas que guarden relación con las características actuales de la infraestructura aeroportuaria.

iii) Demanda. El análisis es similar al considerado en la etapa de prefactibilidad pero complementado con nuevos antecedentes de mercado. En lo posible incluir un “benchmark” de que ha ocurrido con proyectos comparables.

iv) Alternativa de Solución y Diseño. Desarrollo de la alternativa de solución a nivel de anteproyecto referencial avanzado en lo que respecta a los elementos físicos, como también de los aspectos operacionales. El objetivo es lograr una mayor precisión en la estimación de los costos de inversión involucrados y de operación y mantenimiento en el horizonte de evaluación. Por lo tanto debe comprender el análisis de capacidad y variables de servicio (por ejemplo, de que el proyecto permite subsanar problemas observados), análisis de deterioro u obsolescencia de los diferentes componentes del proyecto si se trata de un proyecto de ampliación o mejoramiento. Esto tanto para la situación base optimizada como para la situación con proyecto. El anteproyecto avanzado en la etapa de factibilidad debe incluir documentos con mayor grado de definición que en la etapa de prefactibilidad de modo que la solución prediseñada no se preste a equívocos. Debe comprender documentos como memorias descriptivas, memorias de cálculo de los elementos o sistemas principales, especificaciones generales y especiales, especificaciones técnicas, cotizaciones proforma de elementos principales de importación si fuese el caso, catálogos. Además, según la naturaleza del proyecto, planos a escala adecuada de arquitectura (planta, cortes, elevaciones y de detalle) y de especialidades. Todo esto con el fin de permitir la cubicación detallada de las partidas principales. Además debe definirse una secuencia de obras en el tiempo que permita calendarizar las inversiones. La estimación de los costos de inversión de las partidas principales requiere un análisis de

precios unitarios.

v) Evaluación. Consiste en la determinación de la rentabilidad socioeconómica de la alternativa seleccionada en la etapa anterior. Requiere estimaciones afinadas de acuerdo con el mayor desarrollo del anteproyecto, de los costos de inversión, costos de operación, y beneficios que se generarán durante la vida útil del proyecto. Con estos antecedentes, se evalúa la alternativa de solución seleccionada para obtener sus indicadores de rentabilidad de corto y largo plazo, y de esta manera el grado de bondad del proyecto. La evaluación debe incluir un análisis de sensibilidad de las variables principales.

vi) Resultado de la Etapa. Confirmación de que la alternativa de proyecto elegida permite resolver los problemas detectados y es rentable desde una perspectiva económica social, y que por lo tanto, corresponde realizar la ingeniería de detalle para materializar su ejecución. O por el contrario si los indicadores de rentabilidad son negativos, proponer la ejecución de lo definido como situación base optimizada.

4. ANTECEDENTES Y ESTADÍSTICAS DE TRANSPORTE AÉREO

4.1 Consideraciones Generales

En este capítulo se resume cual es la información que se encuentra disponible en el país acerca del transporte aéreo de pasajeros y carga, y además se indican las instituciones donde puede ser obtenida. También se efectúan recomendaciones respecto a algunos datos que sería importante conocer para efectos de modelación de la demanda y que no siempre se encuentran disponibles.

Actualmente, las instituciones que recopilan datos del transporte aéreo en el país son:

- Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), que a través del sistema Cobro de Tasas de los Pasajeros Embarcados (COPAE) y el IFIS2 (Internet Flight Information System), conforma una base de datos con información confiable y fidedigna. La información que procesa se refiere al movimiento de pasajeros nacionales e internacionales, como asimismo a las operaciones domésticas e internacionales.
- Junta de Aeronáutica Civil (JAC), que le corresponde elaborar las estadísticas oficiales del tráfico aéreo en Chile, de acuerdo al artículo N° 12 del D.F.L.: 241 del año 1960 donde se establece que: “Las empresas de aeronavegación comercial estarán obligadas a proporcionar los antecedentes que les solicite la Junta de Aeronáutica Civil para los efectos de elaborar las estadísticas de tráfico aéreo”. La JAC, mediante un convenio con la DGAC, elabora estadísticas de tráficos mensuales y anuales a partir de la información que se encuentra en la base de datos de la DGAC. La información que genera este organismo es pública y puede ser bajada sin costo. Si bien la información publicada por la JAC en su sitio corresponde a los últimos 10 años, está disponible para años anteriores debiendo ser solicitada.

La JAC envía mensualmente al INE informes estadísticos que son utilizados por este organismo para la edición del Anuario de Transportes y Comunicaciones. En cuanto a la DGAC, este organismo actualmente publica en su página WEB institucional información de operaciones de aeronaves mensuales por aeródromo/aeropuerto informante de su Bitácora de Control de Aeródromo. Información adicional que dispone en su base de datos, está a disposición de quien lo requiera, previa solicitud especificando la información que necesita.

Si bien la JAC y la DGAC son las principales fuentes de información, el formulador no está restringido sólo a estas, y es recomendable que explore fuentes de información alternativas. Una gran cantidad de recursos informativos se entregan en el Anexo 1. Sin desmedro de lo anterior, se pueden incluir fuentes de información adicionales, siempre y cuando sean acordadas y validadas por todos los actores que participen en la formulación y evaluación del proyecto.

Como apoyo a la formulación de los proyectos, al final de este manual, se indican los sitios nacionales donde es posible encontrar información útil para los efectos del análisis de demanda así como también algunos sitios extranjeros.

Para efecto de los informes estadísticos que elabora la JAC, es necesario precisar que se entenderá por el concepto origen-destino lo que determina la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y que corresponde al tramo que se recorre sin cambio de avión. Es decir, cuando se utilizan conexiones (cambio de avión en uno o más aeropuertos) el tráfico no refleja necesariamente los orígenes y destinos efectivos.

Otros conceptos y definiciones que aplican en las estadísticas elaboradas, son las siguientes:

- **Pasajeros de pago:** Todo pasajero por cuyo transporte la aerolínea percibe remuneración comercial. Esta definición excluye, por ejemplo: a) las personas que viajan gratuitamente; b) las que viajan valiéndose de tarifas o rebajas a las que sólo tienen acceso los empleados de los transportistas aéreos o sus agentes, o que se conceden únicamente para viajes de negocios de los transportistas mismos; y c) los infantes que no ocupan asientos.
- **Carga de pago:** El término carga excluye el equipaje facturado de los pasajeros.
- **Origen y destino del tráfico:** Tráfico de pago transportado en un servicio aéreo identificado por un número de vuelo, subdividido en los pares de ciudades entre las que se presta servicio, basándose en los puntos de embarque y desembarque. En el caso de pasajeros, el par de ciudades de que se trate se determina mediante los puntos de embarque y desembarque del cupón de vuelo.
- **Par de ciudades:** Dos ciudades entre las cuales esté autorizado el viaje en virtud de un billete o parte de billete (cupón de vuelo), o entre las que se efectúan envíos en virtud de un documento de expedición o de parte de dicho documento (carta de porte aéreo o de despacho de correo).
- **Cupón de vuelo:** Cada una de las partes componentes del billete, que constituyen autorizaciones independientes correspondientes a subdivisiones del recorrido total del viaje a que da derecho el billete.
- **Tráfico internacional con relación a Chile:** Tráfico que tiene como origen o destino aeródromos/aeropuertos de Chile, realizado por transportistas chilenos y extranjeros.
- **Tráfico nacional (cabotaje):** Tráfico realizado entre puntos comprendidos dentro de Chile por un transportista chileno.

4.2 Estadísticas de Pasajeros

a. Vuelos nacionales (cabotaje)

i) Clasificación según origen-destino y operador.

Como se mencionó anteriormente, la JAC elabora estadísticas sobre el tráfico nacional. La información se encuentra disponible en varios archivos, los que contienen varias tablas. Estas son las siguientes:

TOTALES POR OPERADORES ANUALES

- tráfico de pasajeros transportados
- tráfico de pasajeros-kilómetros transportados

TRAFICO POR OPERADOR POR PARES DE CIUDADES

- pasajeros llegados
- pasajeros salidos
- pasajeros totales (llegados + salidos)
- pasajeros-kilómetros llegados
- pasajeros-kilómetros salidos
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos)

TRAFICO DE PARES DE CIUDADES POR OPERADOR

- pasajeros llegados
- pasajeros salidos
- pasajeros totales (llegados + salidos)
- pasajeros-kilómetros llegados
- pasajeros-kilómetros salidos
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos)

TRAFICO ENTRE PARES DE CIUDADES

- pasajeros llegados
- pasajeros salidos
- pasajeros totales (llegados + salidos)
- pasajeros-kilómetros llegados
- pasajeros-kilómetros salidos
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos)

ii) Clasificación por período

La DGAC dispone en su base de datos de información por aeródromo/aeropuerto del tráfico de pasajeros para cada día del mes y para las 24 horas del día. Consecuentemente puede entregar un análisis de estos datos, incluyendo la hora punta del mes, el día punta del mes, el movimiento diario promedio del mes, etc. Esta información corresponde sólo al tráfico de pasajeros embarcados y debe ser solicitada a la DGAC.

iii) Clasificación por propósito

La clasificación del tráfico de pasajeros de acuerdo al propósito del viaje puede ser importante para efectos de modelación, dado que éste puede incidir en la demanda proyectada. La clasificación más básica es aquella que distingue entre pasajeros que viajan por trabajo y los que se trasladan con otros propósitos. No se dispone de información sistematizada al respecto, para la totalidad de la red aeroportuaria, ya que los únicos datos provienen de la encuesta que realiza SERNATUR, la cual es efectuada regularmente a una muestra de los turistas extranjeros que llegan al país y de los chilenos que salen al exterior señalados en la página web de dicha institución, entre los cuales están:

- Aeropuerto Comodoro Arturo Merino Benítez, aéreo
- Paso Los Libertadores, terrestre
- Paso Chacalluta, terrestre
- Paso Puyehue, terrestre.

La encuesta tiene por objeto estimar el nivel de gasto de los individuos, pero considera consultas adicionales tales como motivo del viaje, sexo, ocupación y lugar de residencia. La información proveniente de esta encuesta no es de uso público y debe ser solicitada a SERNATUR.

Es conveniente tener presente que el propósito de viajes no es uniforme a lo largo del año, por lo que la información disponible no puede considerarse representativa de la media anual, como asimismo, lo observado en un lugar tampoco es extrapolable a otros, sin un análisis previo de validación.

b. Vuelos Internacionales

i) Clasificación según origen-destino y operador

Igualmente que para el tráfico nacional, la JAC elabora estadísticas sobre el tráfico internacional. La información se encuentra disponible en varios archivos, los que contienen varias tablas. Estas son las siguientes:

TOTALES POR OPERADORES ANUALES

- tráfico de pasajeros llegados a Chile
- tráfico de pasajeros salidos desde Chile
- tráfico de pasajeros totales (llegados + salidos) con Chile

- tráfico de pasajeros-kilómetros llegados a Chile
- tráfico de pasajeros-kilómetros salidos desde Chile
- tráfico de pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos) con Chile.

TRÁFICO POR OPERADOR POR PARES DE CIUDADES

- pasajeros llegados a Chile
- pasajeros salidos desde Chile
- pasajeros totales (llegados + salidos) con Chile
- pasajeros-kilómetros llegados a Chile
- pasajeros-kilómetros salidos desde Chile
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos) con Chile.

TRÁFICO DE PARES DE CIUDADES POR OPERADOR

- pasajeros llegados a Chile
- pasajeros salidos desde Chile
- pasajeros totales (llegados + salidos) con Chile
- pasajeros-kilómetros llegados a Chile
- pasajeros-kilómetros salidos desde Chile
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos) con Chile.

TRÁFICOS ENTRE PARES DE CIUDADES

- pasajeros llegados a Chile
- pasajeros salidos desde chile
- pasajeros totales (llegados + salidos) con Chile
- pasajeros-kilómetros llegados a Chile
- pasajeros-kilómetros salidos desde Chile
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos) con Chile.

TRÁFICO POR PAISES

- pasajeros llegados a Chile
- pasajeros salidos desde Chile
- pasajeros totales (llegados + salidos) con Chile
- pasajeros-kilómetros llegados a Chile
- pasajeros-kilómetros salidos desde Chile
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos) con Chile.

TRÁFICO POR PAISES POR OPERADOR

- pasajeros llegados a Chile
- pasajeros salidos desde Chile
- pasajeros totales (llegados + salidos) con Chile
- pasajeros-kilómetros llegados a Chile
- pasajeros-kilómetros salidos desde Chile
- pasajeros-kilómetros totales (llegados + salidos) con Chile.

ii) Clasificación por período.

La DGAC dispone en su base de datos de información por aeródromo/aeropuerto del tráfico de pasajeros para cada día del mes y para las 24 horas del día. A partir de un análisis de estos datos, se puede obtener entre otros, por ejemplo, la hora punta del mes, el día punta del mes, el movimiento diario promedio del mes. Esta información corresponde sólo al tráfico de pasajeros embarcados y debe ser solicitada a la DGAC.

iii) Clasificación por propósito.

Son válidas las mismas consideraciones del punto iii), de acápite 4.2.a.

iv) Clasificación por sexo y por nacionalidad.

La Policía de Investigaciones de Chile, en conjunto con el INE, edita un anuario que en uno de sus capítulos entrega información sobre el movimiento internacional de pasajeros: en el caso del modo aéreo esta proviene de las tarjetas de embarque que los viajeros entregan en policía internacional. La información es la siguiente:

- Movimiento de pasajeros: chilenos y extranjeros, según aeropuerto de ingreso o salida. Se indica la cantidad de pasajeros que entran y que salen, diferenciando además entre chilenos y extranjeros (estos últimos se clasifican en residentes y turistas).
- Movimiento de pasajeros, entrados y salidos, por sexo y según nacionalidad o lugar de residencia habitual.
- Pasajeros entrados: por nacionalidad (chilenos o extranjeros), según lugar o país de procedencia.
- Pasajeros salidos, por nacionalidad (chilenos o extranjeros), según lugar o país de destino.

4.3 Estadísticas de Carga y Correo

Similarmente a la información de pasajeros, la JAC elabora estadísticas del tráfico de carga y de correo. Cabe aclarar que los datos de tráfico recopilados incluyen el flete de carga y correo, pero no el equipaje de los pasajeros.

a. Vuelos nacionales.

i) Clasificación según origen-destino y operador

A continuación se describe las estadísticas disponibles en el sitio de la JAC:

TOTALES POR OPERADORES ANUALES

- tráfico de carga en kilos transportadas
- tráfico de toneladas de carga-kilómetros transportadas

TRÁFICO POR OPERADOR POR PARES DE CIUDADES

- carga en kilos llegadas
- carga en kilos salidas
- carga en kilos totales (llegada + salida)
- toneladas de carga-kilómetros llegadas
- toneladas de carga-kilómetros salidas
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas)

TRÁFICO DE PARES DE CIUDADES POR OPERADOR

- carga en kilos llegadas
- carga en kilos salidas
- carga en kilos totales (llegada + salida)
- toneladas de carga-kilómetros llegadas
- toneladas de carga-kilómetros salidas
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas)

TRÁFICO POR OPERADOR POR PARES DE CIUDADES

- carga en kilos llegadas
- carga en kilos salidas
- carga en kilos totales (llegada + salida)
- toneladas de carga-kilómetros llegadas
- toneladas de carga-kilómetros salidas
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas)

TRÁFICO ENTRE PARES DE CIUDADES

- carga en kilos llegadas
- carga en kilos salidas
- carga en kilos totales (llegada + salida)

- toneladas de carga-kilómetros llegadas
- toneladas de carga-kilómetros salidas
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas)

ii) Clasificación por período

La DGAC dispone en su base de datos por aeródromo/aeropuerto de las toneladas de carga llegadas y salidas para cada día del mes y por hora del día.

iii) Clasificación por tipo de carga

El sistema de información de la DGAC no registra datos al respecto.

b. Vuelos Internacionales

i) Clasificación según origen-destino y operador

La JAC elabora estadísticas sobre el tráfico internacional de carga siguiente:

TOTALES POR OPERADORES ANUALES

- tráfico de carga en kilos llegadas a Chile
- tráfico de carga en kilos salidas desde Chile
- tráfico de carga en kilos totales (llegadas + salidas) con Chile
- tráfico de toneladas de carga-kilómetros llegadas a Chile
- tráfico de toneladas de carga-kilómetros salidas desde Chile
- tráfico de toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas) con Chile.

TRÁFICO POR OPERADOR POR PARES DE CIUDADES

- carga en kilos llegadas a Chile
- carga en kilos salidas desde Chile
- carga en kilos totales (llegadas + salidas) con Chile
- toneladas de carga-kilómetros llegadas a Chile
- toneladas de carga-kilómetros salidas de Chile
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas) con Chile

TRÁFICO DE PARES DE CIUDADES POR OPERADOR

- carga en kilos llegadas a Chile
- carga en kilos salidas desde Chile
- carga en kilos totales (llegadas + salidas) con Chile
- toneladas de carga-kilómetros llegadas a Chile
- toneladas de carga-kilómetros salidas de Chile

- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas) con Chile

TRÁFICO ENTRE PARES DE CIUDADES

- carga en kilos llegadas a Chile
- carga en kilos salidas desde Chile
- carga en kilos totales (llegadas + salidas) con Chile
- toneladas de carga-kilómetros llegadas a Chile
- toneladas de carga-kilómetros salidas de Chile
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas) con Chile

TRÁFICO POR PAISES

- carga en kilos llegadas a Chile
- carga en kilos salidas desde Chile
- carga en kilos totales (llegadas + salidas) con Chile
- toneladas de carga-kilómetros llegadas a Chile
- toneladas de carga-kilómetros salidas de Chile
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas) con Chile

TRÁFICO POR PAISES POR OPERADOR

- carga en kilos llegadas a Chile
- carga en kilos salidas desde Chile
- carga en kilos totales (llegadas + salidas) con Chile
- toneladas de carga-kilómetros llegadas a Chile
- toneladas de carga-kilómetros salidas de Chile
- toneladas de carga-kilómetros totales (llegadas + salidas) con Chile

ii) Clasificación por período

La DGAC dispone en su base de datos de información por aeródromo/aeropuerto de las toneladas de carga que llegan y salen en cada día del mes y por hora del día.

iii) Clasificación por tipo de carga

Dado que no registran información al respecto se recomienda acceder a la Cámara de Comercio de Santiago que posee información respecto a las importaciones y exportaciones por modo de transporte, origen-destino, tipo de carga y cantidad, además de los datos del importador o exportador. La obtención de esta información tiene un costo que depende del requerimiento específico que se haga.

4.4 Estadísticas de Aeropuertos

a. Operaciones de aeronaves³

i) Clasificación por tipo de aeronave

La DGAC puede generar estadísticas a nivel diario, semanal y mensual del número de operaciones (aterrizajes y despegues) por tipo de aeronave, por aeródromo/aeropuerto. Estas estadísticas se pueden obtener para todas las aeronaves que operaron en el aeródromo/aeropuerto o sólo para aeronaves comerciales.

ii) Clasificación por empresa

La DGAC puede generar la siguiente información a nivel mensual por aeródromo/aeropuerto, para vuelos nacionales e internacionales:

- Número de operaciones por empresa, según actividad comercial realizada.
- Número de operaciones por empresa, sólo para actividades no comerciales (ejemplo: instrucción, particulares).

iii) Clasificación por período

Para las aeronaves comerciales la DGAC puede generar información por aeródromo/aeropuerto, tanto para vuelos nacionales como internacionales, del número de operaciones por hora y día de cada mes:

iv) Clasificación por actividad

La DGAC puede generar la siguiente información a nivel mensual por aeródromo/aeropuerto, para vuelos nacionales e internacionales:

- Número de operaciones según actividad realizada.
- Número de operaciones según actividad comercial realizada y por empresa.
- Número de operaciones sólo para actividades no comerciales (ejemplo: instrucción, particulares), por empresa.

v) Tasa de llegada de aeronaves

Las tasas de llegada de aeronaves por aeródromo/aeropuerto se pueden obtener a partir de la información que recopila la DGAC, pues en la base de datos se registra la fecha y hora en que aterriza cada vuelo, además de las características ya señaladas anteriormente.

b. Operación del aeródromo/aeropuerto

- Servicios de acceso y egreso

La información sobre los servicios de transporte público con que se puede acceder/salir de cada aeródromo/aeropuerto se puede obtener con la DGAC y/o con el concesionario del aeródromo/aeropuerto si este se encuentra concesionado.

³ La información que emite la DGAC corresponde a aquellos aeródromos/aeropuertos informantes de su Bitácora de Control de Aeródromos.

- Servicios aeronáuticos

La DGAC posee la información respecto a la disponibilidad de los servicios que cada aeródromo/aeropuerto público ofrece a las aeronaves, así como de los servicios de seguridad, comunicaciones, estacionamientos y combustible. La información es pública y sin costo.

- Accidentes

La DGAC posee la información respecto a los accidentes de transporte aéreo, entendiendo por accidentes aquellos acontecimientos en que se han producido muertes o heridos graves, o daños en la infraestructura de la aeronave. Se dispone de información a nivel diario, semanal y anual, clasificada por:

- Tipo: deportivos, comerciales, fiscales, particulares.
- Causa: aspectos meteorológicos, fallas humanas, etc.
- Tipo de aeronave,

La DGAC también dispone de información respecto a incidentes de aviación (esto es, aquellos que no constituyen un accidente), que por ejemplo pueden comprender desde una discusión hasta un aterrizaje forzoso.

- Pérdidas de equipaje y carga

No existe información oficial al respecto, salvo aquella que maneja cada línea aérea respecto de su operación, y que consiste básicamente en los registros de reclamos. Las empresas tienden a darle un carácter confidencial a esta información.

- Llegada de pasajeros

Existe información respecto al número de pasajeros llegados a los aeródromos/aeropuertos y la DGAC puede proporcionar esta información, la que registra diariamente.

- Número y peso de equipaje por pasajero

La única información al respecto es la que pueda tener cada línea aérea respecto de su operación y generalmente es considerada información confidencial.

- Acompañantes por pasajero

No existe información oficial al respecto. De ser requerida se debe efectuar observaciones en terreno.

- Estadísticas meteorológicas

La Dirección Meteorológica de Chile edita regularmente un anuario con estadísticas a nivel mensual de las estaciones ubicadas en los aeródromos del país. Se detallan los promedios mensuales de temperatura, presión, humedad, viento, sol, evaporación, precipitaciones, etc., y el número de días en el mes con determinados parámetros de viento, niebla, temperatura, precipitaciones, nubosidad, llovizna, nieve, granizo, tormenta eléctrica, etc. Se puede obtener información a mayor nivel de desagregación, pero hay que

solicitarla.

- Horas aeródromo/aeropuerto cerrado

No existe estadística oficial de la cantidad de horas en que no se ha podido efectuar operaciones en un aeródromo/aeropuerto debido a las condiciones meteorológicas adversas. Esta información debe ser solicitada a la DGAC.

- Utilización de pistas

La DGAC dispone de información al respecto y puede generar informes respecto al número de operaciones (aterrizajes y despegues) por tipo de aeronave para cada aeródromo/aeropuerto, a nivel diario a mensual. Esta información se puede obtener también a nivel horario para cada día.

- Pesos de despegue y aterrizaje

La DGAC puede generar estadísticas operacionales de peso de despegue y aterrizaje. De requerir información adicional se debe solicitar a las aerolíneas.

- Sentido de despegues y aterrizajes

Existe información oficial al respecto. Tanto esta información, como la del acápite anterior, puede ser de interés para estimar la vida útil de los pavimentos de una pista.

c. Estadísticas de oferta

i) Número de líneas aéreas

Tanto la JAC como la DGAC disponen de esta información. A partir de los informes estadísticos mensuales de la JAC se puede ver las aerolíneas en operación.

ii) Asientos ofrecidos

Dentro de la información que diariamente recopila la DGAC de todos los vuelos que efectúan todas las aerolíneas en cada uno de los aeródromos/aeropuertos del país, afectos al pago de Derecho de Embarque, se encuentra el número de asientos ofrecidos. Esta información también se puede estimar a partir del material de vuelo y consultando la configuración estándar (clase primera, ejecutiva y económica) que emplea cada aerolínea consultando su respectivo sitio Web.

iii) Tasa de Ocupación

La tasa de ocupación media es información reservada, que maneja cada aerolínea. Sin embargo, es posible obtener una aproximación dentro de un período, en base a los vuelos efectuados, al respectivo material de vuelo y a la cantidad de pasajeros transportados.

4.5 Otra información de interés

a. Información sobre líneas aéreas

i) Itinerarios

La JAC posee información sobre los itinerarios de los distintos operadores. Esta información, tanto para las empresas nacionales como extranjeras, consiste en:

- Número de vuelo
- Horario
- Frecuencia
- Tipo de avión
- Ruta

Adicional a lo anterior, los itinerarios vigentes pueden ser obtenidos directamente de los sitios de cada aerolínea. Cabe hacer presente que estos son modificados según la época del año y otros factores que determina cada aerolínea.

ii) Tarifas

La JAC posee información histórica sobre las tarifas nacionales e internacionales, sin embargo esta no presta mayor utilidad debido a que actualmente es difícil conocer la tarifa media efectiva debido a las prácticas tarifarias que aplican las aerolíneas.

iii) Material de vuelo

La JAC recaba la siguiente información referente sólo a los operadores nacionales.

- Material de vuelo
- Matrícula
- Capacidad de carga
- Capacidad de pasajeros
- Números de aeronaves

b. Información de utilidad para estudios de demanda

A continuación se señala la disponibilidad de cierto tipo de información que puede ser de utilidad en los estudios de demanda por transporte aéreo (Ver capítulo 5).

i) Información sobre población

Se debe consultar al INE. En base a la información recopilada en los sucesivos censos, el INE efectúa proyecciones de la población, por sexo y edad, para el total país y por regiones, provincias y comunas.

ii) Información sobre el Producto Interno Bruto (PIB)

En un Boletín que emite mensualmente el Banco Central de Chile se encuentra la

información sobre el PIB total y por clase de actividad económica, tanto a nivel anual como trimestral. Además, anualmente se publica información sobre el PIB total y por actividad para todas las regiones del país.

iii) Información sobre otros modos de transporte

- Transporte marítimo

La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), dependiente de la Armada de Chile, emite anualmente un boletín estadístico marítimo. Entre otros aspectos, contiene información respecto al tonelaje movilizado en comercio exterior (exportaciones e importaciones) y cabotaje, por tipo de carga y por origen/destino.

La información que registra la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, es utilizada además por el INE para editar el Anuario de Transportes y Comunicaciones. Desde Noviembre de 1992, la referida Dirección General le envía al INE informes mensuales del movimiento de naves y carga.

- Transporte ferroviario

La Empresa de los Ferrocarriles del Estado emite anualmente un anuario estadístico con información referente a su operación. Existe información respecto al transporte de pasajeros y carga, distinguiendo por ferrocarril, origen-destino y, en el caso de la carga, por tipo de producto. La empresa además le envía mensualmente al INE informes que éste utiliza para editar el Anuario de Transportes y Comunicaciones.

- Transporte caminero de pasajeros

Las empresas de transporte caminero envían mensualmente al INE información referente a su operación, la que se utiliza para editar el Anuario de Transportes y Comunicaciones. La principal información se refiere a la cantidad de pasajeros transportados y pasajeros-kilómetro por origen-destino. La información sobre el valor de los pasajes debe ser consultada directamente pues éste es modificado a lo largo del año de acuerdo a las políticas tarifarias de cada empresa.

El MOP, a través de la Dirección de Vialidad, efectúa cada dos años, en los meses de Febrero y Octubre, encuestas de origen-destino por región y localidad en diversos puntos de la red vial nacional, a vehículos de pasajeros y carga. La información es accesible por internet.

4.6 Otras fuentes de información de actividad de transporte aéreo

a. Benchmarking

Disponer de información estadística de calidad es fundamental para permitir una adecuada modelación de la demanda futura, sin embargo muchas veces ésta es insuficiente. Para minimizar esta incertidumbre cuando corresponda, se puede analizar utilizando la técnica de un benchmarking ad-hoc convenientemente diseñado, el cual debe

permitir comparar ciertas variables de un aeródromo/aeropuerto respecto de otros. Esta alternativa de análisis puede ser especialmente conveniente en los aeródromos de la red secundaria o red de pequeños aeródromos, de los cuales a veces se dispone de menos información. Asimismo puede ser aplicable al Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago, que por su condición no es comparable con otro aeropuerto de la red nacional. Para dicho análisis es necesario que exista cierta homogeneidad y similitud en las unidades incluidas en el benchmarking para extraer conclusiones válidas.

En el diseño de un benchmarking, se deben definir bien las variables, es decir, qué es lo que se desea comparar, considerando que la información necesaria se encuentre en fuentes de información existentes o que pueda ser obtenida en forma primaria, de modo de poder extraer conclusiones consistentes. A modo de ejemplo, un benchmarking del número de pasajeros anuales versus la población de la región o comuna que sirve un aeródromo/aeropuerto, puede mostrar la importancia relativa del transporte aéreo para ésta, bajo el supuesto que no existe limitación de oferta en ninguno de los aeródromos/aeropuertos, para evitar una distorsión en los resultados.

b. Concesionarios

Considerando que existen ciertos datos que son necesarios en el diseño de la infraestructura del área terminal de pasajeros y carga de un aeródromo/aeropuerto, que no siempre son posibles de deducir de las proyecciones de demanda de pasajeros, como es el caso de información relacionada con aspectos comerciales generales asociados al transporte aéreo: servicios de alimentación, alojamiento, duty free, de transporte privado, requerimientos de oficinas de apoyo, estacionamientos, espacios en sector aeronáutico, etc. que son administrados por los concesionarios aeroportuarios del MOP, es necesario considerar dicha fuente de información estadística debidamente respaldada con una fuente confiable.

c. Operadores

Al igual que en el caso anterior, hay información que es manejada exclusivamente por los operadores, como es el caso de las actividades relacionadas con mantenimiento de aeronaves, servicios en tierra de apoyo a los pasajeros y aeronaves, instalaciones para tripulaciones o personal de tierra, ya sea del landside o airside, etc., que es necesario considerar.

d. Directamente mediante observación en terreno

Las variables asociadas a tiempos de proceso muchas veces obedecen a realidades particulares que requieren ser recogidas para el desarrollo de la infraestructura. Para ello es necesario desarrollar datos estadísticos a partir de la observación de los procesos en terreno o en situaciones similares a las estudiadas. Se deberá tener especial cuidado de establecer los procedimientos, tiempos de observación, época del año, de modo de asegurar la debida representatividad de los resultados.

e. Encuestas

Para esta metodología estadística es necesario considerar en el diseño del levantamiento

de información, la estacionalidad y períodos punta diarios que existen en el transporte aéreo, de modo de asegurar la debida representatividad de los resultados.

Los datos que se requieren procesar bajo esta modalidad, son entre otros, los siguientes:

- Acompañantes por pasajeros.
- Origen - destino
- Motivo del viaje
- Medio de transporte utilizado para acceder/dejar el aeródromo/aeropuerto.
- Ocupación del estacionamiento de vehículos en horas punta.

f. A partir de estadísticas del transporte aéreo de organizaciones internacionales:

En el mundo existen varias organizaciones dedicadas a entregar información estadística a los operadores, instituciones de los gobiernos, consultores, etc., asociadas a tráfico de pasajeros y aeronaves, costos, seguridad, mejoramiento de gestión, rentabilidad de la actividad, etc., que sirven de referencia para el desarrollo de la infraestructura aeroportuaria. Dicha información puede ser necesaria extrapolarla para su correcto uso y, si es pertinente, aplicar factores de corrección debidamente justificados.

Las organizaciones internacionales relevantes a la fecha son las siguientes:

- International Air Transport Association (IATA).
- International Civil Aviation Organization (OACI)
- Airports Council International (ACI)
- American Association of Airport Executives (AAAE)
- OAG
- Grandes fabricantes de aeronaves como Boeing y Airbus

5. ESTUDIOS DE DEMANDA

5.1 Generalidades

Proyectar el movimiento aéreo de un aeródromo/aeropuerto o región es un paso crítico y fundamental en el proceso de planificación dado que es esencial anticipar una situación futura para detectar las necesidades que se presentarán. Principalmente, esta proyección se basa en datos históricos y/o recolectados, para con ellos desarrollar tendencias y escenarios de la demanda futura de transporte aéreo y así identificar las variables que determinan las características de un aeródromo/aeropuerto o región.

La estimación anual de demanda de un aeródromo/aeropuerto, no sólo debe entregar el movimiento de pasajeros, carga y/o de aviones para propósitos de planificación, éste es sólo el primer paso a partir del cual se debe obtener un conjunto de otras estimaciones, tales como aquella relacionada con los flujos horarios de pasajeros para diseñar el edificio terminal, estimaciones de operaciones en el lado aire y pasajeros en el lado tierra, que son la base para el diseño de las respectivas facilidades, además de conocer estimaciones de los vehículos terrestres en el acceso del aeródromo/aeropuerto para diseñar las vías respectivas y los estacionamientos.

Las personas viajan para satisfacer necesidades de trabajo, por esparcimiento y otras razones personales, o combinaciones de éstas y si bien el transporte aéreo aunque no es significativamente diferente de otros modos de viajes interurbanos, es inherentemente único en muchos aspectos, principalmente en lo que dice relación con la percepción del usuario del tiempo involucrado en el viaje y de las restricciones que tiene para seleccionar ruta, operador, modo de transporte para llegar a su destino final, además de seguridad, costos, conveniencia y accesibilidad.

La demanda es afectada por diversas variables causales o explicativas y estas son intrínsecas a los modelos que proporcionan estimaciones de la demanda futura. La bondad de una estimación es el reflejo de los datos, metodología y modelos utilizados en el proceso de estimación y obviamente la lógica y consistencia de los supuestos, contribuye a la calidad y precisión de los resultados.

La modelación de la demanda de transporte aéreo utilizada en Chile es relativamente sencilla, debido a que en la práctica hay dos corredores, norte y sur, teniendo a Santiago como origen- destino (es el hub⁴ para combinar ambos corredores y vuelos internacionales). Situación distinta sería si por ejemplo, un usuario de Iquique con destino a Puerto Montt tuviera la opción de un vuelo directo Iquique-Puerto Montt versus hacerlo con cambio de avión en Santiago, en que intervendrían otros factores de decisión como tiempo de viaje, valor del pasaje aéreo, itinerarios, etc. Chile, por su configuración territorial, tiene una estructura lineal, a diferencia de la mayoría de los países que tienen

⁴ Aeropuerto en que se concentran vuelos facilitando su interconexión.

una estructura de malla o red, en que pueden tener uno o más puntos de distribución. Sin embargo, a lo largo del tiempo se han ido abriendo nuevas rutas, respondiendo a la demanda, desde aeropuertos regionales, que en algunos casos cuentan con operaciones internacionales regulares y con vuelos origen destino entre ciudades distintas a Santiago.

Los factores que afectan la elección de un itinerario se pueden clasificar en tres categorías: la primera incluye factores relacionados con las características de los itinerarios existentes, que comprende precio, horas de salida y llegada, número de escalas, duración de las escalas, distancia total del viaje, tipo y tamaño del avión. La segunda categoría se relaciona con las características socioeconómicas del individuo, que comprende ingresos, edad, sexo, programa de fidelización y la última categoría, se refiere a características del viaje, que puede ser por trabajo o vacaciones, doméstico o internacional.

En la modelación de demanda en el caso del transporte aéreo, los estudios se suelen dividir en dos grandes grupos: a nivel macro o estratégico y a nivel micro o táctico. El primer grupo está enfocado al análisis y predicción de la demanda por transporte aéreo en un sistema, que puede estar representado por un país o región. En este caso el conjunto de aeródromos/aeropuertos se examinan en relación a las características geográficas, económicas y de crecimiento de la región, para determinar las necesidades de desarrollo de las diferentes facilidades a fin de proveer los niveles de servicio definidos para la red aeroportuaria del país. Por otro lado, los estudios a nivel micro están relacionados con la actividad en un aeropuerto específico, o entre un par origen-destino o rutas determinadas. Así, a través de este tipo de estudios es posible identificar, por ejemplo, las necesidades de desarrollo de los diferentes equipamientos de un aeropuerto a fin de proveer niveles de servicio adecuados.

Dentro de ambos grupos existe una variedad de técnicas de predicción disponibles, que van desde el juicio subjetivo de expertos hasta sofisticados modelos matemáticos. La selección de una metodología particular es función del uso que se le dará a la predicción, la disponibilidad de datos para el análisis, los recursos disponibles, el plazo definido para el análisis y el grado de precisión deseado.

En primer lugar, es necesario definir si la iniciativa es estructural o no estructural, luego determinar si se trata de una situación con proyección simple o compleja y para esto se deben utilizar los datos recolectados en la actividad de Antecedentes Previos (ver **Sección 5.2**).

Una vez definido lo anterior, se entenderá que un proyecto tiene proyección simple cuando se anticipa que las condiciones del mercado (situación de los medios en competencia al modo aéreo) no experimentarán variaciones significativas entre el año base y el de diseño. Si por el contrario esto ocurre, se trata de un proyecto con proyección compleja, en cuyo caso los modelos más simples (tipo I) no serían apropiados; por ejemplo, si se estima que los viajes por carretera verán su nivel de servicio muy deteriorado por el aumento de la congestión a futuro, es posible que el modo aéreo experimente un crecimiento en términos de partición modal aun cuando el proyecto analizado no tenga carácter estructural. Esto, por supuesto, obliga a analizar la

situación con modelos apropiados de mayor complejidad.

La forma de utilizar el material contenido en este capítulo varía para los distintos tipos de proyecto; cabe destacar que este se aplica para el caso de la aviación Tipo A (ver definición en **Sección 2.3**), ya que para los casos de aviación Tipos B a H se debe utilizar los modelos de demanda del tipo I identificados en el **Cuadro 5-1**.

Cuadro 5-1: Tipos de Modelos de Demanda

Tipo I	Juicio Profesional (ver 5.3.2.), Modelos de regresión lineal (5.5.3). Modelos de series de tiempo (5.5.4), y Modelos de factor de crecimiento (5.5.5)
Tipo II	Modelos existentes (ver 5.3.2.a) y (5.4.2.a)
Tipo III	Modelos de demanda directa (5.5.6), Modelo gravitacional (5.5.6).
Tipo IV	Modelos de elección discreta (5.5.7), Modelos con datos de preferencias declaradas (5.5.8)

Previamente al nivel de análisis requerido, es necesario considerar tanto el movimiento de pasajeros como el movimiento de carga y operaciones. Por otra parte, el tipo de análisis que es posible desarrollar estará condicionado a varios factores, como datos existentes (ver **Capítulo 4**), plazo disponible, recursos para levantar información adicional, etc. Se debe tener claro que la recolección directa de información puede requerir recursos importantes, además de plazos apropiados.

Con el fin de orientar los modelos más adecuados para cada tipología de proyectos, en este capítulo se describen aquellas técnicas que pueden ser de interés aplicar. Se exponen con el propósito de su eventual utilización en proyectos estructurales, además, pueden ser empleados en la modelación de situaciones multi-modos para analizar determinadas políticas de transporte, pero este no es propósito de este manual.

Conviene también advertir que el uso de cualquier modelo en modalidad predictiva, requiere previamente predecir el valor que tomarán las distintas variables explicativas. Los métodos a utilizar para estimar estos valores dependerán de cada variable; sin embargo, debe considerarse que la calidad de la predicción de la demanda dependerá de la precisión de la estimación de las variables explicativas; especialmente relevantes cuando se trata de proyecciones de largo plazo. Esta consideración también debe tenerse en cuenta al momento de seleccionar las variables independientes. Es posible también establecer la demanda a cuadros evolutivos diferentes de las variables explicativas; esto da lugar a un conjunto de proyecciones de la demanda, que puede entregar una indicación de la incertidumbre existente.

El resto del capítulo está organizado de la siguiente forma, en la **Sección 5.2** se describe los antecedentes tanto de demanda histórica como del sistema de actividades, que cualquier estudio de evaluación socioeconómica de un aeródromo/aeropuerto (esto es, tanto a nivel de perfil como de pre factibilidad) debe contener. La **Sección 5.3** establece la forma de efectuar predicciones de demanda global, distinguiendo los distintos casos de interés (pasajeros y carga, doméstico e internacional) y el nivel de detalle apropiado en las etapas de perfil y pre factibilidad, para diferentes tipos de proyectos (estructurales y no estructurales).

La **Sección 5.4** indica la forma de efectuar proyecciones de tráfico aéreo para las mismas situaciones de la sección anterior, incluyendo los pronósticos de actividad aérea, y viajes terrestres desde y hacia el aeródromo/aeropuerto.

La **Sección 5.5** registra con cierto detalle una serie de aspectos metodológicos que es necesario considerar para efectuar las labores de predicción.

5.2 Antecedentes Previos

5.2.1 Antecedentes de demanda histórica

En esta parte se debe analizar la información histórica existente respecto a la actividad aérea del movimiento de pasajeros, carga y operaciones y su distribución geográfica relativa al aeródromo/aeropuerto en estudio. Se debe distinguir entre las operaciones de aviación de tipo A de las tipos B a H, además de revisar la existencia de puntas (máximas y mínimas) y estacionalidades en la actividad global y explicar sus causas. Por otra parte, cuando corresponda, se deben identificar los orígenes y destinos más importantes en relación a los movimientos desde y hacia el aeródromo/aeropuerto.

También se debe presentar y analizar la información histórica existente relativa a movimientos de pasajeros y carga en otros modos de transporte, tomando en cuenta todo lo señalado en el párrafo anterior.

5.2.2 Antecedentes del sistema de actividades

En esta parte se debe reunir toda la información histórica disponible concerniente a potenciales variables explicativas para los modelos de proyección de demanda global en el área de interés del proyecto, a saber:

- Producto Interno Bruto (PIB) nacional y regional
- Población, empleo y tasa de motorización
- Otros indicadores de actividad económica, tales como precio del petróleo (que tiene incidencia directa en el valor del pasaje aéreo), tasa de cambio de la divisa (que afecta fuertemente la afluencia de turistas) y distribución del ingreso (que está vinculada con el acceso de la población al transporte aéreo).
- Proyectos regionales que podrían generar aumento en la demanda de viajes aéreos, como por ejemplo algunos mineros.

En el caso de proyectos estructurales en que se justifique la realización de estudios más complejos (distribución de viajes y/o partición modal, por ejemplo en aquellos casos en que exista competencia entre varios aeródromos/aeropuertos), es importante entregar además información sobre las características correspondientes de población, empleo, etc., de los orígenes y destinos relevantes de pasajeros y carga que se mueve o que potencialmente se movería en el área de estudio. Al respecto, se debe tener cuidado de no contabilizar doblemente tasas de crecimiento. Es decir, se puede aplicar la tendencia histórica para predecir el futuro o bien usar el modelo de actividades como herramienta

predictiva, pero si se usan ambos procedimientos se debe ajustar a fin de no sobre estimar.

5.3 Proyecciones de demanda global

5.3.1 Consideraciones generales sobre proyección de demanda

Las funciones a utilizar en la modelación de demanda de pasajeros y de carga por transporte aéreo, dependen del nivel de detalle que se requiera. Por ejemplo, en la etapa de idea no es necesaria modelación formal alguna, si no que se debe trabajar con las estadísticas que se encuentren disponibles, consultando la opinión experta de especialistas en el tema, cuando sea necesario.

Para la etapa de perfil, en cambio, se debe utilizar alguna de las técnicas que se describen en la sección 5.3.2, sin embargo aunque en las etapas de pre factibilidad y/o factibilidad se utilizan básicamente los mismos métodos, se debe afinar el grado de precisión en la medición de variables y estructura del modelo al pasar de una etapa a otra.

Finalmente, es necesario resaltar que en la modelación de la demanda se suponen dadas y conocidas las tarifas y formas de operación de los distintos modos en competencia.

5.3.2 Estudios simplificados para la etapa de perfil

- Utilización de modelos existentes

Dado que en esta etapa se carece de amplios recursos y el tiempo necesario para estimar en forma precisa la demanda, se recomienda utilizar modelos existentes transfiriéndolos o adaptándolos para su uso en el contexto en estudio. En caso de no disponer de ellos, se pueden extrapolar los flujos de pasajeros o carga históricos de acuerdo a alguna tasa de crecimiento concordante con el escenario de planificación con que se esté trabajando ya que a pesar de que este enfoque se basa en que la tendencia observada en los últimos años se supone constante a futuro, o que la situación observada en la actualidad resulta ser sustancialmente la misma en el mediano plazo, puede representar un comportamiento tendencial. Aplican tanto modelos de predicción en base al comportamiento pasado observado como en base al sistema de actividades productivas.

- Método de predicción mediante juicio profesional

El juicio profesional es un elemento relevante que debiera ser utilizado en cualquier técnica de predicción, dado que cualquier proyección obtenida a través del uso de relaciones matemáticas antes de ser usada, debe pasar el examen de racionalidad que implica el uso del juicio profesional. Este método se transforma en una técnica de predicción propiamente tal, que si bien no utiliza un modelo de demanda especial, ocupa la experiencia en forma intuitiva y toma en consideración factores intangibles que influyen en la demanda de viajes. Este método es especialmente útil cuando no existen datos, son escasos o la muestra es muy pequeña, como podría ser la estimación del tráfico de un

mercado nuevo y si bien tiene bajo costo y su aplicación es relativamente simple, sólo se puede limitar a período de corto plazo.

Un enfoque bastante común para efectuar predicciones mediante juicio profesional es el método Delphi, el cual requiere, en primer lugar, seleccionar un panel de expertos en tráfico aeroportuario y/o movimiento de pasajeros y carga en el área de estudio y el resto del país que no supere los 20 individuos, a quienes se les solicita efectuar proyecciones individuales para distintos horizontes sobre el desarrollo futuro de, por ejemplo, el movimiento de pasajeros que utilizaría el aeródromo/aeropuerto en estudio, justificando su respuesta. Los resultados promedio de esta primera etapa del estudio, son entregados a los miembros del panel, dándoles la oportunidad de reevaluar su respuesta anterior. Esta fase permite obtener mejores resultados, ya que se tiende a reducir la variabilidad de las proyecciones. Dicho método puede ser complementado con un benchmark como forma de validar la predicción entregada por el grupo.

En el caso de la carga, se debe determinar quiénes son los principales embarcadores, considerando, por ejemplo, los registros de los dos últimos años para cada categoría relevante de producto, a fin de consultar por sus planes y perspectivas a mediano plazo en una encuesta. Si su número es elevado, se debe extraer una muestra aleatoria de ellos para aplicar el método Delphi. Esto tiene la ventaja que la predicción tendencial la realizan los expertos en el tema quienes interpretan como las magnitudes de carga y los destinos de la misma, se formalizan en una demanda origen-destino que afecte al proyecto en estudio. El uso de opiniones de expertos debe contar con los debida fundamentación, con criterios objetivos, medibles y comprobables.

La factibilidad de entregar resultados de interés está asociada a la naturaleza propia del proyecto analizado, la cual puede ir desde una ampliación de un aeropuerto o la construcción de un pequeño aeródromo regional, por lo que no es posible entregar recomendaciones más específicas.

5.3.3 Demanda de pasajeros

Medidas de la actividad del transporte aéreo

Existen dos medidas básicas que pueden ser utilizadas para describir el nivel y naturaleza de esta actividad:

- **Cantidad de pasajeros:** número total de viajeros (llegados y salidos) en el sistema analizado durante un periodo dado de tiempo.
- **Pasajeros-kilómetros:** número de pasajeros multiplicado por los kilómetros del tramo volado.

Además, en proyectos donde sólo interesen los viajes en el modo aéreo, se suele incorporar otra medida de importancia:

- **Cantidad de operaciones de aeronaves:** número total de aeronaves (llegadas y salidas) en el sistema.

Estas medidas pueden ser estratificadas de diferentes formas, dependiendo del tipo de

análisis que se desee realizar. Para efectuar las estratificaciones, en la etapa de pre factibilidad será necesario recolectar en terreno información histórica y actual (ver **Anexo 5-1**); en la etapa de perfil, en cambio, se pueden utilizar valores disponibles de estudios similares anteriores.

Las formas de estratificación más importantes utilizadas en el caso de la demanda por viajes aéreos son las siguientes:

- Temporal

Las estadísticas de viajes se pueden estratificar temporalmente de muchas maneras: a nivel anual, estacional, mensual, etc. Para efectuar predicciones de largo plazo es normalmente suficiente considerar el movimiento anual. Sin embargo, en mercados donde existen variaciones significativas de la demanda, como el de viajes vacacionales, puede ser importante considerar una estratificación estacional o mensual. En estudios de transporte aéreo la demanda a nivel horario, se requiere para el dimensionamiento de la infraestructura del edificio terminal.

- Origen-destino

Este tipo de estratificación se requiere, por ejemplo, para la planificación de una red de transporte aéreo. Es importante tener en cuenta la distinción entre cantidad origen-destino y cantidad en un arco; este último puede incluir tráfico que se esté transfiriendo desde otro punto de la red. Desde el punto de vista del análisis de la demanda, es más apropiado el primer tipo de medición.

- Longitud del trayecto

Esta estratificación puede ser útil debido a que, por ejemplo, para distancias cortas es muy factible que se requiera analizar la demanda a nivel multimodal, mientras que para trayectos largos en muchos casos puede bastar con efectuar un análisis aislado del modo aéreo. Un trayecto corto se puede definir por viajes bajo los 500 km.

- Tipo de servicio

Este tipo de estratificación suele ser útil en el estudio de planificación de un aeródromo/aeropuerto; en general debe considerarse diferentes modelos de demanda para cada categoría. Las clases más comunes a tomar en cuenta en este caso son: aviación comercial, charter, aviación general y tráfico militar. Esta estratificación debe utilizarse en las etapas de pre factibilidad y/o factibilidad y aplica principalmente en lo relativo al movimiento de operaciones aéreas.

- Propósito del Viaje

Esta es una de las características fundamentales del movimiento de pasajeros, ya que la demanda por viajes se deriva de la demanda por una determinada actividad en el destino. La clasificación más común es aquella que diferencia entre viajes de trabajo y otros tipos de viajes (salud, estudio, turismo, etc.). Esta clasificación debería usarse en la etapa de pre factibilidad y/o factibilidad, para lo cual la información deberá ser recogida a través de la realización de encuestas o basarse en estudios relacionados que contengan el

dato.

- Otras estratificaciones

En algunas situaciones de planificación de un aeródromo/aeropuerto, es útil distinguir entre movimiento doméstico e internacional. También distinguir entre el tráfico de pasajeros que comienza o termina su viaje en un aeródromo/aeropuerto (tráfico de origen o de destino), los que transbordan a otro vuelo (tráfico de transbordo/pasajeros en tránsito) y los que continúan en el mismo vuelo (tráfico de tránsito directo), ya que las instalaciones aeroportuarias necesarias en cada caso son diferentes.

Proyectos no estructurales

Como en este tipo de proyectos no se espera cambios en el patrón de flujos, es factible postular un análisis de la demanda por transporte aéreo independiente de otros modos en competencia. De esta forma es recomendable un enfoque macro con proyecciones de la demanda en base a datos históricos. Si se dispone de una serie histórica suficiente y de los recursos para hacerlo, se recomienda utilizar el modelo simple de serie de tiempo o el modelo de ajuste parcial (ver 5.5.4); si esto no ocurre, se debe modelar la demanda mediante regresión lineal (ver 5.5.3).

En general, debiese evitarse una modelación por regresión lineal si se demuestra que la demanda tiene términos auto-correlacionados, como en general sucede (al menos un elemento auto-regresivo en la demanda misma y un elemento auto-regresivo en el PIB son esperadas).

Es importante que se deje en claro en el reporte de las proyecciones de demanda el por qué no se pudo calibrar modelos de Series de Tiempo, y reconocer los posibles sesgos de estimación que pueden derivar de no considerar elementos auto-regresivos en las estimaciones, en especial si se detecta auto-correlación de las variables explicativas o de la variable explicada utilizando test estadísticos.

Proyectos estructurales

Estos son proyectos donde se justifica realizar una modelación más significativa que en el caso anterior.

Para el caso de proyectos estructurales medianos se recomienda utilizar modelos de demanda directa (ver 5.5.6). Como en éstos se incluye, aunque en forma relativamente agregada, la competencia de otros modos, el tema se trata en mayor detalle en el acápite 5.4.3.b.

Por otra parte, para proyectos estructurales grandes se puede modelar la demanda global con un buen modelo de serie de tiempo o con uno de interacción espacial. En el primer caso, cuando no existe competencia de otros aeródromos/aeropuertos, o la demanda está básicamente asociada a un par origen-destino, se recomienda el modelo de ajuste parcial (ver 5.5.4) o el modelo general de serie de tiempo.

En casos en que tenga importancia modelar en forma adecuada la interacción espacial entre varios pares origen-destino (O-D), debe utilizarse un modelo que considere este

tipo de interacción típicamente gravitacional en que la demanda total generada en una zona es directamente proporcional a algún índice de actividad económica o número potencial de viajeros en cada par O-D e inversamente proporcional a alguna función de los costos de transporte (combinación lineal de tiempo, tarifa y distancia) entre los pares O-D en competencia (ver 5.5.7).

En general, cuando se utilizan modelos de transporte desagregados, que contengan proyecciones de la matriz de viajes a nivel origen destino, mediante la utilización de modelos de Generación y Atracción de Viajes, Distribución y Partición Modal, es pertinente desagregar la demanda por categoría y propósito. Una de las categorizaciones más utilizadas es la referente a los niveles de ingreso de los usuarios del sistema de transporte, en el caso de transporte de pasajeros. Para el transporte de carga, se puede segmentar por tipo de carga.

La segunda desagregación posible corresponde, para el caso de transporte de pasajeros, al propósito de viaje, que puede desagregarse como Turismo, Negocios y Otros. La demanda turística está afectada por las variables macroeconómicas como el PIB, pero a diferencia de los viajes de negocios, los flujos turísticos dependen en de las preferencias del público y del atractivo comparado de los diferentes destinos posibles. El mercado turístico se segmenta en aquellos que prefieren cambiar de tipo de vacaciones frecuentemente y los que gustan de acudir todos los años a los mismos lugares. Algunos sistemas, como la segunda residencia o el tiempo compartido colaboran a fijar al turista en un punto fijo y evitar su variabilidad, pero la mayoría elige las vacaciones comparando el atractivo relativo de diferentes destinos, tanto como lugar de ocio, como mediante la comparación de los precios de los paquetes turísticos o el coste/calidad de vida en el lugar de destino.

Igualmente interesante es considerar las diferencias en la demanda aérea si el país que se estudie es mayoritariamente emisor o receptor de turismo. En el primer caso, país emisor, la demanda es más estable, pues el número de personas que planea unas vacaciones en avión varía sólo influido por la situación económica del año en que se realiza el viaje (y de años anteriores, dado que muchos viajes de turismo se financian con ahorros), mientras que los países receptores deben vigilar de manera preferente el atractivo de su país con respecto a ofertas alternativas en otros lugares.

Los viajes de negocio, por otro lado, son de una naturaleza distinta, y están relacionados directamente con el crecimiento económico del periodo donde se realiza el viaje, pues está en directa sincronización con la actividad económica de los distintos sectores, y por lo tanto, son más fáciles de predecir utilizando modelos econométricos de manera directa.

5.3.4 Demanda de Carga

General

El movimiento de carga es aparentemente más susceptible al análisis y predicción que los viajes de pasajeros, porque el elemento subjetivo de elección personal se reduce considerablemente. Además, como las variables de tipo social no influyen en el análisis de movimientos de carga, el procedimiento se simplifica. Sin embargo, la predicción del movimiento de carga por modo, incluyendo el transporte aéreo, es aun en la actualidad

menos desarrollada que el movimiento de pasajeros, reflejando la gran escasez de datos históricos a un nivel de detalle adecuado. Consecuentemente, es más fácil efectuar proyecciones agregadas a nivel nacional que predicciones desagregadas de los movimientos de carga entre localidades específicas.

Por otro lado, el movimiento de carga involucra más agentes que el de pasajeros: las empresas que envían y reciben los bienes; consignatarios que organizan los envíos y los modos de transporte; operadores de transporte que movilizan la carga, incluyendo organización de transbordos y almacenamiento y por último se agrega la inspección de aduana si se trata de carga de importación; todo este procedimiento dificulta la tarea de modelación, porque aunque en algunos casos dos o más de estos agentes pueden coincidir, siempre existirán objetivos conflictivos difíciles de modelar.

La demanda de carga por transporte aéreo se caracteriza por referirse a productos perecibles (frutas, flores, salmónes, etc.) en exportación y/o productos de valor en importación y por ello, es conveniente efectuar consultas directas a los agentes involucrados, como exportadores y operadores logísticos.

Proyectos no estructurales

Como en este tipo de proyectos no se espera cambios en el patrón de flujos, es factible postular un análisis de la demanda por transporte aéreo independiente de otros modos en competencia. De esta forma se recomienda un enfoque consistente en proyectar la demanda en base a observaciones en el tiempo. Si se dispone de una serie histórica suficiente y de los recursos para hacerlo, se recomienda utilizar un modelo de serie de tiempo como el mencionado en 5.3.3.b; si esto no ocurre, se debe modelar la demanda mediante regresión lineal.

Proyectos estructurales

En proyectos a nivel regional o nacional, el transporte puede considerarse uno de los muchos sectores de la economía; esto permite utilizar un modelo macroeconómico para estimar, a nivel agregado, los flujos intersectoriales de bienes y servicios, permitiendo analizar los requerimientos de transporte de los otros sectores.

Los modelos de input-output han sido, dentro de este grupo, los más utilizados para analizar la demanda por transporte de carga, debido a ciertas hipótesis simplificadoras que permiten un análisis con menores requerimientos de datos. Estos modelos requieren conocer la demanda final de cada sector y los flujos entre sectores (normalmente se expresan en unidades monetarias). Dado esto, permiten estimar los cambios esperados en los requerimientos de transporte, por ejemplo ante cambios en la demanda de algunos de los sectores. Con estos modelos se puede realizar el análisis a nivel de una región.

En proyectos importantes de mayor magnitud se debe utilizar algún modelo de interacción espacial para determinar la demanda global de carga relativa al área de estudio. Este es un enfoque agregado en que la demanda por flujos de carga entre regiones se deriva directamente a partir de alguna medida de la interacción económica

entre ellas. La aplicación más común del enfoque considera modelos de tipo gravitacional, en que el volumen de carga entre un par de regiones es proporcional a una función de su actividad económica y a una función decreciente del costo total de transporte. La estructura básica del modelo es análoga al caso de modelación de la demanda de pasajeros. Se aclara que lo anterior aplica mayormente al transporte terrestre, pues en el caso del transporte aéreo de carga los criterios de decisión son más simples. Por lo demás, la fracción de carga transportada por vía aérea es poco significativa en comparación con la movilizadora por vía terrestre y marítima.

5.4 Proyecciones de Tráfico Aéreo

5.4.1 General

Las estimaciones efectuadas permiten contar con proyecciones del total de pasajeros y carga a ser transportados por vía aérea en el área de estudio. Esto, a su vez, permite estimar para el horizonte de análisis, el total de aeronaves que utilizarían las instalaciones en este período. Esta sección entrega las recomendaciones para efectuar estas tareas en los distintos casos susceptibles de ser analizados.

5.4.2 Estacionalidad y Periodización

Aun cuando para determinar la actividad de un aeródromo/aeropuerto lo que interesa son los totales anuales de pasajeros y carga que este moviliza, son los flujos punta los que determinan en gran medida su diseño y, por lo tanto, los costos de inversión, mantenimiento y operación del mismo. Uno de los problemas específicos tiene relación a las “puntas”, en el caso de la aviación tipo A, donde existe un potencial conflicto de intereses entre el operador de un aeródromo/aeropuerto y las líneas aéreas. En efecto, al operador de un aeródromo/aeropuerto le interesa que la demanda durante el día sea relativamente uniforme a fin de disminuir la necesidad de infraestructura, personal y recursos que demanda una hora punta típica. A las aerolíneas, por otro lado, les interesa maximizar la utilización de su flota y mejorar los factores de carga de las aeronaves, ofreciendo servicios en los horarios más convenientes para los pasajeros. En el Capítulo 7 Diseño Físico y Operacional se explica cómo tratar el problema de las horas puntas.

Otra característica relevante de los aeródromos/aeropuertos chilenos es que muchos de ellos presentan un flujo mixto en términos de los tipos de aviación que atienden. En países desarrollados es normal disponer de aeropuertos destinados a un fin exclusivo, ya sea la aviación comercial (Tipo A), la aviación militar (Tipos G y H, bases aéreas), o los otros tipos de aviación (Tipos B a F). Ello significa que para determinar la estacionalidad de los flujos se requiere conocer la variabilidad temporal de cada uno de los tipos de aviación que utilizan un aeródromo/aeropuerto dado.

Naturalmente, los tipos de aviación que deben ser considerados en el diseño de las instalaciones son los que efectivamente hacen uso de estas. En general, todos los tipos de aviación utilizan las pistas y calles de rodaje, sin embargo, los terminales de

pasajeros y carga, cuando existen, atienden principalmente requerimientos de la aviación tipo A. Las plataformas de estacionamiento son requeridas por todos los tipos de aviación, pero en general se cuenta con plataformas especializadas para cada tipo, por lo tanto, un paso previo a la estimación de la variabilidad, es la determinación de los tipos de aviación que utilizarán cada elemento de la infraestructura.

A continuación, se describen algunos de los índices más utilizados para representar la variabilidad de los flujos representativos para efectos de diseño. Cualquiera sea el índice utilizado, el valor que se disponga para los últimos años con información, debe ser proyectado al año de diseño definido. Esto requiere de un análisis cuidadoso, pues este índice no crecerá necesariamente a la misma tasa que el movimiento anual de pasajeros, por el contrario, lo probable es que crezca a una tasa inferior debido a que las aerolíneas introducirán nuevas frecuencias y aeronaves de mayor envergadura para satisfacer mejor los requerimientos de los usuarios. Esto es particularmente válido en vuelos de corta a mediana distancia.

Tasa de ocupación estándar (Hora 1, Hora 30, Hora 40)

Este índice Standard Busy Rate-(SBR) fue el estándar de diseño en Europa durante muchos años. Se define como la treintava hora de flujo más alto o la tasa de flujo que sólo es sobrepasada por 29 horas en el año. Es un concepto similar al utilizado en caminos. Tiene la desventaja de no considerar en forma explícita la relación de la medida con el movimiento más alto observado en el año; además, se puede demostrar que su utilización en aeródromos/aeropuertos con bajos flujos puede resultar en razones (punta / SBR) muy altas que pueden conducir a sobrepasar la capacidad en forma excesiva algunas horas del año. Este índice es el que se utiliza en Chile para el dimensionamiento de los Edificios Terminales de Pasajeros y Estacionamientos Vehiculares, salvo que se considera la hora 40, con excepción del Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago, en el cual se utiliza la hora 30. La JAC dispone y publica estadísticas de pasajeros llegados y salidos, nacionales e internacionales. La DGAC dispone de información de pasajeros embarcados a través del Sistema COPAE. Para todo el resto de la infraestructura (área de movimiento de aeronaves e instalaciones de apoyo) se utiliza la hora punta máxima (hora 1) proyectada al año de diseño. Lo anterior considerando que para el Edificio Terminal y estacionamientos vehiculares es posible disminuir el nivel de servicio y aceptar ciertos niveles de congestión durante algunos períodos; sin embargo para el área de movimiento de aeronaves e instalaciones de apoyo (por ejemplo redes de agua o tratamiento de aguas servidas), la infraestructura debe ser capaz de responder a la totalidad de la demanda proyectada.

Tasa de ocupación horaria

Este índice Busy Hour Rate (BHR) es una modificación de la anterior, diseñada con el fin de superar algunos de sus problemas. Se define como la tasa de pasajeros por hora que es sobrepasada sólo por un 5% de los tráficos horarios. Para determinarla se jerarquizan los volúmenes operacionales en orden de magnitud y se calcula la suma acumulada de volúmenes que da como resultado el 5 % del volumen total anual; la BHR es el volumen a continuación del valor anterior. Su desventaja más importante es

que se debe recolectar y analizar tanta información que esto puede superar los recursos de aeródromos / aeropuertos pequeños. Naturalmente, esta medida es aplicable sólo a la aviación tipo A.

Pasajeros de hora punta típica (TPHP)

La Administración Federal de Aviación (FAA) de los EE.UU. utiliza un método Typical Peak Hour Passengers (TPHP), que parte por definir una razón aceptable entre el flujo de punta y el flujo total anual. Para calcular la TPHP a partir de los flujos anuales, la FAA recomienda la relación que se muestra en el Cuadro 5.2, que aplica tanto para pasajeros embarcados como desembarcados. Naturalmente, esta medida es aplicable sólo a la aviación tipo A.

Cuadro 5-2: TPHP recomendada como función del flujo de pasajeros anual

TOTAL PASAJEROS ANUALES (millones)	TPHP (%)
20,00 o más	0,030
10,00 a 19,99	0,035
1,00 a 9,99	0,040
0,50 a 0,99	0,050
0,10 a 0,49	0,065
Bajo 0,10	0,120

Horario más cargado

Este índice Busiest Timetable Hour (BTH) es la más simple de aplicar en aeródromos/aeropuertos pequeños con pocos datos. La BTH se puede calcular utilizando factores de carga promedios u horarios proyectados de operación de aerolíneas. Desgraciadamente dada su simplicidad, el método está sujeto a fuertes errores de predicción. Se puede utilizar en proyectos no estructurales.

Hora punta perfil

Este índice Peak Profile Hour (PPH), también se conoce como punta diaria promedio ("average daily peak"), y es bastante simple de calcular. En primer lugar se elige el mes punta, y luego para cada hora se calcula el volumen horario promedio en el mes. La PPH es el mayor de estos valores. La experiencia ha demostrado que para muchos aeropuertos la PPH es muy cercana a la SBR. Se recomienda utilizar esta medida en la etapa de perfil.

5.4.3 Demanda de Pasajeros

En este acápite no se hace referencia a la etapa de perfil ni al análisis de proyectos no estructurales. Tal como se mencionó en la sección anterior, esto se debe a que en ambos casos se estima solamente la demanda por transporte aéreo.

En el caso de proyectos estructurales se recomienda utilizar modelos de demanda directa como se señaló en 5.3.3. Un problema es que a pesar de que posibilitan modelar la demanda global y las proyecciones modales simultáneamente, no entran en detalles respecto de las características de acceso/egreso de los terminales, no distinguen clases de

tarifas o servicios, y en general trabajan con datos correspondientes a grupos de individuos.

Para el caso de proyectos estructurales medianos, si al hacer la evaluación y análisis de sensibilidad correspondiente, resulta que el proyecto es sumamente dependiente de los resultados de la modelación de la demanda, puede ser que la magnitud de las inversiones requeridas y el tiempo disponible para efectuar el estudio, hagan necesario realizar una modelación más detallada como la que se recomienda en la sección siguiente.

La labor de recolección de información en el caso de modelos de demanda directa es más compleja, larga y costosa que en el caso anterior, ya que se debe contar con datos para todos los pares origen-destino involucrados, en el caso de sección transversal, o de una serie de tiempo en el caso más tradicional. Las variables utilizadas incluyen información socio-económica de los viajeros, y tiempos, costos y frecuencias de viaje de los modos en competencia.

En el caso de proyectos estructurales grandes, su naturaleza y magnitud, justifican un estudio acabado de la demanda por transporte aéreo a nivel micro, tomando en cuenta de la forma más detallada posible las condiciones de competencia con otros modos.

Los estudios a nivel micro se desarrollan sobre una base estratificada por lo que tienen gran utilidad como herramientas de planificación y análisis de políticas. Uno de los análisis más comunes en este tipo de estudios es por origen y destino, pero también se puede estimar modelos de demanda específicos para un aeródromo/aeropuerto, o aplicar modelos desagregados para abordar el problema de elección de modo (cuando existe competencia entre el modo aéreo y otros modos de transporte) o de elección de aeródromo/aeropuerto, en los casos de regiones servidas por más de uno.

Estos estudios pueden utilizar datos con distinto nivel de agregación, que varían desde información a nivel individual en el caso de los modelos desagregados de elección, hasta datos con cierto grado de agregación en el caso de modelos de demanda entre un par origen-destino. Se pueden postular al menos los siguientes casos de interés:

Si no existe competencia de otros medios de transporte, se puede utilizar un modelo gravitacional o una función de utilidad directa. Las variables a usar, estructura del modelo, calibración y validación, se discuten en la **Sección 5.5**. Cuando existe competencia, ya sea entre el modo aéreo y modos alternativos, o entre dos o más aeródromos/aeropuertos accesibles para una región, el enfoque más apropiado es el uso de modelos desagregados de elección discreta. Las variables relevantes, estructura de los modelos, calibración y uso en modalidad predictiva se discuten en la **Sección 5.5**.

Cuando no existe el aeródromo/aeropuerto, o cuando se considera introducir servicios inexistentes en la actualidad, se debe recurrir a modelos de elección discreta estimados con información de preferencias declaradas (ver 5.5.7). Esto es principalmente de interés de las aerolíneas, las que por los sistemas de información actuales que disponen, cuentan con datos detallados para permitir este tipo de análisis.

5.4.4 Demanda de Carga Aérea

a. Factores que influyen en los movimientos de carga

Es útil considerar cuales son los factores que se esperaría tienen alguna influencia en la modelación del movimiento de carga. Destacan los siguientes como los más importantes:

- **Factores de localización:** La localización de las fuentes de materias primas y otras entradas del proceso productivo, así como la localización de los mercados intermedios y finales de los productos, determinan los niveles de movimiento de carga involucrados, sus orígenes y destinos, e incidiendo en la elección de modo. Por ejemplo, la existencia de una línea férrea cercana a una industria puede ser decisiva para la elección de este modo en forma pura o combinada. También la localización y densidad de población puede, por ejemplo, tener influencia en la distribución de los productos terminados.
- **Rango de productos:** La diversidad de productos requeridos y producidos es muy grande, mucho más que la más detallada segmentación de la demanda de viajes por tipo de usuario y propósito de viaje. Puede haber muchas matrices de productos en cualquier estudio de demanda de carga.
- **Factores físicos:** Las características y naturaleza de las materias primas y productos terminados definen la forma en que deben ser transportados (en vehículos muy seguros si los productos son de alto valor, en contenedores refrigerados si son perecibles, etc.). Comparando nuevamente con el transporte de pasajeros, hay en este caso una mayor variedad de tipos de vehículos para permitir el transporte de las distintas clases de productos.
- **Factores operacionales:** El tamaño de la empresa, su política de distribución y su dispersión geográfica, entre otros, influyen fuertemente en el posible uso de los diferentes modos de transporte y las estrategias de embarque.
- **Factores dinámicos:** Las variaciones estacionales en la demanda y cambios en las preferencias de los consumidores, juegan un rol importante en los cambios de los patrones de movimiento de los bienes.
- **Factores de precios:** Contrariamente al caso de la demanda de pasajeros, los precios en general no se encuentran publicados, puesto que son mucho más flexibles y dependen de los contratos, descuentos por volumen, importancia de las facilidades en terminales, negociaciones, etc. Algunos modos se prestan más para el transporte de ciertos productos determinados, este ajuste de las características de la oferta a la demanda, puede tener influencia en los precios de esos productos.
- **Integración del transporte en el proceso de producción de una compañía:** Con frecuencia el transporte es visto como parte del proceso logístico que involucra existencias, almacenamiento, proveedores, operaciones “just in time”, etc. El transporte es uno de los elementos más importantes de cualquier sistema

logístico; las características del sistema de transporte tienen un efecto directo en la magnitud del tiempo de respuesta, tamaño del inventario en tránsito y del inventario de seguridad. También tiene un efecto indirecto en todas las decisiones logísticas, como por ejemplo la localización de plantas y bodegas. Dado que el transporte es administrado como parte del sistema logístico, las compañías elegirán aquellas alternativas de transporte que optimicen el rendimiento del sistema; así las opciones con más alto costo pero también mejores características de servicio, pueden ser más atractivas que las alternativas con más bajo costo.

b. Categorías de carga aérea

La carga aérea (aparte del correo), se puede categorizar en tres grandes grupos:

Tráfico de emergencia: Es el que no está planificado de antemano y para el cual el tiempo es esencial.

Tráfico perecible de rutina: Corresponde al tráfico que siendo sensible al tiempo, está planificado. Incluye productos agropecuarios y marinos frescos (flores, frutas, vegetales, pescados y mariscos, entre otros) y material impreso como revistas o periódicos.

Tráfico no perecible de rutina, desviado de la superficie: Se trata del movimiento que una aerolínea ha ganado de los otros modos.

Para las dos primeras categorías la velocidad es la primera consideración y el factor costo es de importancia secundaria. La demanda por el servicio aéreo es relativamente inelástica; un aumento en la tarifa no ahuyentará mucho tráfico, al menos dentro de límites razonables. Sin embargo, en la tercera categoría el factor costo pasa a ser primordial, y el factor velocidad es más incidental. Otros factores que inciden son la seguridad y menores riesgos.

Es importante la clasificación de la carga para la planificación de las facilidades respectivas. Esta debe considerar el tráfico de origen, de destino, de transbordo o tránsito, también si es tráfico internacional e doméstico.

c. Proyectos estructurales

Una vez conocida la demanda global de carga, se debe modelar su partición entre los distintos modos de transporte disponibles en el área de estudio. Para esto es necesario tener en cuenta que, en general, las elecciones más importantes que enfrenta un usuario en relación al transporte de carga son las siguientes:

Cantidad total: Resultante de la optimización del proceso de producción tomando en cuenta los costos de transporte y logística asociada, y la naturaleza del mercado en que se ofrecerá el producto.

Modo de transporte: Los diversos modos en general ofrecen diferentes niveles de servicio y por ende diferentes costos de transporte. Cada empresa decidirá tratando de minimizar el costo generalizado de transporte. Para cada factor productivo la empresa tiene la posibilidad de elegir entre proveedores localizados en distintos puntos del espacio; los

precios de los factores pueden ser distintos en cada caso, o pueden ser los mismos pero con diferente logística, nivel de servicio y confiabilidad de la oferta. Esta elección es análoga a la elección de destino en el caso de viajes de pasajeros.

Tamaño del embarque: Este es un factor importante en las decisiones logísticas, ya que afecta los niveles de inventario que se deben mantener a fin de cubrir las necesidades entre embarques. También afectará la elección de modo.

Frecuencia de embarque: Esta elección está muy relacionada con el tamaño de los embarques y también afecta los niveles de inventario.

Si se dispone de información desagregada sobre movimientos de carga para un conjunto de empresas que operen en el área de estudio, se recomienda modelar la partición modal mediante modelos de elección discreta ya que estos tienen las siguientes ventajas:

- Permiten una rica especificación empírica, incluyendo entre otras cosas atributos de la unidad de decisión.
- Los modelos se estiman en base a atributos de un determinado embarque y no con las características promedio de una gran cantidad de embarques de una región o industria (este tipo de datos promedio pueden producir imprecisiones en las estimaciones).

No obstante una razón para el uso relativamente limitado de estos modelos en transporte de carga, es que requieren una cantidad considerable de datos y a un nivel de detalle que no siempre está disponible. Así, si no se dispone más que de información agregada, como sería el caso de modelar la demanda por carga a nivel regional, se debe utilizar modelos combinados de distribución y partición modal agregados.

Si no se cuenta con información de preferencias reveladas de suficiente calidad (por ejemplo, la información sobre precios es normalmente muy difícil de obtener), se debe recurrir al método de preferencias declaradas (PD). Para llevarlos a cabo se debe proceder como en el caso de encuestas Delphi, identificando los embarcadores más importantes, para luego someterlos al experimento de PD diseñado en base a las características del proyecto en estudio.

En todo caso, siempre cabe preguntarse en forma previa, la necesidad de un análisis desagregado del movimiento de carga, que puede ser de interés para las aerolíneas, pero no para efectos de planificación.

5.4.5 Pronósticos de Actividad Aérea

En las secciones anteriores se ha presentado metodologías para determinar el número de pasajeros que utilizará un aeródromo/aeropuerto en servicios comerciales regulares de transporte.

Para obtener la actividad aérea total se requiere, por lo tanto, expresar el número de pasajeros en términos de número de operaciones (despegues y aterrizajes) necesarios

para trasladarlos. Para ello se requiere modelar el comportamiento de los operadores, según se detalla a continuación.

Los objetivos de esta modelación son los siguientes:

- Determinar el probable comportamiento futuro de los operadores de transporte aéreo comercial de servicio regular, definido como Tipo A (ver 2.3, **Capítulo 2**).
- Determinar la probable evolución futura del resto de la demanda, esto es, los tipos B a H, en términos de número de operaciones (despegues o aterrizajes).
- Calcular la demanda total en términos de frecuencia o número de operaciones de aeronaves, esto es, de sollicitación sobre la infraestructura.

Operaciones Comerciales de Servicio Regular

La ejecución de un proyecto de inversión en infraestructura aeroportuaria posibilita un cambio en los patrones operacionales de los operadores aéreos, mediante el levantamiento de restricciones operacionales. Estos cambios pueden referirse al aumento en la tasa de ocupación de la capacidad de carga (manteniendo el tipo de avión), al cambio del tipo de avión utilizado, y/o a modificaciones en los itinerarios, tarifas y frecuencias de vuelo.

Sin embargo, la ejecución del proyecto no garantiza que estos cambios efectivamente se producirán. Para que ello ocurra es necesario que las nuevas condiciones de operación constituyan una alternativa rentable para las líneas aéreas.

Para ilustrar el efecto anterior, supóngase que en dos ciudades hipotéticas razonablemente distantes, existen aeródromos/aeropuertos del más alto estándar en términos de características geométricas y capacidad de soporte de pistas, calles de rodaje y plataformas, así como en calidad, amplitud y equipamiento de los edificios terminales y accesos terrestres. Además, supóngase que el uso de esta infraestructura es gratuito. Obviamente, en este caso el tipo de material de vuelo que utilizarán los operadores estará condicionado únicamente por los costos operacionales de los aviones, las características de la demanda y la calidad y precio de los modos competitivos.

La opción central de la aerolínea es el tamaño de avión a utilizar. Al aumentar el tamaño de avión, se reduce el costo por asiento-km o ton/km, lo cual permite ofrecer tarifas más bajas, atrayendo una mayor demanda.

Sin embargo, si esta mayor demanda no es suficiente para lograr tasas de ocupación adecuadas, la aerolínea deberá reducir frecuencias y/o aumentar las tarifas, con lo cual perderá demanda. Este modelo puede formularse matemáticamente. En algunos casos, puede no existir un punto factible de operación para un tamaño determinado de avión o, incluso, para ninguno de los tamaños propios de la aviación comercial.

El análisis anterior es especialmente atinente al caso chileno, por cuanto la población que habita las regiones lejanas, donde el transporte aéreo es un modo realmente relevante, es escasa, y los flujos de tráfico resultante son de baja intensidad.

Para realizar la predicción, resulta necesario hacer supuestos y proyecciones acerca de

los cargos por uso de infraestructura que deben ser pagados por los operadores aéreos. También se requiere hacer supuestos acerca de las tarifas de equilibrio que prevalecerían en el mercado en el largo plazo. La estimación de las tarifas de equilibrio se realiza a partir de un análisis de los costos operacionales de diferentes categorías de aviones, cada uno de los cuales tiene requerimientos aeroportuarios diferentes.

Debe mencionarse que en el caso que la infraestructura resulte restrictiva para cierto tipo de aviones, las empresas aéreas pueden decidir entre operar aviones diseñados para aeródromos/aeropuertos con limitantes, los cuales pueden tener costos mayores u operar aviones de mayor tamaño con algún tipo de restricciones, tales como una menor carga de pago, un menor alcance, o bien, mayores costos de mantenimiento. En ambos casos, sin embargo, se incrementan los costos operacionales con respecto a una situación sin restricción.

El hecho de utilizar los costos de operación de aviones diseñados para condiciones aeroportuarias restrictivas, constituye un método de estimación de los mayores costos de operación atribuibles a deficiencias de los aeródromos/aeropuertos. Si los costos de operar aviones de mayor tamaño bajo condiciones restrictivas fuesen mayores que los de operar aviones menores, las empresas deberían incorporar a estos últimos en su flota. Si, por el contrario, operar aviones mayores restringidos fuese preferible a utilizar aviones especiales, estos últimos no tendrían justificación en el mercado.

Además se requiere predecir las condiciones de operación en cada aeródromo/aeropuerto, en especial los niveles de congestión, que inciden en los costos operacionales de las líneas aéreas y en la calidad del servicio percibida por los usuarios. Se necesita por lo tanto, formular un modelo de equilibrio simultáneo que sea capaz de predecir, para cada supuesto sobre las restricciones aeroportuarias, los niveles finales de costos de operación, tipo de aeronave, frecuencias, tarifas, niveles de servicio y volúmenes de demanda.

Una vez obtenido el equilibrio planteado, se determina a partir del mismo, el tipo de material de vuelo que operará y el número de operaciones comerciales en el aeródromo/ aeropuerto, que sirve de base para establecer los requerimientos de capacidad de las instalaciones.

Otras Operaciones

Las operaciones de este tipo (aviación general y militar, tipos B a H) pueden tener importancia en algunos aeródromos/aeropuertos, por lo que es necesario estimar su posible impacto futuro. Se recomienda para esto utilizar modelos tipo I. El estudio de demanda realizado según lo expuesto en la **Sección 5.4**, a partir de la información estadística histórica, entrega directamente el número de operaciones por unidad de tiempo de estos tipos de aeronaves para cada corte temporal, incluyendo los flujos horarios máximos esperables, para cada corte temporal, que es un dato relevante para el análisis desde el punto de vista de capacidad.

5.4.6 Viajes terrestres desde y hacia el aeródromo/aeropuerto

a. Predicción de acceso/egreso al aeropuerto

Las proyecciones de pasajeros domésticos e internacionales, logradas de acuerdo a lo reseñado en el **Acápito 5.4.3**, constituyen en este caso la demanda global. Para estimar la partición modal se deberá formular modelos de partición modal desagregados de tipo logit simple o jerárquico, dependiendo de los modos de acceso disponibles, típicamente al menos auto y transporte colectivo; no obstante, en algunos casos será posible desagregar esto distinguiendo entre auto chofer, que requiere estacionamiento de larga estadía, y auto acompañante, e incluir taxi, taxi colectivo y hasta tren. Las variables relevantes son las tradicionales en este tipo de estudios, vale decir:

- **Variables socio-económicas:** Tales como ingreso, sexo, edad y tasa de motorización en el hogar de los viajeros.
- **Variables de nivel de servicio:** Tales como tiempo y costo de viaje, tarifa de estacionamiento (en el caso de automóvil), tiempo de espera y tiempo de caminata.

Los modelos se deben estimar en base a información proveniente de muestras de preferencias reveladas o declaradas, recolectadas específicamente para el estudio. El tamaño muestral no debe ser inferior a 300 observaciones (ver 5.5.8). En el caso de proyectos no estructurales, se puede recurrir a modelos estimados en otros lugares; si existe alguna información disponible localmente se deberá intentar transferir las funciones de manera de que reflejen de mejor forma las condiciones locales.

El proceso de agregación para obtener flujos por los distintos modos, se puede realizar por enumeración muestral en el caso de proyectos no estructurales; sin embargo, es recomendable utilizar el método de clasificación en el caso de las proyecciones a futuro en proyectos estructurales (ver 5.5.8).

b. Estimación de demanda por viajes terrestres a aeródromos/aeropuertos

Aparte de los flujos considerados en el acápite anterior, que corresponden a viajes de los pasajeros y sus acompañantes, es necesario estimar para efectos de diseño, los flujos correspondientes a viajes de personal de líneas aéreas y del aeródromo/aeropuerto, personal militar, de organismos del Estado, concesionarios y proveedores.

Como estos flujos son a veces pequeños, la estimación se debe realizar, en general, en base a información histórica, suponiendo que se mantendrá la tendencia de crecimiento de los últimos años. Si no existen datos, se debe suponer que estos flujos crecerán con la economía regional de igual forma que los flujos generales en el país.

Si estos flujos constituyen una porción significativa del tráfico terrestre desde y hacia el aeródromo/aeropuerto, o si el estudio tiene los recursos y el tiempo suficiente para efectuar una estimación más afinada, se debe realizar consultas a las instituciones involucradas (líneas aéreas, administración del aeródromo/aeropuerto, instituciones castrenses y del Estado como SAG y Aduanas, concesionarios y proveedores) acerca del crecimiento esperado de su personal, y por ende sus viajes al

aeródromo/aeropuerto, a futuro. Similar gestión se debe realizar en el caso de proyectos de ampliación de aeródromos/aeropuertos, o si se trata de la construcción de un aeropuerto nuevo.

5.5 Aspectos Metodológicos

5.5.1 Consideraciones Generales

En esta sección se considera el estudio de la demanda por transporte desde dos puntos de vista: por una parte la recolección, tratamiento y validación de la información necesaria para intentar modelar la demanda, y por otro las técnicas de modelación más apropiadas para tratar problemas que involucren viajes en transporte aéreo.

Antes de entrar de lleno a estos temas, es conveniente mencionar algunas características importantes de la demanda y oferta de transporte, a fin de comprender en mejor forma el tipo de técnica de modelación y recolección de datos que sea más adecuada en cada caso.

El transporte es un bien altamente cualitativo y diferenciado, existen, viajes por distintos propósitos, a diferentes horas del día, por diversos medios. Esto implica una enorme cantidad de factores difíciles de analizar y cuantificar (por ejemplo, problemas de seguridad o comodidad). Un servicio de transporte sin los atributos que permitan satisfacer esta demanda diferenciada puede ser completamente inadecuado.

La demanda por transporte es “derivada”, los viajes se producen por la necesidad de llevar a cabo ciertas actividades, como por ejemplo: trabajo, recreación u otras en el lugar de destino.

La demanda por transporte está localizada en el espacio. El enfoque más común para abordar el problema espacial consiste en dividir el área de estudio en zonas y codificarla junto con redes de transporte en forma adecuada para su procesamiento mediante programas computacionales.

La demanda por transporte es eminentemente dinámica, hay pocas horas para realizar las distintas actividades. Desde el punto de vista de la oferta, el hecho de que el transporte sea un servicio tiene la importante consecuencia que no se puede acumular reservas (stock) a ser utilizadas en periodos de mayor demanda. Así, si el servicio de transporte no se consume cuando es producido, sencillamente se pierde. Esto suele generar problemas en los periodos punta en que hay gran demanda y desequilibrios respecto a periodos fuera de punta con menores requerimientos.

Para satisfacer la demanda por transporte, es necesario proveer infraestructura y disponer de vehículos, que operen de acuerdo a ciertas reglas de operación, a fin de otorgar servicios. Comúnmente la infraestructura y vehículos no pertenecen ni son operados por la misma empresa o institución. Esta separación entre proveedores de infraestructura y oferentes del servicio final genera un complejo conjunto de interacciones entre organismos de gobierno, operadores, viajeros y embarcadores, y el

público en general.

La provisión de infraestructura de transporte es especialmente importante desde el punto de vista de la oferta, y se caracteriza por su carácter discreto, esto es, no tiene sentido proveer media pista de aterrizaje, o un tercio de una estación, si bien en algunos casos es posible cierta gradualidad. Por ejemplo, pasar de camino de tierra a ripiado, luego mejorar el trazado e incorporar más pistas y finalmente pavimentarlo. Lamentablemente esto es mucho más difícil en el caso de aeródromos/aeropuertos, líneas de metro y otras obras de esta naturaleza.

La inversión en infraestructura toma largo tiempo en materializarse, ya que generalmente se trata de proyectos que requieren de gran cantidad de recursos. No es raro que la construcción de una facilidad importante tome muchos años desde su etapa de planificación a su completa implementación. Esto significa que los estudios conducentes a tomar decisiones deban hacerse con extremo cuidado y procurando evitar quedar atrapados con soluciones rígidas que no puedan ser adaptadas a las condiciones cambiantes. Además, como los proyectos también se caracterizan por su larga vida útil, las proyecciones de flujos deben hacerse a muchos años plazo complicando considerablemente el análisis.

Finalmente, cabe señalar que la oferta de transporte tiene asociadas una variedad de efectos concomitantes que pueden introducir fuertes distorsiones, tales como accidentes, y, degradación del medio ambiente. Rara vez se logra internalizar completamente estos efectos, esto es, los usuarios de los servicios no perciben ni pagan los costos en que hacen incurrir a la sociedad, lo que probablemente conduce a tomar decisiones que podrían ser mejoradas.

5.5.2 Aspectos metodológicos sobre recolección de información

Para predecir el comportamiento de los usuarios de un sistema de transporte se ha ocupado tradicionalmente técnicas basadas en la observación del comportamiento real de los individuos, es decir, el medio de transporte utilizado, el tiempo de viaje medido entre un par origen-destino, la tarifa cancelada por el servicio, etc.; este conjunto de información constituye lo que se denomina **"Preferencias Reveladas" (PR)**. Sin embargo, las PR presentan problemas serios si se las desea utilizar en el análisis de opciones que no estén presentes en el año base (por ejemplo, la introducción de un nuevo servicio) o cuando se intenta determinar el efecto de atributos relativamente subjetivos o difícilmente medibles como la seguridad o la comodidad.

Para modelar la demanda, en décadas recientes surgió un conjunto de técnicas alternativas, las **"Preferencias Declaradas" (PD)**, que consisten en obtener respuestas de los individuos frente a como actuarían en determinadas situaciones de elección hipotéticas. Por construcción, estas técnicas no poseen las desventajas de las PR, pero están sujetas a la indeterminación que significa no tener seguridad acerca de si los individuos actuarían realmente como lo han declarado cuando se presente la ocasión.

En cualquiera de los dos casos resulta fundamental recolectar información socio-económica y de las características de los viajes, que permita realizar una adecuada

estratificación de los usuarios. Esto es inmediato en el caso de PR, ya que todas las encuestas incluyen consultas adicionales de esta naturaleza; en PD, en cambio, es necesario, previo a la encuesta propiamente tal, efectuar encuestas de segmentación.

En esta sección se discuten las principales características del enfoque de PR, haciendo énfasis en la distinción entre información transversal y series de tiempo en el primer caso.

- Sección transversal

Este tipo de datos se puede asociar a tomar una fotografía de lo que está sucediendo en distintos lugares en un mismo instante de tiempo. Dentro de esta clasificación destacan las encuestas origen-destino, ya sea en hogares o durante el viaje, que se discuten en el **Anexo 5-1**.

- Series de tiempo

En este caso se trata de información en el tiempo, y existen diversas posibilidades. El caso más típico, es cuando se recopila información sobre ciertas variables agregadas (población, ingreso, flujos vehiculares) en distintos instantes de tiempo. Esto tiene la ventaja de que suele estar institucionalizada por lo que los datos se encuentran disponibles y las series históricas tienen una longitud interesante. Un requisito de importancia en este caso es que las series sean lo más completas posibles, por lo que previo a su utilización deben ser “llenadas” con métodos adecuados.

Un caso más novedoso, difícil y caro, pero que posibilita modelar la demanda en forma mucho más afinada, es el de los paneles o conjuntos de datos en el tiempo sobre elecciones y características de un grupo de individuos. Este tipo de información demanda mayores recursos no sólo monetarios sino de análisis estadístico. Los paneles es un área sumamente especializada y escapa a los requerimientos del presente manual.

Para analizar los datos de series en el tiempo hay una variedad de modelos, entre los que destacan los de Box-Jenkins, que se discuten en el **Anexo 3**.

5.5.3 Modelos de regresión

Este tipo de modelos intenta relacionar la variación en el tráfico con variables socio-económicas y de nivel de servicio, explorando y analizando aquellas que han afectado los patrones históricos de la demanda de viajes, y aquellas que podrían influir en la demanda futura. Su base teórica y método de calibración se presenta en forma resumida en el Anexo 3. La calibración involucra la manipulación empírica de varias relaciones funcionales con el objeto de encontrar, dentro de las restricciones que impone la teoría, aquella que produce la menor desviación entre la demanda modelada y la demanda observada. La estimación de los coeficientes de un modelo de regresión se efectúa mediante el método de mínimos cuadrados. Sin embargo, existen otros procedimientos de estimación disponibles para modelos más complejos o cuando las hipótesis del procedimiento de mínimos cuadrados no son válidas.

Estas funciones tienen gran importancia en la modelación de la demanda global (generación de viajes) en base usualmente a variables socio-económicas como ingreso, población y empleo.

5.5.4 Modelos de series de tiempo

Este tipo de modelos, que también se discute en forma resumida en el **Anexo 5-2**, es más complejo que los anteriores y por lo tanto requiere de mayor cantidad de recursos. Su ventaja es que permiten tratar adecuadamente algunos problemas típicos de los datos en el tiempo, como la auto correlación, que pueden conducir a sesgos y predicciones erróneas si no se les considera en forma explícita.

Existen diversos tipos de modelos de series de tiempo, desde los más simples y de aplicación muy limitada, que suponen que la demanda por transporte aéreo es sólo función del tiempo (modelos de extrapolación de tendencias), hasta aquellos que incluyen características socioeconómicas y del sistema de transporte, y que consideran la naturaleza dinámica de la evolución de la demanda y sus variaciones estacionales.

Existen varios tipos de modelos del segundo tipo. El más simple (“modelo simple de serie de tiempo”) relaciona el tráfico en el año t con las variables que caracterizan la oferta y la demanda para ese año. Por su simplicidad este modelo es el que más se ha utilizado para analizar la demanda aérea a nivel macro, dados los antecedentes históricos existentes, recursos asignados y plazos disponibles, aunque tiene el problema de que no considera la naturaleza dinámica de su evolución ni los efectos de cambios de corto versus largo plazo en las variables. Un modelo superior es el “de ajuste parcial”, que supone que el ajuste completo del nivel de tráfico debido a cambios en las características de la demanda y de la oferta, requiere más de un período de tiempo para materializarse; por ende, postula que el nivel de tráfico en el año t depende del nivel de tráfico en el año $(t-1)$, además de las características de la demanda y la oferta en t .

El modelo general de serie de tiempo es más complejo, es básicamente un modelo de ajuste parcial con una especificación especial de la variable ingreso (“ingreso permanente”), basada en el argumento de que el consumo de una persona en el año t no sólo es función del ingreso en ese año, sino que depende del ingreso en el pasado y del esperado para el futuro. La inclusión de esta variable en el modelo requiere estimarlo mediante un proceso iterativo; esto representa una complejidad adicional que desgraciadamente no garantiza una mejor especificación que la del modelo de ajuste parcial, por lo que este método sólo no se recomienda, salvo en proyectos de gran magnitud.

Finalmente, el enfoque de Box y Jenkins propone representar la serie histórica de pasajeros mensuales mediante un modelo estacional multiplicativo que permite reflejar una conducta periódica de los datos. Específicamente permite representar relaciones entre las observaciones de meses sucesivos dentro de un año y relaciones entre los datos para un mismo mes en años sucesivos.

Los modelos de extrapolación de tendencias lineal y exponencial se calibran usando

mínimos cuadrados; el resto de los modelos de extrapolación de tendencias requieren métodos más sofisticados para su estimación. Sólo los modelos que incluyen la variable ingreso permanente deben ser estimados mediante un procedimiento iterativo. En cuanto al modelo planteado por Box y Jenkins, existen métodos específicos para estimar sus parámetros.

Una vez calibrado un modelo, debe pasar por una etapa de validación, antes de ser utilizado para predecir. Además de verificar su consistencia interna (signos de los coeficientes acordes a la intuición, chequeo estadístico de la significancia de los coeficientes, test estadísticos de bondad de ajuste, etc.), se debe probar su comportamiento en modalidad predictiva. Para esto una alternativa consiste en guardar una parte de los datos disponibles para la calibración, y estudiar con ellos la bondad predictiva del modelo. Al comparar la realidad observada con la modelada se puede verificar si el modelo se comporta correctamente. Es necesario tener cuidado con predicciones que caigan fuera del rango de calibración del modelo (extrapolaciones extremas), ya que las relaciones postuladas no necesariamente seguirán siendo válidas, y esto puede conducir a serios errores.

5.5.5 Modelos de factor de crecimiento

Hay una gran variedad de modelos de esta clase, siendo el más conocido y eficiente el que utiliza el **algoritmo biproportional de Furnes**. En general, sus ventajas son las siguientes:

- Son fáciles de entender y aplicar.
- Su proceso iterativo sencillo alcanza la convergencia en forma relativamente rápida.
- Son razonablemente exactos en el corto plazo y cuando se aplican en áreas en que existe una estructura de desarrollo estable.

Como contrapartida se puede señalar que tienen las siguientes desventajas:

- Requieren como entrada datos relativamente sofisticados (matriz origen-destino, por ejemplo en el caso distribucional) y producen resultados bastante aproximados.
- No se pueden utilizar en áreas o situaciones en las que se anticipen (o se desee analizar) cambios significativos en la red.
- Suponen que no habrá cambios en los costos de viaje o en la accesibilidad entre pares origen-destino, ni en el número de medios de transporte disponibles.
- Irregularidades aleatorias en la estructura de los viajes observados en el año base son magnificadas a futuro debido a su multiplicación por factores de crecimiento.

Por todos estos motivos, en general, sólo se recomiendan para ser utilizados en predicciones de corto plazo en áreas estables o estimación de niveles futuros de tráfico poco importantes.

5.5.6 Modelos de demanda directa y modelo gravitacional

El modelo gravitacional es el más conocido de los popularmente denominados “modelos agregados”. La especificación del modelo, que se presenta brevemente en el **Anexo 5-2**, ha ido evolucionando en el tiempo. Los modelos de demanda directa, cuya especificación también se presenta en el **Anexo 5-2**, tienen la ventaja de modelar generación y distribución de viajes en una sola función, a costa de un proceso de especificación, interpretación y validación de resultados algo más complejo.

Variables relevantes

A pesar de que estos modelos son por naturaleza agregados, el nivel de agregación es menor que en el caso de macro modelos regionales, y sus variables se definen a nivel de origen/destino. A continuación se describen las variables más utilizadas en este tipo de modelos.

Variables socioeconómicas:

- **Población:** Se refiere a la población en el área metropolitana servida por un aeródromo/aeropuerto, y no sólo a la población de la ciudad.
- **Empleo:** El total de empleos en el área metropolitana se suele utilizar como una medida de las actividades económicas que generan o atraen viajes. Dependiendo del caso, esta variable puede estratificarse según el tipo de actividad.
- **Ingreso disponible:** Corresponde al ingreso descontados los impuestos, ya que esta variable debiera explicar mejor la demanda por viajes que el ingreso total; se mide normalmente en una base per cápita.

Variables que caracterizan la oferta de transporte:

- **Tiempo de viaje:** Nuevamente en este caso, se mide a través de la ruta más directa disponible entre el par origen-destino.
- **Distancia:** Esta variable es usada generalmente en modelos de partición modal, con el fin de estratificar la muestra más que como variable explicativa en el modelo, dada su correlación con el tiempo de viaje.
- **Frecuencia de servicio:** Esta variable sólo se mide para vuelos directos. Cuando se utilizan datos de series de tiempo para calibrar un modelo, pueden producirse sesgos, debido a que la programación de frecuencias puede depender de factores que afectan la demanda, lo que invalidaría su tratamiento como variable exógena o independiente.

Estructura de los modelos

El modelo gravitacional plantea que la cantidad de viajes entre un par origen-destino depende básicamente de las viajes generados en el punto de origen en cuestión, de los viajes atraídos en el destino y de una función de la distancia entre el par o de otra variable que mida la "resistencia al viaje" (costo, tiempo de viaje, etc.); el Anexo 5-2

contiene más detalles. Los modelos de demanda directa tienen una estructura muy simple en apariencia en que la cantidad de viajes entre un par origen-destino determinado se supone función no-lineal de las mismas variables anteriores.

Normalmente basta con las características de las áreas de influencia de las ciudades involucradas, y no es necesario incluir las características de todas las ciudades en el sistema. Lo anterior se debe a que en transporte aéreo existe poca competencia especialmente si se considera el efecto ahorro de tiempo en cada uno de los tramos al ser comparado con los medios terrestres y marítimo-fluviales y se puede asumir que el tráfico entre dos ciudades depende sólo de sus características. Sin embargo, es importante tener presente esta hipótesis cuando se usa este tipo de modelos para analizar una política de transporte determinada. Siempre se debe examinar si los cambios estructurales que ocurren en el sistema pueden afectar la demanda de viajes entre el par en cuestión, caso en que la situación debiera modelarse como un problema de elección de destino.

Calibración de los modelos

Los modelos de demanda entre pares de ciudades se pueden calibrar con datos de sección transversal o con datos de series de tiempo. Cuando se calibran con datos de sección transversal, se asume que el modelo es válido para varios pares de ciudades y para su estimación se utilizan los datos correspondientes a esos pares. Dado que cada par de ciudades tiene en realidad diferentes funciones de demanda, el análisis a nivel agregado debe efectuarse en forma muy cuidadosa. Para usar datos de sección transversal en la calibración de estos modelos, se pueden utilizar dos formas de agregar los pares de ciudades. Una posibilidad es agregarlos en base a la distancia entre ellos, separando los pares de ciudades que se encuentran a larga, mediana y corta distancia (de hecho en este último caso aparece en general el problema de competencia entre modos, que debiera enfrentarse con una modelación ad hoc; ver 5.5.5); la otra posibilidad es agregar en base al tamaño del mercado, y consiste en considerar separadamente los pares de ciudades con volúmenes de viajes altos y bajos. Esto es importante, ya que se puede demostrar que existen diferencias entre modelos estimados para los diferentes estratos, y entre éstos y uno estimado para la muestra completa.

Cuando se utilizan datos de series de tiempo, se estima un modelo para cada par de ciudades en un período de tiempo. Este tipo de análisis tiene la ventaja de producir un modelo específico para el par en cuestión, evitando así el problema de agregación anterior.

Existe gran variedad de métodos para calibrar este tipo de modelos, pero los más adecuados son los que recurren a alguna forma del método de máxima verosimilitud. La elección específica depende del software que se tenga disponible.

Validación y uso en modalidad predictiva

Es sumamente complejo validar modelos de este tipo, ya que generalmente la cantidad de información disponible para su estimación es escasa y por lo tanto no resulta

atractivo dejar parte de ella fuera del proceso como se recomendaba anteriormente. Tampoco se dispone generalmente de información completa o al nivel de detalle requerido sobre la situación o contexto de análisis en otro instante de tiempo. Por estos motivos, la validación en este caso se reduce a verificar que las elasticidades directas y cruzadas del modelo tengan un signo de acuerdo a la intuición, y que los coeficientes tengan una magnitud consistente con evidencia empírica de otros lugares.

Para predecir la demanda con estos modelos se deben producir previamente predicciones de las variables explicativas del mismo, y luego simplemente se supone que los coeficientes estimados para el año base permanecen constantes hasta el año de diseño. Esto, por supuesto, no es posible de garantizar más allá que en el relativo corto plazo, por lo que las técnicas de seguimiento y planificación continua a que se hace referencia en el Capítulo 12 adquieren particular relevancia.

- El modelo gravitacional de distribución de viajes es tiene como objetivo producir una matriz de demanda por viajes a nivel Origen-Destino. Sin embargo, uno de los supuestos de la metodología, es la construcción de la matriz por el método de máxima entropía (es decir, la matriz mas plan es la más probable).
- Dada la naturaleza de los orígenes y destinos, y la polarización de la demanda, tanto en transporte aéreo y de pasajeros, existe una pequeña posibilidad de que la matriz de demanda tenga algún grado de concentración, con muchos más viajes entre los orígenes y destinos principales, y menos en los destinos poco visitados, aun considerando vectores de generación y atracción. Para ello, se debe tener un cuidado especial al momento de utilizar estos modelos, y revisar la consistencia de los resultados minuciosamente.
- En el caso de que el Modelo Gravitacional resulte no ser adecuado para ser utilizado como modelo de Distribución Espacial de Viajes, es decir, según el criterio experto del modelador, el modelo no cumple con sus propiedades mínimas, se puede explorar la aplicación de un modelo más simple, como por ejemplo, la estimación de matrices origen destino a partir de los viajes observados, y luego aplicar tasas de crecimiento. Este último método, menos informativo y robusto, sólo debe utilizarse cuando el modelo gravitacional ya ha sido calibrado, y hay consenso entre las partes técnicas.

5.5.7 Modelos de elección discreta

Estos modelos son de tipo probabilístico y permiten estimar la proporción de mercado que elige cada alternativa en competencia. En el **Anexo 5-2** se discuten en mayor detalle.

Variables relevantes

Los modelos desagregados de elección discreta se estiman con datos a nivel individual, de manera que las variables socioeconómicas que se utilizan para explicar la demanda en este caso corresponden a las características de cada individuo y no a un promedio para la región o ciudad de interés como en los modelos anteriores. Algo análogo ocurre

con las variables que caracterizan el sistema de transporte, y que en este caso se refieren a las características del viaje que enfrentó cada individuo encuestado. Estos modelos requieren que se conozca además el conjunto de alternativas que el individuo tiene disponibles y entre las cuales realiza su elección.

Para alcanzar buenos resultados en general, y además para poder estimar las medidas requeridas para medir beneficios, es fundamental disponer de datos que permitan estratificar la muestra en forma adecuada. Aun cuando se tiene la libertad de proponer variadas estratificaciones (ver 5.3.3.a), se debe segmentar por ingreso y de acuerdo a quien paga el viaje en todos los casos.

A continuación se señalan algunas variables explicativas que han sido utilizadas con éxito en algunos estudios.

- **Variables socioeconómicas:** Ocupación de los viajeros, nivel de ingreso y número de personas que viajan juntas, son factores que inciden en la elección del modo; lo mismo ocurre con las variables sexo y edad.
- **Variables del sistema de transporte:** En la elección del modo el tiempo de acceso y egreso a aeródromos/aeropuertos son factores importantes, además de las tarifas y tiempos de viaje. También existencia de vuelos directos al destino y la frecuencia de.

Estructura de los modelos

La forma funcional más popular y más utilizada en la práctica es el modelo logit simple o multinomial (ver **Anexo 3**), debido a la simplicidad de su estructura que facilita considerablemente su estimación. No debe olvidarse, sin embargo, que este modelo tiene el problema conocido como “independencia de las alternativas irrelevantes”, que consiste en que el cociente entre las probabilidades de elección de dos alternativas sólo depende de las características de esas dos alternativas y de lo atractivas que éstas sean para el individuo. Lo anterior significa que el modelo tiene problemas cuando existen alternativas que están correlacionadas.

Una estructura alternativa, es el modelo logit jerárquico, que tiene la ventaja de permitir modelar en forma adecuada situaciones en que existen grupos de opciones correlacionadas entre sí (ver **Anexo 3**).

Calibración de los modelos

Estos modelos se pueden estimar utilizando datos sobre preferencias reveladas o sobre preferencias declaradas, obtenidos mediante encuestas a una muestra de los individuos afectados por el proyecto (ver **Anexo 2**). Existe software especializado para efectuar la estimación, tanto del modelo logit simple como del logit jerárquico.

Se ha aplicado este tipo de modelos para estimar la demanda por transporte aéreo en casos en que existe competencia entre aeropuertos o entre modos, usando datos de preferencias reveladas y de preferencias declaradas.

Se recomienda estimar modelos diferentes según el propósito del viaje, puesto que este

incide en el peso o importancia que los viajeros asignan a los diferentes atributos que caracterizan la demanda. Esto ha quedado de manifiesto en estudios que han considerado la estratificación de los viajeros; se ha encontrado que existen diferencias significativas entre la elección de viajeros de negocios y el resto de los viajeros. En particular interesa distinguir entre aquellos viajeros a quienes una empresa u organización le paga el pasaje cargándolo a costos.

Por otro lado, en relación a la elección de aeródromo/aeropuerto, también se producen diferencias en la conducta de elección entre los viajeros residentes y no residentes en la región analizada, debido a que los primeros tienen acceso a una mayor y más completa información sobre el sistema de transporte y sus alternativas, especialmente en aquellos sectores donde éstos no son regulares o donde los aeródromos/aeropuertos corresponden a destinos principalmente de extranjeros o no residentes dadas las características de las actividades productivas de la zona

Validación y uso en modalidad predictiva

Existe una serie de test estadísticos que permiten conocer desde la significancia de los parámetros del modelo hasta medir la bondad de su ajuste. Para validar el comportamiento de los modelos en modalidad predictiva se puede dejar una parte de la muestra de estimación como muestra de validación, de modo que una vez calibrado el modelo se aplique sobre estos datos y se evalúe su desempeño.

El uso de un modelo en modalidad predictiva, requiere previamente predecir el valor que tomarán las distintas variables explicativas. Los métodos a utilizar para estimar estos valores dependerán de cada variable; sin embargo, debe considerarse que la calidad de la predicción de la demanda dependerá de la precisión de las estimaciones de las variables explicativas; esta consideración también debe tenerse en cuenta al momento de seleccionar las variables independientes. Es posible también estudiar la respuesta de la demanda a cuadros evolutivos diferentes de las variables explicativas; esto da lugar a una serie de proyecciones de la demanda, que puede entregar una indicación de la incertidumbre existente.

Finalmente, cabe señalar que como este tipo de modelos entrega las probabilidades de elección de las alternativas a nivel de cada individuo, para obtener la proporción de personas que eligen cada alternativa de acuerdo al modelo, es necesario utilizar algún método de agregación de las probabilidades individuales.

5.5.8 Modelos con datos de Preferencias Declaradas

General

La técnica de “Preferencias Declaradas” (PD), es un conjunto de juicios (datos) declarados por individuos, acerca de cómo actuarían frente a diferentes situaciones hipotéticas que les son presentadas. Esta técnica, originada en la psicología matemática, tiene en común el uso de diseños experimentales para construir las alternativas hipotéticas, lo que la diferencia de la técnica de “Preferencias Reveladas” (PR), ya que ésta utiliza datos sobre situaciones observadas, es decir, situaciones “reales”. Su

objetivo es estimar funciones de utilidad para las alternativas presentes en el experimento. Por su naturaleza, la metodología de PD requiere del diseño de una encuesta con un propósito específico que depende del tipo de estudio a realizar.

Las alternativas de elección planteadas a los encuestados son, típicamente, descripciones de una situación o contexto (por ejemplo un viaje entre dos lugares con un propósito determinado y con cierto nivel de servicio) construido por el investigador, que se diferencian a través del valor que toman sus atributos.

Existen diferentes métodos de PD bajo una amplia gama de nombres, de los cuales los más conocidos son:

- Análisis conjunto ("joint analysis").
- Medición funcional ("functional measurement") -Análisis de compromisos ("trade-off analysis").

Existe cierta confusión acerca de estos métodos ya que no se ha unificado la forma de referirse a ellos, ni tampoco se ha delimitado el alcance de cada uno (ver **Anexo 5-1**). Sin embargo, los tres métodos mencionados utilizan procedimientos de diseño experimental para generar las opciones a ser evaluadas por el encuestado.

PD versus PR

Tradicionalmente, los modelos de demanda por viajes se han basado en datos sobre preferencias reveladas obtenidos a través de encuestas sobre el comportamiento real de los individuos. De esta forma, conocida la elección de cada persona y el conjunto de alternativas disponibles no escogidas por esta, es posible determinar sus preferencias de viaje, utilizando técnicas estadísticas apropiadas. Sin embargo, las PR presentan ciertas limitaciones que restringen su utilización como herramienta general; sus principales limitaciones son:

- Al observar la realidad se pueden detectar variaciones insuficientes para la adecuada calibración de modelos que incorporen todas las variables de interés.
- Las variables explicativas de mayor interés, suelen estar fuertemente correlacionadas (particularmente costo y tiempo de viaje), lo que impide obtener estimadores precisos de la importancia de cada atributo.
- Los métodos de PR no pueden utilizarse directamente en la modelación de la demanda por alternativas que no estén disponibles en el año base. Esta es una importante limitación para la utilización de las PR en la evaluación de proyectos que contemplen la introducción de nuevas alternativas de transporte.
- Los métodos de PR requieren que las variables explicativas sean expresadas en unidades cuantitativas (objetivas), lo cual dificulta la posibilidad de considerar variables secundarias (tales como seguridad, comodidad de los asientos, estética, etc.).
- A menudo es difícil determinar con certeza el conjunto de alternativas disponibles

por un individuo, debido principalmente a que en la realidad no se dispone de información perfecta.

- Suelen existir importantes errores de medición en los datos.

Frente a estas limitaciones, las PD ofrecen una metodología alternativa que permite eliminar, o a lo menos reducir, los aspectos más críticos:

- El rango de variación de los atributos (variables explicativas) puede ser extendido al nivel requerido o deseable.
- Es posible construir escenarios que reduzcan completamente la correlación entre las variables explicativas
- Es posible incorporar factores, e incluso alternativas que no están presentes en el año base del estudio.
- Los efectos de variables de especial interés, pueden ser aislados totalmente. Además, es posible incorporar fácilmente variables secundarias cuya unidad de medición sea cualitativa.
- El conjunto de alternativas disponibles puede ser pre-especificado.
- Por construcción no existe error de medición en los datos (variables independientes).

Además, existen ventajas de las PD sobre las PR con respecto al costo y tiempo requerido para el análisis. Mientras las PR suelen necesitar información adicional a las encuestas individuales (por ejemplo, el uso de modelos de redes para obtener los tiempos y costos de viaje para cada individuo), las encuestas de PD son totalmente autónomas puesto que los escenarios planteados definen completamente las variables necesarias para la modelación, lo que ahorra una gran cantidad de tiempo y otros recursos. De hecho, esta autonomía es la que elimina el error de medición en los datos (por ejemplo, al no utilizar modelos de redes en el cálculo de las variables de servicio, se evitan los problemas de agregación espacial y errores de codificación de la red).

Sin embargo, las PD también presentan desventajas frente a las PR. La más importante de todas, es que pueden existir grandes diferencias entre lo que los individuos declaran que harían en una determinada situación y lo que realmente harían si ésta se presenta. Además, existen ciertas predisposiciones (errores no aleatorios) debidas a experiencias anteriores, percepciones cotidianas de los encuestados, o interacción entre el encuestador y los encuestados, que pueden distorsionar la información obtenida a través de una encuesta de PD (ver Anexo 2).

- Para realizar un levantamiento de datos para la utilización de metodologías de Preferencias Reveladas, es necesario contar con los niveles de servicio de los distintos modos disponibles para la elección de los usuarios -en el caso particular de las encuestas de Preferencias declaradas, el diseñador de la encuesta puede proponer los niveles de servicio que le sean relevantes de las alternativas disponibles-.

- Los niveles de servicio de Preferencias Reveladas, donde el viaje efectivamente fue realizado por el encuestado, se pueden obtener de dos fuentes:
- Catastro y modelación: De esta forma, los niveles de servicio son obtenidos de un levantamiento de información de las distintas alternativas de transporte de los usuarios. Las tarifas o tiempos de espera y caminata son en general de fácil medición, pero otros atributos, como el tiempo de viaje, en especial cuando se desarrolla en redes complejas, necesitan una modelación acorde. La ventaja de este método es que simplifica la encuesta, obteniéndose menores errores muestrales.
- Pregunta directa: Con este método, al encuestado se le pregunta directamente sobre los atributos de servicio del modo escogido. La ventaja, principal es una obtención directa de información de parte del usuario, lo que aumenta la representatividad de los niveles de servicio obtenidos. Las principales desventajas de este método, es el sesgo a números cerrados de la respuesta (es decir, si el viaje duró 4:22 min, el encuestado tenderá a reportar cuatro horas y media), y que no es posible preguntar por los niveles de servicio de los modos alternativos que no fueron usados, por lo que forzosamente se deberá catastrar el resto de los modos.
- Dadas las limitaciones de la pregunta directa, es recomendable contar con un buen catastro de niveles de servicio para la realización de encuestas de Preferencias Reveladas. Un detalle para tomar en consideración, es que las tarifas para el modo avión tienen una dispersión muy alta como para ser tomadas por simple catastro (estas dependen de la temporada, duración del viaje, antelación de la compra, cabina, clase tarifaria, etc.), y se recomienda, siempre que sea posible, obtenerlas por pregunta directa a los usuarios, y en base a ella, aproximar las tarifas de transporte aéreo para los usuarios que no hayan elegido dicha alternativa.

Calibración y validación de modelos

Si sólo se dispone de datos de PD, la calibración depende del método de recolección de información que se haya utilizado (ver **Anexo 2**). Normalmente, sin embargo, es deseable contar además con información de PR y estimar modelos mixtos (ver **Anexo 3**). En este caso la técnica de estimación es altamente compleja debiéndose tener sumo cuidado, ya que es posible obtener resultados aparentemente correctos, que no lo son necesariamente.

Para validar los modelos se puede utilizar la misma batería de test estadísticos disponibles en general para el caso de modelos de elección discreta.

6. MODELACION

6.1 Objetivos

Los objetivos de la modelación son los siguientes:

- Determinar el probable comportamiento futuro de los operadores de transporte aéreo comercial de servicio regular, definido como Tipo A en 2.3 del Capítulo 2, en el sentido de si resultará rentable para ellos operar servicios de transporte aéreo en las situaciones sin y con proyecto, para cada corte temporal; a partir de esta modelación se obtiene el material de vuelo que será utilizado, las tarifas y frecuencias.
- Determinar la probable evolución futura del resto de la demanda, esto es, los tipos B hasta H, en términos de número de operaciones (despegues o aterrizajes) por unidad de tiempo.
- Calcular la demanda total en términos de frecuencia o número de operaciones de aeronaves, esto es, de solicitud sobre la infraestructura.
- Establecer si los distintos elementos del diseño físico del proyecto realmente poseen la capacidad de atender el flujo esperado con el nivel de servicio deseado.
- Determinar los valores de las variables de servicio, para las situaciones sin y con proyecto en cada corte temporal; éstas se refieren principalmente a tiempos necesarios para realizar cada operación.
- Verificar la consistencia de los resultados de la modelación con los supuestos de los modelos de demanda definidos en el Capítulo 5; se deberá iterar si es necesario.

6.2 Operaciones Comerciales de Servicio Regular

La ejecución de un proyecto de inversión en infraestructura aeroportuaria posibilita un cambio en los patrones operacionales de las líneas aéreas, mediante el levantamiento de restricciones operacionales. Estos cambios pueden referirse al aumento en la tasa de ocupación de la capacidad de carga (manteniendo el tipo de avión), al cambio del tipo de avión utilizado, y/o a modificaciones en los itinerarios, tarifas y frecuencias de vuelo.

Sin embargo, la ejecución del proyecto no garantiza que estos cambios efectivamente se producirán. Para que ello ocurra es necesario que las nuevas condiciones de operación constituyan una alternativa rentable para las líneas aéreas.

Para ilustrar el efecto anterior, supóngase que en dos ciudades hipotéticas razonablemente

distantes, existen aeropuertos del más alto estándar en términos de características geométricas y capacidad de soporte de pistas, calles de rodaje y plataformas, así como en calidad, amplitud y equipamiento de los edificios terminales y accesos terrestres. Supongamos además que el uso de esta infraestructura es gratuito. Obviamente, en este caso el tipo de material de vuelo que utilizarán los operadores estará condicionado únicamente por los costos operacionales de los aviones, las características de la demanda y la calidad y precio de los modos competitivos.

La opción central de la aerolínea es el tamaño de avión a utilizar. Al aumentar el tamaño de avión, se reduce el costo por asiento-Km., lo cual permite ofrecer tarifas más bajas, atrayendo una mayor demanda.

Sin embargo, si esta mayor demanda no es suficiente para lograr tasas de ocupación adecuadas, la aerolínea deberá reducir frecuencia y/o aumentar las tarifas, con lo cual perderá demanda. Este modelo puede formalizarse matemáticamente. En algunos casos, puede no existir un punto factible de operación para un tamaño determinado de avión o, incluso, para ninguno de los tamaños propios de la aviación comercial.

El análisis anterior es especialmente atinente al caso chileno, por cuanto la población que habita las regiones lejanas -donde el transporte aéreo es un modo realmente relevante- es escasa, y los flujos de tráfico resultante son de baja intensidad.

Para completar la predicción, resulta necesario hacer supuestos y proyecciones acerca de los cargos por uso de infraestructura que deben ser pagados por los operadores aéreos. También se requiere hacer supuestos acerca de las tarifas de equilibrio que prevalecerían en el mercado en el largo plazo.

La estimación de las tarifas de equilibrio se realiza a partir de un análisis de los costos operacionales de diferentes categorías de aviones, cada uno de los cuales tiene requerimientos aeroportuarios diferentes; las categorías utilizadas son las indicadas en el Capítulo 10, en el cual se expone que existen importantes diferencias de costos entre tipos de avión.

En la determinación de tarifas futuras deberá tomarse en cuenta las características del mercado de transporte aéreo en Chile, en el sentido que en algunas rutas puede existir competencia imperfecta, por la baja densidad de los flujos de tráfico y la existencia de economías de escala.

Debe mencionarse que en el caso que la infraestructura resulte restrictiva para cierto tipo de aviones, las empresas aéreas pueden decidir entre operar aviones diseñados para aeropuertos limitantes, los cuales tienen costos necesariamente mayores, u operar aviones de mayor tamaño con algún tipo de restricciones, tales como una menor carga de pago, un menor alcance, o bien, mayores costos de mantención. En ambos casos, sin embargo, se incrementan los costos operacionales con respecto a una situación sin restricción.

El hecho de utilizar los costos de operación de aviones diseñados para condiciones aeroportuarias restrictivas, constituye un método de estimación de los mayores costos de operación atribuibles a deficiencias de los aeropuertos; si los costos de operar aviones de mayor tamaño bajo condiciones restrictivas fuesen mayores que los de operar aviones menores, las empresas deberían incorporar a estos últimos en su flota. Si, por el contrario, operar aviones mayores restringidos fuese preferible a utilizar aviones especiales, estos últimos no tendrían justificación en el mercado.

El análisis anterior, pese a su complejidad, no es aún completo. En efecto, se requiere además predecir las condiciones de operación en cada aeropuerto, en especial los niveles de congestión, que inciden en los costos operacionales de las líneas aéreas y en la calidad del servicio percibida por los usuarios. Se requiere, por lo tanto, formular un modelo de equilibrio simultáneo que sea capaz de predecir, para cada supuesto sobre las restricciones aeroportuarias. Los niveles finales de costos de operación, tipo de aeronave, frecuencias, tarifas, niveles de servicio y volúmenes de demanda.

Una vez obtenido el equilibrio planteado, se determinará a partir del mismo, el tipo de material de vuelo que operará; este sirve de base para los cálculos de costos en la sección 10.2, y el número de operaciones comerciales en el aeropuerto, que a su vez sirve de base para los cálculos de capacidad de instalaciones presentados en este mismo capítulo.

6.3 Otras Operaciones

Estas operaciones comprenden las indicadas en el segundo objetivo del punto 6.1. El estudio de demanda realizado según lo expuesto en la sección 5.4, a partir de la información estadística histórica, entregará directamente el número de operaciones por unidad de tiempo correspondientes a estos tipos de aeronaves, para cada corte temporal, incluyendo los flujos horarios máximos esperables, para cada corte temporal, que es un dato relevante para el análisis desde el punto de vista de capacidad.

6.4 Capacidad de la Infraestructura Aeroportuaria

a) Pistas y calles de rodaje

La capacidad de la pista se refiere a la aptitud de un sistema de pista para acomodar aterrizajes y despegues de aviones. Se expresa en operaciones por unidad de tiempo; por ejemplo, operaciones por hora u operaciones por año.

Un sistema de pista única puede acomodar sólo un avión en un momento dado. La capacidad de la pista y por lo tanto de un aeródromo de pista única, es totalmente dependiente del tiempo de ocupación, o de la separación mínima entre aviones requerida por la reglamentación de tráfico aéreo. Los tiempos mínimos de ocupación varían según tipo de avión, aumentando en función de su tamaño entre otros factores.

En muchos de los aeródromos nacionales, dado el bajo número de operaciones adicional y previsible a futuro, incluso a largo plazo, no existe un problema de capacidad de pista; esta siempre estará muy excedida a las necesidades. Sin embargo, a título referencial, se señala más adelante la capacidad aproximada de la pista en condiciones ideales.

El análisis de la capacidad del campo aéreo, considera cual sería esta potencialmente. El procedimiento aplicado para determinar la capacidad aproximada de la pista, es el desarrollado por la Federal Aviation Administration (FAA).

Hay una gran cantidad de factores que influyen en la capacidad de un sistema de pista. Estos factores pueden ser agrupados en aquellos relativos a control de tráfico aéreo, características de la demanda, condiciones ambientales de las vecindades del aeropuerto y configuración del sistema de pista.

En el documento FAA (1982), figuran las capacidades aproximadas de pistas de aterrizaje. El volumen de servicio anual y la capacidad horaria, se señalan para diversas configuraciones de pista.

Publicaciones especializadas de la FAA, OACI e IATA, presentan valores que permiten establecer un marco referencial. Condiciones visuales (VFR), aviones livianos, rodajes de salida múltiples a 30° y 90°, operaciones mixtas (aterrizajes y despegues). Capacidad 80 operaciones / hora. Configuración sin calles de salida de pista de alta velocidad (a 30° ó 45°). Capacidad 30 operaciones / hora. Configuración sin calle de rodaje paralelo. Capacidad 15 operaciones / hora.

Cuando el flujo real que solicita un aeropuerto se aproxima a la capacidad, pueden producirse demoras ya sea en los despegues o en los aterrizajes. La bibliografía mencionada contiene métodos para predecir estas demoras.

b) Plataforma de estacionamiento de aviones

Debe proveerse una plataforma de estacionamiento de aviones frente al edificio terminal de pasajeros para el embarque y desembarque de pasajeros y para que las operaciones de servicio a las aeronaves puedan hacerse sin obstaculizar el tránsito del aeródromo.

El área total de la plataforma debe ser suficiente para permitir el movimiento expedito de aeronaves, vehículos de servicio, de carga y descarga, equipaje, etc., en la hora típica de mayor movimiento actual y previsto para el aeródromo. De existir una superficie suficiente en la plataforma de estacionamiento de aviones, ello repercutirá en las operaciones del aeropuerto, produciéndose demoras.

En la plataforma de estacionamiento de aviones se distinguen posiciones remotas y estructurales. Las primeras son aquellas en que el avión se ubica separado del edificio terminal, entrando y saliendo por sus propios medios a la posición de estacionamiento. En las posiciones estructurales el avión se estaciona frente al edificio terminal; en este caso el avión llega a estacionar por sus propios medios, sin embargo a la salida es remolcado hasta un punto en que puede operar por sus propios medios.

Los aviones tienen distintas necesidades de espacio debido a sus dimensiones diferentes. Los requerimientos particulares de cada avión, son los señalados en el Cuadro N° 6.1.

Cuadro N° 6.1: Requerimientos de superficie de estacionamiento

MATERIAL DE VUELO	AUTOPROPULSADOS	REMOLCADOS
<i>B-727</i>	<i>3.600 m²</i>	<i>2.000 m²</i>
<i>B-737</i>	<i>3.000 m²</i>	<i>1.600 m²</i>
<i>B-707</i>	<i>4.900 m²</i>	<i>3.025 m²</i>
<i>B-767</i>	<i>5.625 m²</i>	<i>3.600 m²</i>
<i>B-747</i>	<i>9.900 m²</i>	<i>5.600 m²</i>

Estos valores tienen implícita la mantención de todas las separaciones necesarias al edificio, a las puntas de ala de los aviones vecinos y a cualquier objeto fijo, cuando la aeronave se desplaza autopropulsada.

c) Edificio terminal de pasajeros

La determinación de las necesidades de espacio en un terminal de pasajeros está en estrecha relación con el nivel de servicio deseado. Para determinar las necesidades de espacio del edificio terminal, deben considerarse dos criterios:

- Identificación de la superficie mediante el volumen y tipos de pasajeros que la utilizará. El volumen se puede considerar, ya sea como el tráfico anual de pasajeros, o bien el volumen horario definido por el término “pasajeros en hora-punta típica”. Los tipos de pasajeros se identifican de acuerdo a las siguientes características: internacionales o nacionales; llegados o salidos; con o sin equipaje facturado; modo de acceso al aeropuerto; vuelos regulares o charter, y de acuerdo a algunas características que pueden ser de importancia en cada aeropuerto en particular.

- Identificación de las necesidades de espacio, mediante la distribución de la superficie de acuerdo con las funciones a desarrollarse en ellas: áreas de uso público, de uso restringido a pasajeros, etc.

Al respecto debe tenerse en cuenta las características del movimiento aéreo comercial en todos los aeródromos/aeropuertos del país. Todos ellos tienen concentrado el movimiento aéreo en unas pocas horas al día; incluso algunos no tienen servicio diario. También, en general, se trata de movimiento nacional; el tráfico internacional es poco relevante. Obviamente la excepción a lo expresado, lo constituye el Aeropuerto Arturo Merino Benítez, al cual debe darse un tratamiento especial.

Así, para todos los aeródromos / aeropuertos con movimiento comercial, con la excepción señalada, es suficiente un análisis por zonas principales.

Se debe determinar los requerimientos de las instalaciones a partir de la demanda pronosticada para la hora punta típica. Los requerimientos se determinarán en base a las normas basadas en recomendaciones de OACI, FAA y IATA, considerando la experiencia obtenida de diversos estudios realizados en los cuales se han adaptado las citadas normas a condiciones locales. Se debe considerar las características de la demanda en hora punta típica en base al número de aeronaves, número de pasajeros, volúmenes de transporte terrestre y relación entre pasajeros y visitantes (acompañantes) (ver Capítulo 5). Estos resultados deben ser empleados para determinar la distribución del espacio en el edificio terminal, tanto en las áreas públicas como privadas. Esto incluye espacio para las operaciones de las aerolíneas, mostradores para el chequeo de pasajes, reclamo de equipaje, salas de espera, concesiones, espacio para los servicios públicos y de administración.

En relación al edificio terminal de pasajeros se debe considerar su uso por servicios

internacionales, aparte de los servicios nacionales, de ser pertinente.

Para la determinación de la superficie total, se debe aplicar el estándar definido de m^2 /pasajero en hora punta típica. Para efectos de establecer el PHPT debe obtenerse la estadística anual de movimiento horario de pasajeros del aeródromo / aeropuerto en cuestión y ordenar éste de mayor a menor. El volumen de pasajeros en la hora 40 más cargada es el valor a considerar.

Normalmente, las situaciones con proyecto contemplarán edificios terminales dimensionados de acuerdo a lo señalado precedentemente, los cuales tienen asociado un tiempo de servicio estándar. Sin embargo, para la situación base o para la situación actual, las dimensiones pueden ser insuficientes, por lo cual deberá modelarse las demoras debidas a las situaciones de congestión que efectivamente se produzcan, mediante un modelo basado en técnicas de teoría de colas. Para ello, puede consultarse la normativa FAA e IATA vigentes. Condensaciones de las normas de los documentos anteriores se pueden encontrar en los libros clásicos de Ashford y Wright (1979) y Horonjeff y McKelvey (1983).

En líneas generales, la información básica encontrada en estas publicaciones va referida casi exclusivamente a parámetros relacionados con pasajeros en hora punta típica. Unas veces suponen al parámetro a analizar independiente del volumen de tráfico total o por hora, tratado en el terminal, dando valores únicos que se suponen medios, y otras, por el contrario, suponen los parámetros dependiendo del tráfico tratado en el terminal, y por lo tanto de la importancia del aeropuerto.

El número de pasajeros en hora punta típica es un factor variable en el tiempo. Por esta razón, la modelación mencionada debe realizarse para todos los cortes temporales de interés.

d) Acceso terrestre al aeropuerto

La modelación de demanda (Capítulo 5) ha establecido el modo de transporte utilizado en el acceso y egreso del aeropuerto. Ello permitirá estimar flujos de vehículos terrestres desagregados por tipo. La modelación deberá establecer los tiempos medios de permanencia de estos vehículos, estimando espacios de estacionamiento necesarios para buses, taxis, automóviles de-alquiler sin chofer, automóviles privados de corta y larga estadía.

Las áreas de estacionamiento, de circulación al interior del recinto del aeropuerto, y de detención para tomar o dejar pasajeros deberán ser diseñadas y modeladas de acuerdo a lo

establecido en las normas aplicables a la vialidad urbana, en especial el Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana.

El acceso desde el recinto del aeropuerto hacia la vialidad terrestre deberá diseñarse de acuerdo a las normas de diseño vial urbano o rural, según corresponda. La modelación de demanda (Capítulo 5) indicará los flujos que cabe esperar en el camino de acceso, considerando que se producirán viajes no sólo de los pasajeros sino también de sus acompañantes, el personal de las líneas aéreas, personal del aeropuerto, personal militar, personas relacionadas con la aviación general. etc.

6.5 Situaciones Especiales

a) Aeródromos pequeños

Los proyectos que se plantean para este tipo de aeródromos representan generalmente inversiones de pequeño monto en comparación con las necesarias en aeropuertos mayores, por lo cual la situación normal será decidir sobre su ejecución a partir de la evaluación en etapa de perfil, sin necesidad de realizar estudios de prefactibilidad.

Normalmente, en estos aeródromos no opera la aviación comercial de servicio regular (Tipo A), ni tampoco la aviación militar (Tipos G y H), quedando los usuarios reducidos a los cinco tipos restantes.

Un punto central en el análisis será obtener un registro histórico del número de operaciones de cada uno de estos grupos en el pasado reciente, así como su probable evolución futura, utilizando el método señalado en 5.3, letra b). Para ello se recurrirá a las estadísticas, cuando éstas existan. En el caso de aeródromos no controlados, deberá realizarse una estimación de su movimiento basado en encuestas o entrevistas a usuarios y/o habitantes del lugar.

Una vez realizado lo anterior, resultará posible estimar beneficios económicos derivados de la utilización del proyecto por parte de los usuarios tipo B, C, D y E.

b) Aeropuertos nuevos

En el caso de aeropuertos totalmente nuevos, la primera tarea, una vez que el análisis a nivel de idea ha conducido a resultados satisfactorios, consiste en realizar el estudio técnico de emplazamientos alternativos que satisfagan las normativas aeronáuticas sobre aproximaciones, obstáculos y otras materias afines. Ello se debe a que en Chile los

emplazamientos posibles son escasos, de modo que las restricciones técnicas adquieren un carácter dominante.

Una vez definidos los emplazamientos alternativos (o el único, si es el caso), deberá definirse la situación base contra la cual se contrastará el proyecto. Normalmente esta situación base contemplará el uso de uno o más aeropuertos cercanos a aquel en estudio, complementados por transporte terrestre. El resto del análisis es el mismo que para un proyecto en un aeropuerto existente, esto es, todos los emplazamientos técnicamente factibles deberán ser evaluados.

7. DISEÑO FÍSICO Y OPERACIONAL

7.1 Normas y Recomendaciones

En general, para todo lo referente al diseño de aeródromos/aeropuertos cuando corresponda, entre otras, se debe emplear las normas y recomendaciones señaladas en el Anexo 1, en la versión vigente (se hace presente que algunos de estos documentos son actualizados regularmente). Los principales sitios de consulta se indican también en el Anexo 1.

7.1.1 Áreas de intervención

Como se señaló en el **Capítulo 2**, en todo aeródromo/aeropuerto se distinguen claramente dos áreas, según el área de intervención donde se sitúa el proyecto, la macro tipificación es la siguiente:

- Lado Aire (Air Side), comprende el espacio aéreo de las superficies limitadoras de obstáculos y área de movimiento. En lo principal esta última incluye la infraestructura horizontal-pistas, calles de rodaje y plataformas de estacionamiento de aviones.
- Lado Tierra (Land Side), incluye los edificios terminales de pasajeros y carga, edificios dependencias de la DGAC, áreas de circulación y otros elementos.

El desarrollo de cada área requiere de proyectos específicos, que deben estar debidamente coordinados. Entre dichos proyectos hay algunos que son fundamentales para el funcionamiento del aeropuerto/aeródromo bajo determinadas condiciones y por tanto, no están sujetos a evaluación costo beneficio, sino más bien a una evaluación social de tipo costo-eficacia. En este caso se encuentran:

- Edificios Administrativos y Logístico DGAC, Casino para el personal DGAC (cuando debido a localización y mercado no es posible satisfacer la necesidad).
- Dependencias para los servicios de tránsito aéreo y equipamiento asociado; incluye Torre de Control (TWR)
- Subestación Eléctrica
- Radio ayudas y Ayudas Visuales Luminosas
- Edificio para el Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI)
- Seguridad Aérea (referida tanto a Safety y Security en sus acepciones en inglés)
- Conservación
- Normalización o cumplimiento de normativa aeronáutica.
- Cumplimiento de normativas nacionales del tipo sanitaria, ambiental, de electricidad y combustibles, accesibilidad para personas con discapacidad, entre

otras.

Estos elementos son necesarios para el desarrollo de las operaciones aéreas según el tipo de tráfico de acuerdo a normas de los organismos competentes, para la existencia de un aeropuerto/aeródromo aunque no producen beneficios en sí mismos.

7.2 Nivel de Análisis

7.2.1 Etapa de Perfil

Considerando que en esta etapa es más relevante la amplitud de la búsqueda que el detalle o precisión de los diseños, las alternativas de solución de la infraestructura y su diseño se desarrollan a nivel de diseño conceptual, o cuando proceda presentar las alternativas en forma de esquemas o bosquejos con dimensiones principales. En general, en la etapa de perfil se puede trabajar en base a información técnica existente, debiendo acompañar una explicación de las obras a ejecutar y su justificación.

Para un estudio en etapa de perfil, en el desarrollo del diseño de las alternativas a nivel conceptual se debe considerar cuando corresponda lo siguiente:

Analizar, si corresponde, obstrucciones a las superficies limitadoras de obstáculos en base a cartografía existente del Instituto Geográfico Militar (IGM), o levantamiento confeccionado a partir de sistemas de información geográfica con visualización en tres dimensiones (como por ejemplo Google Earth Pro), que permita clarificar la solución o problema y visualizar su factibilidad física.

- Efectuar, de ser necesario, las eventuales modificaciones al Plan Maestro o Plan Regulador sobre la base del existente.
- Trabajar en base a levantamientos topográficos existentes, de ser necesario realizar ampliaciones de estos, no realizando topografía alguna.
- Realizar, de ser necesario, un catastro y diagnóstico general del estado de la infraestructura vertical, horizontal o de servicios que permita identificar las condiciones base para el estudio de las soluciones.
- Trabajar con información geotécnica existente, no efectuando calicatas ni ensayos de suelos.
- Utilizar cuando corresponda la técnica del benchmarking para proponer soluciones.
- Utilizar para el cálculo de superficies del terminal de pasajeros estándares de m² por pasajero.
- Dibujar planos de planta a nivel conceptual a la escala adecuada y de ser necesarios cortes típicos de los elementos a intervenir u otros que permitan clarificar la solución o problema.
- Acompañar una explicación de las obras a realizar y su justificación con el detalle

suficiente para que no haya equívocos.

- Estimar los volúmenes de obras según partidas principales, que permitan calcular globalmente o de manera general los costos de inversión, definiendo el porcentaje de imprevistos de acuerdo a la realidad local.
- Analizar obstrucciones del espacio aéreo dentro de las superficies limitadoras de obstáculos.
- Analizar, cuando corresponda, cambios ya realizados o proyectados de la flota de aeronaves que utilizará el aeródromo/aeropuerto.
- Analizar, cuando corresponda, posibles necesidades de expropiaciones.

7.2.2 Etapa de Prefactibilidad

Considerando que se debe afinar las alternativas de solución de la infraestructura propuesta e identificadas en la etapa de perfil, se requiere que el diseño sea desarrollado a nivel de anteproyecto, es decir ingeniería básica.

El nivel de detalle del anteproyecto o ingeniería básica debe ser tal que determine sin lugar a dudas, la capacidad y funcionalidad de la infraestructura propuesta, los flujos, la resistencia y calidad de los materiales principales, los equipos, los sistemas de proceso, las instalaciones, el alhajamiento y el nivel de terminación en general. Ello con el propósito que los espacios, superficies, soluciones, calidad de los materiales, de las terminaciones, de los equipos e instalaciones sean definidas con la mayor claridad para facilitar la toma de decisiones para las etapas siguientes.

En el caso de estudios en etapa de prefactibilidad cuando corresponda se debe:

- Analizar obstrucciones a las superficies limitadoras de obstáculos en base a cartografía existente, cartas del IGM, o levantamiento confeccionado a partir de sistemas de información geográfica con visualización en tres dimensiones (como por ejemplo Google Earth Pro), que permita clarificar la solución o problema.
- Efectuar, si es necesario, las eventuales modificaciones al Plan Maestro o Plan Regulador sobre la base del existente.
- Realizar, si es necesario, los levantamientos topográficos requeridos para identificar el problema y plantear una solución adecuada.
- Realizar, si es necesario, un catastro y diagnóstico detallado del estado de la infraestructura vertical, horizontal o de servicios que permita identificar las condiciones base para el estudio de las soluciones.
- Realizar cuando corresponda los estudios geotécnicos y de mecánica de suelos necesarios para identificar el problema y plantear una solución adecuada.
- Realizar, si es necesario, el cálculo de superficie del edificio terminal de pasajeros de acuerdo a normativa vigente por área o proceso.
- Dibujar planos de planta, cortes, elevaciones, perfiles longitudinales, transversales

u cualquier otro plano que permita identificar con claridad y mayor detalle que la etapa anterior el problema o solución.

- Realizar para mayor claridad en el caso de un edificio terminal de pasajeros planos de zonificaciones y flujos de pasajeros y equipaje.
- Describir las obras en forma detallada.
- Preparar especificaciones técnicas generales para el desarrollo de las obras.
- Cubicar los volúmenes de obras según partidas principales en m², m³ o unidad según corresponda, con mayor detalle que la etapa de perfil.
- Calcular los costos de inversión para las partidas principales a partir de la definición de precios unitarios, agregando partidas por contingencias y gastos generales y utilidad del contratista.
- Analizar obstrucciones del espacio aéreo dentro de las superficies limitadoras de obstáculos.
- Analizar, cuando corresponda, cambios ya realizados o proyectados de la flota de aeronaves que utilizará el aeródromo/aeropuerto.
- Analizar, cuando corresponda, de posibles necesidades de expropiaciones.

7.2.3 Etapa de Factibilidad

Considerando que esta etapa está orientada a estimar con mayor precisión los costos de inversión, operación y mantenimiento realizando para ello un anteproyecto avanzado o ingeniería de detalle de la alternativa recomendada en la etapa de prefactibilidad, se deberá realizar todos los estudios necesarios indicados anteriormente u otros adicionales con un nivel de detalle que permitan determinar de manera certera la rentabilidad socioeconómica de la alternativa en estudio.

Para cada etapa detallada anteriormente, ya sea de Perfil, Pre Factibilidad o Factibilidad, las escalas de los planos generales, de cortes, perfiles, elevaciones, seccionales o de detalles, ya sea de topografía, espacio aéreo, infraestructura vertical, infraestructura horizontal, instalaciones, servicios, Plan Maestro, o cualquier otra información, deberá ser la adecuada para que sea posible identificar sin lugar a dudas el diagnóstico, problema o solución, en lo que corresponda a áreas, volúmenes, interferencias, impactos, obstrucciones, zonificaciones, flujos, entre otras, acorde al nivel de análisis en que se encuentre.

7.2.4 Plan Maestro

Un Plan Maestro aeroportuario, corresponde a un estudio integral compuesto por un conjunto de planos y documentos, que regulan y relacionan el crecimiento de la infraestructura aeroportuaria y su entorno, considerando en su diseño las normativas territoriales y aeronáuticas que correspondan.

El objetivo de un Plan Maestro es conocer los escenarios de desarrollo aeroportuario y definir una estrategia acorde, tanto en gestión como inversión, proporcionando un plan de

expansión de la infraestructura horizontal y vertical, con el fin de responder adecuadamente a la proyección de demanda.

Como parte de los elementos que componen un Plan Maestro, se encuentran los Planos Reguladores, los cuales grafican la configuración, emplazamiento y tamaño de las instalaciones físicas para las distintas etapas constructivas, derivadas del estudio de la demanda, de la capacidad, requerimientos de instalaciones y de los planes de inversiones, que se establecen para las fases de crecimiento de corto, mediano y largo plazo.

En el caso de existir tal instrumento, al momento de cambios, mejoramientos o ampliaciones en la infraestructura, ésta se debe ajustar al Plan Maestro o Regulador vigente.

7.3 Diseño de Infraestructura del área de movimiento (Lado Aire o Air side)

La infraestructura horizontal asociada al área de movimiento es principalmente la siguiente: pistas y sus requerimientos asociados como márgenes, franja, RESA, zonas libres de obstáculos, zonas de parada, zonas de protección al chorro; calles de rodaje con sus márgenes y franjas; apartaderos de espera; áreas de viraje en pista; salidas rápidas; plataformas de estacionamiento de aviones, puestos de estacionamiento aislado de aeronaves; calle aeronáutica, camino perimetral, caminos de acceso de emergencia.

Todos los aspectos de planificación y diseño aeroportuarios y aeronáuticos del área de movimiento de aeronaves están definidos en los diferentes documentos normativos de la DGAC, OACI, FAA, NATO según corresponda, y dependerán de la clave de referencia y los distintos niveles de actuación de cada pista.

Los requerimientos para el sistema de pista/calles de rodajes/plataforma de estacionamiento de aviones y carga, se deben establecer sobre la base de las características físico-mecánicas del suelo de fundación, demandas determinadas y dando debida atención a consideraciones de tipo operacional, seguridad y ambiental.

Además se debe considerar las Ayudas visuales para la navegación aérea y radio ayudas descritas y especificadas en el DAR-14 que considera las recomendaciones de OACI y también las normas de la FAA, en función de la categoría de cada aeródromo/aeropuerto. Al respecto se debe considerar las edificaciones u obras necesarias para su habilitación.

7.3.1 Diseño de Infraestructura del Lado Tierra (Land side)

7.3.1.1 Terminal de Pasajeros

La superficie útil del edificio terminal de pasajeros, entendida como el área de ocupación de un edificio que no incluye el grosor de las paredes, tabiques o cualquier otra infraestructura, se define a partir de la demanda de pasajeros del año de diseño (con diferentes niveles de desagregación dependiendo de la profundidad del análisis e información disponible) y nivel de servicio definido.

El nivel de servicio corresponde a un rango de valores con que se evalúa la capacidad de satisfacer la demanda. El rango de nivel de servicio que se utiliza va desde A hasta F según lo definido por la International Air Transport Association (IATA). La DAP ha establecido como criterio el nivel de servicio C para el diseño de los edificios terminales de la red primaria y el nivel D para los edificios terminales de la red secundaria (ver **Anexo 4-4 Red Aeroportuaria Nacional**). El nivel C se define como bueno, condiciones de flujo estable, cantidad de retrasos aceptables, comodidad buena. El nivel D se define como servicio adecuado, condiciones de flujo inestable, cantidad de retrasos aceptable por cortos periodos de tiempo, comodidad adecuada.

Normativamente a nivel de ingeniería básica y de detalle la superficie mínima del terminal de pasajeros se determinará a partir de la demanda pronosticada para los pasajeros en la hora punta típica (PHPT), en base a las normas contenidas en el Capítulo 5 del “Manual de Desarrollo Aeroportuario Terminal de Pasajeros” (MADEAR en adelante), de la DAP, en la versión vigente. Se debe considerar las características de la demanda en hora punta típica en base al nivel de servicio, al número de aeronaves, número de pasajeros, volúmenes de transporte terrestre y relación entre pasajeros y visitantes (acompañantes), entre las más relevantes.

La metodología aplicada para definir y dimensionar la infraestructura se basa en la utilización de la cantidad de pasajeros en hora punta, que se define en base a datos históricos de estudios de demanda.

De acuerdo a estándares internacionales, aplicados por la DAP en su metodología, se emplearán los datos obtenidos en la hora 30 y hora 40:

En el Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago (AMB) se utiliza la **Hora 30**, que es la proyección de la 30° hora de mayor congestión de pasajeros durante el período de un año (**PHP-H30**), ya que este corresponde a un Terminal de carácter Internacional.

En Aeropuertos Regionales se utiliza la **Hora 40**, que es la proyección de la 40° hora de mayor congestión de pasajeros, durante el período de un año (**PHP-H40**). En los aeropuertos regionales se aplica un nivel menor de exigencia debido a la menor demanda de pasajeros y a que atienden principalmente tráfico doméstico el cual demanda menores recursos físicos que el tráfico Internacional.

Cuando corresponda, el cálculo se realizará para los siguientes componentes del edificio:

- Andén de embarque
- Hall de salidas
- Counters de check-in incluyendo área de espera
- Módulos de chequeo automático incluyendo área de espera
- Control de pasaportes emigración y área de espera
- Control de seguridad aeroportuaria-AVSEC y área de espera
- Salas de embarque

- Pago de reciprocidad y área de espera
- Control de pasaportes inmigración y área de espera
- Cintas de retiro de equipaje y área de retiro de equipaje
- Control SAG-Aduanas y área de espera
- Hall de llegadas
- Andén de desembarque
- Restaurantes
- Otras áreas (Comercio, instalaciones de aerolíneas y organismos gubernamentales, etc.)
- Recintos técnicos (salas eléctricas, salas de corrientes débiles, salas de climatización, salas equipos de agua, etc.)

Además de las superficies de estos recintos e instalaciones asociadas, se debe agregar aquellas correspondientes a áreas auxiliares, como circulaciones, circulación vertical, oficinas de turismo y administración, etc.,

Si bien a través de la normativa se define el área mínima necesaria del edificio terminal de acuerdo a la demanda definida, para la superficie final y su planimetría se debe tener en cuenta las características particulares del movimiento aéreo comercial de cada aeródromo/aeropuerto, aspectos climáticos que condicionan los tiempos de espera y áreas cubiertas, si corresponde a nueva infraestructura o se trata de una remodelación o ampliación condicionada muchas veces entre otros por factores estructurales, condicionantes del entorno, la configuración de estacionamientos en plataforma, porcentaje de pasajeros remotos o por puente de embarque, ubicación del acceso al aeropuerto u otra variable a nivel de Plan Maestro o Regulador, normativas adicionales producto de otras variables particulares como por ejemplo niveles relevantes de narcotráfico o actos ilícitos, entre otros.

De existir información, para la determinación de la superficie total mínima en estudios en etapa de perfil, es posible aplicar el estándar definido de m^2 /pasajero en hora punta típica (PHPT). Para efectos de establecer el PHPT debe obtenerse la estadística anual de movimiento horario de pasajeros del aeródromo/aeropuerto en cuestión y ordenar éste de mayor a menor. El valor a considerar (ver **sección 5.4.b del Capítulo 5**) en el caso de un aeródromo/aeropuerto regional serán los PHPT: hora 40 más cargada y en el caso especial del Aeropuerto Arturo Merino Benítez: PHPT: hora 30. Este procedimiento también es útil para verificar el resultado del cálculo detallado de superficies.

7.3.1.2 Puentes de embarque

Los puentes de embarque son utilizados para facilitar el flujo de pasajeros y el funcionamiento del terminal de pasajeros respecto a lo siguiente:

- Mejorar la accesibilidad para personas con movilidad reducida y se evaluará con

enfoque costo eficacia.

- Reducir los tiempos de embarque/desembarque de pasajeros y se evaluará con enfoque costo beneficio.
- Mejorar la seguridad de pasajeros y funcionarios y se evaluará con enfoque costo eficacia.
- Mejorar la calidad de servicio y se evaluará con enfoque costo beneficio.
- Proteger a los pasajeros de condiciones climáticas adversas y se evaluará con enfoque costo eficacia.

7.3.1.3 Terminal de Carga

El área de tratamiento de carga aérea incluye, al igual que la de pasajeros, los conceptos aire - tierra. Consecuentemente se deben distinguir los siguientes aspectos involucrados.

- Aquellos relativos al lado aeronáutico, referentes al área de movimiento.
- Aquellos relativos al área de tratamiento de carga propiamente tal, que es la materia de esta sección.
- Aquellos relativos al lado terrestre, como camino de acceso y estacionamiento.

Si bien el sector privado es el que realiza las inversiones en los terminales de carga a través de concesiones, es competencia del Estado los planes de desarrollo y, en general, la planificación de estas áreas.

Las principales referencias en relación a terminales de carga, son las siguientes:

- Airport Terminal Reference Manual, Capítulo 4-Cargo Terminal, IATA
- Air Cargo Facilities/ Advisory Circular 150/5360-2, FAA
- Airport Engineering, Norman J..Ashford/Saleh A. Mumayiz/Paul H. Wright

Los elementos a considerar en el diseño de un terminal de carga son los siguientes:

- Proyección de la demanda
- Volúmenes doméstico e internacional
- Volúmenes de transferencia de entrada y salida
- Carga/correo
- Tráfico de bypass (carga ya contenedorizada/paletizada)
- Naturaleza y volumen de carga que requiere manejo especial (pesada/sobre tamaño, perecible, carga urgente, alto valor, peligrosa, alimentos)
- Estacionalidad, fluctuaciones de flujos diarios y horarios
- Previsiones de la flota de aviones e itinerarios de vuelos
- Mezcla de la flota

- Tipo de operación: todo carga, combinación (carga más pasajeros)
- Frecuencia de operaciones
- Número de aviones a ser atendidos simultáneamente en la plataforma

Principales restricciones a la capacidad de diseño

- Área total disponible
- Áreas construidas
- Área de almacenamiento para contenedores y pallets
- Puertas en lado tierra y lado aire

Elección del concepto de manejo de la carga

- Poca mecanización, más mano de obra
- Poca mano de obra, equipos de levante y carguío
- Alta mecanización con equipos especializados de levante y transferencia

Factores de selección del lugar

- Dimensiones del terminal, plataforma, y áreas de acceso lado tierra
- Layout del camino de acceso y grado de separación de los camiones del tráfico de vehículos de pasajeros
- Proximidad del acceso lado aire a la plataforma de aviones de pasajeros
- Layout y capacidad de las calles de servicio lado aire
- Disponibilidad de servicios (electricidad, agua, etc.)

Decisiones de arquitectura

- Nivel del piso principal
- Niveles de los andenes lado tierra y lado aire
- Altura (prever eventual instalación futura de almacenamiento en altura)
- Materiales de construcción
- Posibilidades de expansión ante futuro crecimiento del tráfico
- Flexibilidad para cambios en el tipo de carga y métodos de manejo

Otras áreas a ser consideradas:

- Mantenimiento y facilidades de soporte
- Aduana
- Cargas peligrosas
- Cámaras de frío

- Recinto de cuarentena

Consideraciones generales de diseño

- Seguridad (Security)
- Salud y seguridad (Safety)
- Sistema contra incendios

7.4 Instalaciones de Servicio

En los aeródromos/aeropuertos existen una serie de necesidades de determinados servicios, que es necesario prever. Tales son los servicios proporcionados por entes externos al aeródromo/aeropuerto, como energía eléctrica, telefonía, agua y combustible para la aviación o vehículos terrestres; o en su defecto obtenidos por medios propios, como en el caso del agua extraída de pozos.

El consumo de combustible está ligado con el tráfico de aeronaves existentes en el aeródromo/aeropuerto y la mezcla de las mismas, que definen los tipos de combustible a almacenar. Además incide en ello las rutas de los vuelos definidos por las compañías aéreas. El carguío de combustible puede ser realizado mediante camiones estanco con los equipos apropiados para ello, o mediante instalación de pits de combustible en la plataforma de estacionamiento de aviones.

Debe hacerse presente que pueden existir diferencias entre un aeródromo/aeropuerto y otro, debiendo establecerse en cada caso las condiciones particulares. Además, la bibliografía relativa planificación de aeródromos/aeropuertos no contiene datos o parámetros apropiados sobre estos servicios. Por lo tanto, se debe aplicar las normas de los respectivos entes competentes.

7.5 Instalaciones Complementarias

Corresponde al camino de acceso, vialidad interior y estacionamiento de vehículos, apropiados al aeródromo/aeropuerto con una capacidad y características acordes a la demanda y lineamientos establecidos en el Plan Maestro o Regulador.

La modelación de demanda (Capítulo 5) debe entregar los flujos que cabe esperar en el camino de acceso, considerando que se producirán viajes no sólo de los pasajeros sino también de sus acompañantes, el personal de las líneas aéreas, personal del aeródromo/aeropuerto, personal militar, personas relacionadas con la aviación general, etc. Las características de diseño y de construcción deben ceñirse a las normas de la Dirección de Vialidad del MOP cuando corresponda.

También se deberá considerar los caminos aeronáuticos, los que deben responder a los requerimientos de acuerdo a su rol (circulación de equipos de plataforma, vehículos del SEI, inspección, control de seguridad, etc.)

Adicionales a las anteriores y dependiendo del tipo de aeródromo/aeropuerto, podrán existir instalaciones de servicio de alimentación (Catering), basuras e incinerador, que se diseñarán de acuerdo a las normas específicas para cada caso.

i) Instalaciones de Apoyo

Se refiere, entre otras al edificio administrativo, logístico o de servicio de tránsito aéreo, Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI) o instalaciones asociadas a seguridad aérea todas de la DGAC.

ii) Evaluación de Impacto Ambiental

Cuando corresponda ya sea para la infraestructura del air side o land side se deberá considerar lo establecido en la normativa vigente y la Ley de Bases del Medio Ambiente para determinar los eventuales impactos negativos y las posibles acciones de mitigación. En caso que estas involucren obras, se las debe definir para proceder posteriormente a costearlas e incluirlas en los respectivos costos del proyecto.

8. DETERMINACIÓN DE COSTOS

8.1 Costos de Inversión y Mantenimiento

8.1.1 Costos de Inversión

Se debe preparar estimaciones de costos para todos los elementos del proyecto que estén sujetos a recomendaciones de construcción, reparaciones, conservación, mejoramiento, normalización y/o ampliaciones, durante el horizonte de análisis. También debe incluirse los costos de aquellas obras requeridas para mitigar eventuales impactos negativos, según se haya determinado de la aplicación de la Ley de Bases del Medio Ambiente.

Para los estudios en etapa de perfil, los costos de inversión se pueden desarrollar consultando estudios similares de años recientes, efectuando las correcciones pertinentes de acuerdo a las características del proyecto y actualizaciones que procedan (ver **Sección 7.3**).

En el caso de los estudios en etapa de pre factibilidad y factibilidad, se debe utilizar como elementos base para el análisis, aquellos elementos relevantes en términos de la planificación de desarrollo en las áreas a intervenir, tales, como pistas, calles de rodaje, plataforma, caminos, terminal de pasajeros, instalaciones de apoyo y servicios, etc., desagregados en partidas principales.

Para obtener datos de precios de diferentes ítems usuales en la construcción, se puede recurrir a distintas fuentes tanto públicas como privadas. Entre las primeras están obviamente la DAP y DGAC. Entre las fuentes privadas se puede mencionar la Cámara Chilena de la Construcción, Ondac Chile S.A., y empresas constructoras. La Tabla 1 del **Anexo 5** contiene valores referenciales de partidas típicas en obras civiles de aeródromos/aeropuertos; considerar las notas a pie.

Para tener clara la estimación de los costos de inversión, se debe definir la fecha de referencia de los costos unitarios y la cubicación de cantidades respectiva se deduce de los planos generales preparados.

Al total obtenido de aplicar los precios unitarios a las cantidades de obra, se debe agregar un ítem de contingencias, el que depende de la etapa en que se desarrolla el estudio, como asimismo eventualmente de circunstancias coyunturales; en etapa de perfil el ítem de contingencias es mayor que en estudios en etapa de prefactibilidad y/o factibilidad. Adicionalmente, se debe sumar el ítem gastos generales y utilidades del contratista, el cual depende de la magnitud y/o complejidad de las obras. Ambos ítem mencionados se expresan usualmente como un porcentaje.

Con el fin de corregir los costos de inversión expresados a precios privados (con IVA incluido) a precios sociales, los precios unitarios se deben descomponer en los siguientes elementos, medidos en porcentaje respecto al precio unitario privado (PUP) considerado:

$$PUP = MC + MSC + MNC + MN + ME \quad (7.1)$$

En donde:

MC: % de Mano de obra calificada

MSC: % de Mano de obra semi calificada

MNC: % de Mano de obra no calificada

MN: % de Moneda nacional

ME: % de Moneda extranjera

A partir de esta descomposición, se obtiene el precio unitario social (PUS) con la siguiente expresión:

$$PUS = FMC * MC + FMSC * MSC + FMNC * MNC + FMN * MN + FME * ME \quad (7.2)$$

Donde se utilizan los factores de corrección:

FMC: Factor mano de obra calificada

FMSC: Factor mano de obra semi calificada

FMNC: Factor mano de obra no calificada

FMN: Factor moneda nacional

FME: Factor moneda extranjera

Los valores asociados a los factores de corrección son fijados periódicamente por el Sistema nacional de Inversiones, del Ministerio de Desarrollo Social MDS (ex MIDEPLAN).

Como resultado de esta actividad, se obtiene el presupuesto de inversión correspondiente a las obras requeridas, valorado tanto a precios privados como sociales.

En los estudios en etapa de perfil se puede simplificar el cálculo del presupuesto de inversión valorado a precios sociales, aplicando los factores para la descomposición de costos de las partidas extrayéndolos de estudios en etapa de pre factibilidad y/o factibilidad de proyectos similares o usando un factor de corrección global único definido por el MDS (ex MIDEPLAN).

8.1.2 Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento se deben determinar en función de las características de los bienes a mantener, respecto de los montos de inversión.

Si bien muchas veces se estima que los gastos de mantenimiento tienden a aumentar significativamente con el transcurrir del tiempo, dicha situación no es efectiva cuando se desarrolla un programa de mantenimiento que considere también la reposición de elementos en forma planificada, cuando corresponda. De este modo, es posible mantener el gasto anual por este concepto en niveles relativamente uniformes y llevarlos al flujo como tal.

Excepción a lo anterior, lo constituyen los pavimentos del área de movimiento, en que cada acción involucra montos importantes, los que no son necesariamente anuales. Para efectos de definir las acciones de mantenimiento de los pavimentos, se debe diferenciar éstos según el tipo (hormigón o asfalto), estado y antigüedad de estos. Cabe hacer presente, que en general, en cada aeródromo/aeropuerto se encuentran pavimentos de ambos tipos, con zonas de distinta antigüedad.

Para la estimación de los costos de mantenimiento anuales de la infraestructura vertical e instalaciones de servicios básicos, se puede aplicar valores debidamente corregidos a las condiciones particulares del proyecto y actualizados, deducidos de otros proyectos similares.

Se hace presente que también cada partida debe incluir el ítem de contingencias según corresponda, el ítem gastos generales y utilidades del contratista.

Al igual que en los costos de inversión, en estudios en etapa de prefactibilidad (factibilidad), se debe considerar la descomposición de los costos de mantenimiento en los siguientes componentes:

- Mano de obra calificada
- Mano de obra semi calificada
- Mano de obra no calificada
- Moneda nacional
- Moneda extranjera

Aplicando la misma expresión indicada en 7.1.1 se obtiene los precios unitarios sociales. Como producto de esta actividad, se tiene el presupuesto de mantenimiento correspondiente a las acciones previstas realizar en el horizonte del proyecto, valorado tanto a precios privados como sociales.

En estudios en etapa de perfil se puede simplificar el cálculo del presupuesto de mantenimiento valorado a precios sociales, aplicando la descomposición de costos de las partidas extrayéndolos de estudios en etapa de pre factibilidad (factibilidad) de proyectos similares, o considerando un tratamiento similar al indicado para los costos de inversión, es decir un factor global único según definido por MDS (ex MIDEPLAN).

Cuadro 8-1: Descomposición de costos de las partidas.

Edificio	1,0%
Camino de acceso	1,0%
Estacionamiento	1,0%
Jardines	10,0%
Alhajamiento	4,0%
Agua potable	0,5%
Alcantarillado	0,5%
Electricidad	2,5%
Comunicaciones	0,5%

8.2 Costos de Operación

8.2.1 Costos de Operación de Aeródromos/Aeropuertos.

La administración general de los aeródromos/aeropuertos de la red primaria y secundaria, es responsabilidad de la DGAC. La DGAC los opera con personal de su dotación e incluso realiza ciertas acciones de mantenimiento de equipos especializados con los recursos que dispone. Actualmente existen varios aeródromos/aeropuertos cuya área terminal de pasajeros se encuentra concesionada, en cuyo caso la respectiva administración corresponde a la sociedad concesionaria.

De ser necesario obtener información de los costos de operación de un aeródromo/aeropuerto, con el objeto de deducir el diferencial respectivo, producto de cambios en las condiciones operacionales, se debe solicitar ésta a la DGAC o a la sociedad concesionaria cuando proceda. También la Inspección Fiscal de la concesión puede colaborar proporcionando la información que dispone. La estimación de los costos de operación de un aeródromo/aeropuerto es posible realizar a partir de las cantidades determinadas de cada ítem o partida, y aplicar valores unitarios posibles de obtener en diversas otras fuentes. Por ejemplo, las tarifas de los servicios públicos son conocidas para el periodo de fijación tarifaria. También el costo medio de personal -en este caso principalmente calificado- es posible de obtener de estudios de remuneraciones efectuando una asimilación de cargos.

Los costos de operación de un aeródromo/aeropuerto se refieren fundamentalmente a los siguientes ítems:

Personal

- Administración general
- Terminal de pasajeros
- Control de seguridad
- Control tránsito aéreo
- Salvamento y Extinción de Incendios (SEI)

Servicios públicos

- Agua potable
- Alcantarillado
- Electricidad
- Teléfonos
- Mantenimiento rutinario
- Señales
- Equipos radio ayudas y otros
- Vehículos SEI
- Edificios

Servicios terceros

- Aseo
- Corte pasto
- Otros

Otros. Adicionalmente en un aeródromo/aeropuerto está presente el personal correspondiente a:

- Organismos gubernamentales como PDI, SAG, Aduanas
- Aerolíneas (check-in, back office, etc.)
- Servicios de plataforma (Ground Handling)

En el caso de instalaciones de uso mixto civil-militar, se deberá descomponer los costos de operación calculados anteriormente en una componente fija, los costos incrementales derivados de las operaciones civiles, y los costos incrementales derivados de las operaciones militares. Sin embargo, cuando el análisis corresponda a la etapa de perfil, podrá asumirse que las componentes incrementales son nulas.

8.2.2 Costos de Operación de Aviones

a. Generalidades

Los parámetros que afectan los costos operacionales de aviones, son:

- Costo combustible
- Tamaño y composición de la flota
- Uniformidad en motores y sistemas
- Uso de aviones en términos de horas de vuelo, ciclos de vuelo, uso diario y antigüedad

- Costos de materiales
- Costos laborales
- Costos de terceros (Outsourcing)
- Rutas, nivel de servicio, modelo de negocio

Para estos datos, la mejor fuente de información de los costos de operación de los aviones son los operadores tanto nacionales como internacionales. Sin embargo, al corresponder a un tema sensible, estos son manejados con mucha reserva por parte de las aerolíneas, por lo cual si no es posible obtener la información necesaria se debe recurrir a fuentes secundarias extranjeras (como IATA, ICAO u otras –ver bibliografía y sitios de consulta en el **Anexo 1**) y efectuar las correcciones que procedan.

b. Componentes de costos

En todo sistema de transporte -tanto aéreo como de cualquier otro modo- se distinguen los siguientes elementos:

- Una flota de vehículos de transporte, con un conjunto de tripulaciones y un sistema de mantenimiento de los vehículos.
- Una red de comercialización y de apoyo operacional.
- Una unidad central de dirección general y de administración del sistema.

Los costos generados por la operación de la flota son denominados costos directos; el resto de los costos se denominan costos indirectos en la medida que son generados por el sistema como un todo sin que puedan atribuirse a una operación concreta de transporte.

Las modificaciones realizadas en la infraestructura o en el equipamiento aeroportuario, afectan principalmente los costos directos de operación del transporte aéreo. En consecuencia, esta sección describe, fundamentalmente, la forma de estimar el impacto de las inversiones aeroportuarias sobre los costos directos de operación.

- Los costos directos del transporte aéreo tienen su origen en:
- Los costos de capital de la flota de aviones y del inventario de repuestos necesario para operarla en forma ininterrumpida (amortización de la inversión).
- Los costos de mantenimiento de la flota de aviones.
- Los costos de las tripulaciones por concepto de remuneraciones, costos de entrenamiento, y gastos de estadía fuera de la base.
- Los insumos requeridos por la flota, entre los que destaca el combustible, secundariamente los servicios al pasajero y otros.
- Los costos directos unitarios dependen principalmente de:
- Las características técnicas de la flota, es decir, la relación insumo-producto de cada uno de los tipos de aviones.

- Los precios de los insumos del transporte aéreo.

Con el objeto de calcular los precios unitarios sociales en los estudios en etapa de prefactibilidad (factibilidad), se debe considerar la descomposición de todos los ítems de costos mencionados, en los siguientes componentes:

- Mano de obra calificada
- Mano de obra semi calificada
- Mano de obra no calificada
- Moneda nacional
- Moneda extranjera
- Impuestos

Aplicando la misma expresión indicada en 7.1.1 se obtiene los precios unitarios sociales. Como resultado de esta actividad, se tiene los costos de operación valorados tanto a precios privados como sociales.

En estudios en etapa de perfil se puede simplificar el cálculo de valoración a precios sociales, aplicando la descomposición de costos de las partidas extrayéndolos de estudios en etapa de prefactibilidad (factibilidad) de proyectos similares, o aplicar un tratamiento similar al indicado para los costos de inversión, es decir un factor global único según definido por MDS (ex MIDEPLAN).

c. Clasificación y características de aeronaves

Las características de la flota que tienen una incidencia directa en los costos de operación son principalmente los siguientes:

Rendimiento (performance) de los aviones, que relaciona su capacidad de producir servicios de transporte con el requerimiento de insumos.

Limitaciones operacionales de los aviones, que establecen en que partes de la red de transporte pueden ser utilizados.

El rendimiento de un avión o su capacidad de producir servicios de transporte por unidad de tiempo a partir de una cierta cantidad de insumos, depende de dos elementos: su productividad y su consumo.

La productividad de un avión es el resultado de dos variables: la capacidad, es decir, la magnitud de carga útil que puede embarcar, y la velocidad.

La capacidad de los aviones de transporte tiene un rango muy amplio, producto de la variedad de mercados existentes. Esta está en relación con el tipo de mercado a servir; por lo general, los aviones menores se destinan a mercados locales, cuyo servicio requiere de alta frecuencia; en tanto que los de gran tamaño se utilizan en rutas de larga distancia, donde las economías de escala pasan a ser un factor dominante. Se recomienda focalizar la atención en la(s) familia(s) de aviones predominante(s) en el aeródromo/aeropuerto en estudio.

Se debe tener en cuenta que la capacidad de asientos de los aviones depende de la configuración elegida por cada operador; en este sentido es especialmente relevante considerar que para efectuar comparaciones entre aviones distintos, es indispensable utilizar configuraciones comparables.

Al revés que con la capacidad, la velocidad de los aviones no constituye un rango continuo, sino que existen dos grupos cuya velocidad depende del tipo de propulsión: los aviones a hélice, con velocidad crucero entorno a los 500 km/hora, y los aviones a reacción, con velocidades entre 800 y 950 km/hora.

La propulsión a hélice tiene un consumo específico menor de combustible, por lo que se emplea en rutas cortas, donde la velocidad crucero se alcanza sólo en una pequeña fracción del recorrido. En las rutas largas, por el contrario, la propulsión a reacción pasa a ser más eficiente, en la medida que en la mayor parte del recorrido se aprovecha la mayor velocidad.

El resultado combinado de capacidad y alcance hace que en cuanto a productividad, la diferencia entre aviones sea aún mayor que la que existe en cuanto a tamaño

d. Consumo de combustible

El consumo de combustible está en relación directa con el empuje requerido de los motores, el cual, a su vez, depende del peso con que el avión despegue. Sin embargo, esta relación no es proporcional, sino que el consumo específico (por unidad de empuje) es menor para motores de mayor capacidad. Esta es una de las causas más importantes de la existencia de economías de escala en el transporte aéreo (a título ilustrativo ver en el **Anexo 1** Bibliografía y Sitios de Consulta, el cuadro “Rate of Fuel Burn” del documento “Standard Inputs for Eurocontrol Cost Benefit Analysis”, que muestra cifras promedio de consumos de combustible de los aviones más representativos).

Cabe agregar que la introducción de aviones nuevos más eficientes en cuanto a consumo de combustible, en reemplazo de flotas antiguas, ha permitido reducir esto. En este sentido los fabricantes de aviones están permanentemente realizando mejoras, aspecto a tener en consideración.

e. Requerimiento de tripulaciones

La tripulación del avión se compone de la correspondiente a vuelo-constituida por el piloto, copiloto, e ingeniero de vuelo en algunos aviones-que tiene la misión de conducir el avión, y aquella de cabina tiene como objeto atender a los pasajeros.

La tripulación de vuelo es independiente de la capacidad y de la velocidad del avión, en tanto que la tripulación de cabina depende de factores como número de asientos del avión, servicio ofrecido a bordo, estándar de servicio definido por cada aerolínea, número de clases (Primera, Ejecutiva, Turista), etc. De no obtener información de las aerolíneas, considerar referencialmente en forma aproximada un miembro cada 40 pasajeros.

f. Limitaciones operacionales

Existen limitaciones operacionales que impiden utilizar cualquier avión en cualquier ruta de acuerdo al tamaño de mercado. Las principales se refieren a limitaciones por requerimiento de pista y por alcance. Dado que los aviones tienen diferentes velocidades, los requerimientos de pista son también diferentes.

Si se considera que la relación entre el empuje de los motores y la masa del avión es similar para los diferentes aviones, la aceleración puede ser también similar; sin embargo, los aviones a reacción deben alcanzar una mayor velocidad para despegar, por lo que su requerimiento de pista es también mayor.

El alcance, esto es, horas de vuelo máximas y con ello la distancia máxima a recorrer, que un avión puede realizar, depende del combustible que pueda cargar y del rendimiento de su consumo. A los efectos se debe consultar los manuales del fabricante de los aviones del caso.

g. Costos unitarios

Los costos directos generados por el transporte aéreo son originados por la flota de aviones, las tripulaciones, y los elementos de consumo y servicios que se requieran para operar el sistema.

Los costos atribuibles al avión provienen del costo alternativo del capital, de los seguros y del mantenimiento.

h. Costo de capital

El costo de capital de un avión depende del costo de adquisición, de su vida útil y de la tasa de descuento relevante. El costo de adquisición de un avión nuevo depende de su costo de fabricación; el precio de un avión usado, por el contrario, es dependiente de las condiciones de mercado y, debido a que se trata de una oferta absolutamente inelástica (son aviones ya producidos), su precio puede fluctuar entre un máximo cercano al del avión nuevo equivalente y cero.

El mercado de los aviones usados, producto de la inflexibilidad de la oferta (producir un avión toma dos años, y desarrollar un modelo nuevo, más de cinco) presenta grandes fluctuaciones; cuando la demanda por transporte aumenta, la imposibilidad de acelerar la entrega de aviones nuevos hace aumentar más que proporcionalmente la demanda por aviones usados. La existencia de un inventario limitado de aviones usados hace que su precio deba subir lo suficiente para desalentar las compras. En el caso contrario, cuando la demanda por transporte disminuye, los aviones usados son vendidos a un precio suficientemente bajo para que sea rentable operarlos.

Ahora bien, para los efectos de la corrección a precios sociales, los aviones son insumos importados, exentos de derechos de aduana. El costo anual de capital correspondiente a los aviones depende, además del costo de adquisición, de la vida útil estimada, la depreciación y de la tasa de descuento; la vida útil, sin embargo, depende casi exclusivamente de los avances tecnológicos y de la obsolescencia que tal proceso produce.

La tasa de descuento puede ser inferida a partir de los valores de arrendamiento de aeronaves, mediante un análisis de la situación de mercado. Sin embargo, en evaluaciones en etapa de perfil o cuando el tamaño del proyecto no justifique tal investigación, podrá adoptarse el valor de la tasa social de descuento informada por el MDS (ex MIDEPLAN).

i. Seguros

El costo de seguros de un avión puede ser estimado en relación a su valor de adquisición. En estudios en etapa de perfil, se puede considerar que el costo anual del seguro o porcentaje sobre el costo de adquisición o precio del avión aplicado en estudios de prefactibilidad (factibilidad).

En estudios de pre factibilidad y/o factibilidad es preciso indagar algo más, consultando a compañías de seguros si es que no se obtiene información de las aerolíneas. Al respecto, las primas cobradas por las compañías de seguros dependen de varios factores, como tamaño de la flota, antigüedad de la flota, “track record” de incidentes, como asimismo del poder de negociación que puede tener una aerolínea la aerolínea.

j. Mantenimiento

El avión es un vehículo compuesto por tres tipos de elementos básicos: una estructura, motores y un conjunto de componentes, que a su vez son los sistemas que permiten operar el conjunto (instrumentos electrónicos, sistemas actuadores eléctricos, hidráulicos, etc.).

Para los efectos de ajuste a precios sociales, el mantenimiento de los motores puede considerarse íntegramente importado y exento de derechos de aduana; los repuestos usados en el fuselaje y en los componentes tienen el mismo régimen, pudiendo considerarse que constituyen, aproximadamente, la mitad de los costos del mantenimiento. El resto lo constituye mano de obra calificada.

El mantenimiento de los aviones sigue pautas muy rigurosas definidas por el fabricante. En general, las acciones de mantenimiento son definidas según el número de horas de vuelo. Existen acciones mayores denominadas “overhaul”. De no obtenerse información de las aerolíneas, se puede inferir una aproximación a los costos de mantenimiento en base a la revisión de los manuales del fabricante.

k. Tripulación

Los costos de tripulación provienen tanto de sus remuneraciones como de los costos de entrenamiento y de los gastos de estadía fuera de la base.

Existe una cierta relación entre el nivel de remuneraciones de la tripulación y el tamaño del avión, en la medida que, por lo general, los aviones de mayor capacidad son piloteados por tripulaciones más experimentadas.

La determinación de la dotación de tripulantes es relativamente sencilla, pudiendo entonces, si las aerolíneas no proporcionan información, estimar el costo que representa este ítem recurriendo a estudios de remuneraciones y asimilando cargos. La tripulación de vuelo se considera personal calificado, en tanto que la tripulación de cabina sería semi calificado.

1. Combustible

El precio del combustible varía geográficamente según los costos de transporte del mismo, y entre países, de acuerdo a la estructura de impuestos y subsidios.

El precio del combustible se establece en dos formas, como precio spot en un puerto y como precio al detalle en un aeropuerto. El precio spot es pagado por intermediarios por el combustible entregado en un puerto. El precio al detalle es ofrecido a operadores e incluye el costo de transporte al aeródromo/aeropuerto, impuestos, margen del proveedor, etc. Este puede ser el precio pagado por operadores de aviación pequeños, pero operadores grandes normalmente negocian descuentos significativos con los proveedores. Estos descuentos son materia sensible y generalmente no informados.

El costo de combustible es muy incidente en los costos de operación totales de un avión (ver Cuadros 4 y 5 del Anexo 5), pero el precio es muy variable dependiendo de factores coyunturales. El consumo de combustible es función de la carga de pago, motores, tramo ascendente, tramo descendente, altitud, distancia volada a velocidad de crucero, condiciones atmosféricas, estacionamiento, taxeo, APU, factores todos que varían de vuelo a vuelo y de un avión a otro.

Sin embargo, para efectos de la aplicación del presente Manual, se debe utilizar como precio social del combustible, el que resulte de aplicar la metodología oficial de cálculo de precios sociales definida por el MDS (ex MIDEPLAN), a los precios privados de venta en el territorio nacional.

m. Servicios a los pasajeros

El costo del servicio a pasajeros es un ítem que depende del estándar definido por el operador. A falta de información de las aerolíneas, se puede consultar a empresas de catering proveedoras del servicio a las compañías aéreas.

Puede considerarse que el servicio a pasajeros es un bien nacional, por lo que no corresponde ajuste por precio social de la divisa. Eventualmente, podría considerarse que parte de sus costos corresponden a mano de obra semi calificada.

n. Servicios de apoyo terrestre al avión

Los aviones requieren de equipos de apoyo terrestre en cada aeródromo/aeropuerto, destinados a reabastecer el avión de insumos, embarcar y desembarcar pasajeros y cargar y descargar el equipaje y la carga (puentes de embarque, escaleras, tractores, carros de baterías, cintas transportadoras, etc.).

El requerimiento de equipos de apoyo terrestre depende, en gran medida, del tamaño de los aviones; es así como los aviones de servicio doméstico son prácticamente autosuficientes, debido a que están diseñados para operar en aeródromo/aeropuertos de muy poco movimiento, por otro lado los aviones grandes requieren de equipos más sofisticados y de gran capacidad.

Los costos de los servicios prestados por este tipo de equipos deben ser consultados a los prestadores de estos servicios y/o a las aerolíneas cuando se trate de estudios en etapa de

pre factibilidad y/o factibilidad. En estudios en etapa de perfil se puede utilizar valores de estudios similares debidamente actualizados. Para los efectos de la evaluación social, puede suponerse que los equipos y el combustible son importados, en tanto que sus operadores son mano de obra calificada.

o. Productividad

A partir de las características de productividad y consumo de recursos de los aviones, y de los precios unitarios de los insumos utilizados en el transporte aéreo, es posible estimar los costos unitarios directos del transporte aéreo.

Para calcular estos costos, se puede considerar los costos de una hora de vuelo y la productividad alcanzada en este lapso, para los diferentes tipos de aviones.

La productividad de los aviones debe ser estimada en función de cada ruta, debido a que la velocidad promedio depende de la distancia recorrida, la velocidad crucero y el tiempo requerido para las maniobras de tierra, despegue, aproximación y aterrizaje.

p. Costos directos por hora de vuelo

Costos fijos de capital y seguros

Los costos de capital y seguros anuales pueden considerarse independientes de la utilización de la flota; en consecuencia, para calcular los costos por hora de vuelo estos deben dividirse por una estimación de las horas de vuelo efectivamente realizadas.

La utilización máxima que puede alcanzar la flota depende de los horarios de vuelo y de las distancias cubiertas en las rutas. Los vuelos nacionales e internacionales entre países vecinos se realizan principalmente en horarios de 7 y 22 horas, hecho que limita la operación de la flota.

Por el contrario, los vuelos largos (más de ocho horas) tienden a realizarse de noche, con el objeto de alcanzar una mejor utilización de los aviones y disminuir el costo del tiempo de los pasajeros. Las escalas consumen tiempo útil del avión, por lo que la utilización de un avión destinado a rutas más largas tiende a ser mayor.

Mantenimiento

En principio, como una aproximación, los costos de mantenimiento pueden considerarse proporcionales a la duración del vuelo.

No obstante lo anterior, debe considerarse que parte de los costos no dependen de la duración del vuelo, sino que del vuelo mismo; ello es particularmente válido en el caso de los sistemas que se utilizan una vez cada vuelo, tales como trenes de aterrizaje, puertas, flaps, etc. Un estudio en que el mantenimiento sea especialmente relevante, debe basarse en cifras reales de los operadores.

Tripulación

Los costos por hora de vuelo de la tripulación dependen del nivel de utilización, es decir, de las horas de vuelo por periodo. Por otro lado, existen normas de seguridad que regulan el máximo de horas de vuelo y de servicio de la tripulación, lo que impone un techo.

Las distancias recorridas -o lo que es equivalente - las escalas efectuadas, influyen sobre la utilización de la tripulación, ya que mientras más escalas es menor el tiempo de vuelo en relación al tiempo de servicio. Por esta razón, cabe esperar un mayor nivel de utilización en los aviones asignados a rutas más largas. Sin embargo, este hecho está compensado por los periodos de descanso obligatorios después de vuelos prolongados y por la exigencia de tripulaciones dobles, en el caso de vuelos superiores a ocho horas.

Puede considerarse que una utilización normal de las tripulaciones se sitúa alrededor de las 70 horas al mes.

Combustible

Al aplicar a los consumos de combustible los precios unitarios relevantes, se obtiene el costo horario por combustible.

Servicio a los pasajeros

Considerando el costo del servicio a los pasajeros como constante por pasajero-km el costo horario del avión resulta proporcional al número de asientos.

Servicios de apoyo terrestre

Los costos horarios de este ítem, que en realidad se producen por vuelo y no por hora de vuelo, se obtienen dividiendo el costo por vuelo por su largo medio.

q. Costos unitarios de transporte

Al dividir los costos horarios por la productividad horaria, se obtiene los costos por pasajero- kilómetro.

r. Tamaño de mercado, costos de operación y economías de escala

Las diferencias de costos unitarios deben interpretarse como el resultado de los costos de cada tipo de avión sobre las distancias medias representativas de cada grupo. En consecuencia, las diferencias entre un grupo y otro corresponden a diferencias atribuibles al avión y a la ruta.

Al estimar los costos unitarios de operación de aviones diferentes sobre la misma ruta, las diferencias observadas corresponden a economías de escala.

El aprovechamiento de las economías de escala requiere que las características del mercado lo permitan; en efecto, para que se justifique el empleo de un avión se requiere que el embarque promedio sea compatible con su capacidad. Es decir, que la ocupación media supere un cierto porcentaje.

s. Limitaciones aeroportuarias y su efecto sobre los costos de operación

Las limitaciones de la infraestructura y del equipamiento aeroportuario pueden provocar tres tipos de restricciones sobre las operaciones de transporte aéreo:

- Restricciones sobre el tipo de aviones que pueden utilizar el aeródromo/aeropuerto.
- Restricciones temporales de la disponibilidad del aeródromo/aeropuerto.

- Restricciones sobre la frecuencia de operaciones del aeródromo/aeropuerto.

El primer tipo de restricciones puede impedir el aprovechamiento de las economías de escala alcanzables con aviones de mayor capacidad. Si esta es la situación, el beneficio del proyecto se origina en los menores costos de operación de tales aviones.

El segundo tipo de restricciones no impide el uso del aeródromo/aeropuerto por parte de los aviones que presentan un menor costo en la ruta; sin embargo, por la existencia de condiciones naturales o falta de equipamiento de ayudas a la navegación, es posible que el aeródromo/aeropuerto no esté disponible durante la jornada comercial de la flota. En el caso que la condición sea predecible, estas limitaciones pueden significar una menor utilización programada de la flota, con los mayores costos de capital resultantes; en el caso contrario, pueden provocar horas adicionales de vuelo, no programadas y los costos adicionales son solamente los costos variables.

El tercer tipo de restricciones tiene consecuencias similares al anterior, en la medida que la congestión aeroportuaria resultante tiene como consecuencia la alteración - programada o no - de los itinerarios, aplicándose los costos horarios fijos o variables, respectivamente, al total de horas resultantes de alteración del itinerario.

8.3 Actualización de Costos

8.3.1 Consideraciones Generales

No siempre es posible disponer de todos los costos necesarios vigentes cuando se está realizando un estudio, esto por cuanto requiere de un tiempo y/o esfuerzo no disponible dentro del plazo y/o recursos definidos. En estos casos es preciso recurrir a valores que se encuadren en estudios similares realizados con anterioridad. Al respecto se hace notar las limitaciones que existen en la actualización de ciertos elementos o partidas. Es así como se debe tener en cuenta que no es conveniente realizar actualizaciones de valores muy antiguos de elementos y/o partidas. Esto es especialmente válido en elementos electromecánicos, radio ayudas, iluminación y similares, en que existe una permanente evolución tecnológica, produciendo un rápido grado de obsolescencia; incluso a veces puede existir una disminución de costos por el desarrollo tecnológico.

Otras partidas, como aquellas de obras civiles por ejemplo, permiten una actualización en un periodo mayor, aunque también pueden estar sujetas a circunstancias coyunturales. Es por esto, que previo a efectuar una actualización, se debe realizar un análisis de los elementos y/o partidas consideradas actualizar con el fin de establecer eventuales limitaciones, concentrando el esfuerzo en aquellas cuya incidencia estimada sea mayor.

La actualización de costos es especialmente relevante en estudios en etapa de perfil, en que usualmente se dispone de plazos breves y recursos limitados. En estudios en etapa de prefactibilidad (factibilidad) la actualización de costos debe restringirse en lo posible a elementos y/o partidas del proyecto de carácter secundario, y/o para validar valores vigentes realizando un benchmark.

8.3.2 Procedimiento de Actualización

a. Correcciones previas

En forma previa a realizar una actualización, se debe considerar dos aspectos. Por una parte las diferencias que pueden existir por características físicas entre el proyecto de referencia y el proyecto en estudio. Es así como por ejemplo un proyecto de un edificio terminal de pasajeros en la zona austral requiere un sistema de acondicionamiento ambiental distinto a uno en la zona norte del país. Por consiguiente, aunque tengan una superficie y diseño similar, el costo unitario por metro cuadrado, es obviamente distinto.

Otro ejemplo referente al caso de una pista de dos aeródromos. Pueden ser dimensionalmente iguales, pero una se ubica en una zona de escasas lluvias y suelos de buena capacidad de soporte y otra en una zona de alta pluviometría y malos suelos. Claramente hay que aplicar correcciones por ambos conceptos: sistema de drenaje y calidad de suelos.

Por otra parte, también debe considerarse las diferencias de costos unitarios del proyecto en estudio respecto al proyecto de referencia motivadas por mayores o menores costos de transporte de materiales, mano de obra, etc. Estas son correcciones que se debe analizar antes de las actualizaciones.

El nivel de agregación de los datos a actualizar puede determinar el (los) índice(s) de actualización necesario(s). También la disponibilidad o no de índices de actualización adecuados puede incidir en la forma de proceder. En un estudio en etapa de perfil usualmente se actualizará datos a un nivel más agregado. En cambio en un estudio en etapa de prefactibilidad (factibilidad) probablemente se actualizará datos a un nivel desagregado.

En el proceso de actualización se debe distinguir entre elementos y/o partidas nacionales e importadas. El factor de actualización usualmente será particular a cada elemento y/o partida. A continuación, a título ilustrativo, se analiza referencialmente algunos casos considerados importantes.

b. Obras civiles

Generalmente las obras civiles representan un porcentaje alto del presupuesto total del proyecto, motivo por el cual requieren especial atención.

Lo usual para actualizar los costos de un proyecto, es usar factores para los distintos componentes, por ejemplo:

- Suministro equipos de proceso: según sea el caso, por US\$, por IPC de EE.UU., por índices de equipos de revistas especializadas, etc.
- Equipos de construcción y montaje: similar a anterior, mas índice de variación del petróleo
- Materiales: según sea el caso, por IPC, por UF, etc.; casos especiales como acero por índices específicos de variación del acero

- Mano de obra: por IPC o ISS
- Gastos Generales y Utilidad Contratista: por IPC, UF

Para actualizar se debe tener que tener los costos originales desglosados en estos componentes, o bien estimar alguna distribución porcentual.

En grandes obras es usual aplicar el denominado reajuste polinómico. Este consiste en una corrección monetaria entre del valor original a cierta fecha y una fecha posterior.

El reajuste polinómico refleja la variación efectiva que experimentan los costos de construcción de obras públicas y privadas. El sistema de reajuste polinómico considera la variación experimentada por los factores propios de la construcción, como son: Mano de Obra; Equipos y Maquinarias; Materiales, Gastos Generales y Utilidades, en la incidencia que tiene cada uno de ello. En el **Anexo 4** se describe el reajuste polinómico.

c. Equipos nacionales

Para la actualización de equipos nacionales, en ausencia de un factor más específico, se recomienda aplicar la variación experimentada en el periodo en cuestión del Índice de Precios al por Mayor que publica el INE.

d. Equipos importados

En las actualizaciones de valores de equipos importados se debe tener presente la evolución de paridades cambiarias desde la fecha correspondiente al valor de referencia. Idealmente se aplicar el factor resultante de la variación del índice de precios de productos manufacturados entre el año de referencia y el año actual del país de origen; además revisar la evolución de la paridad cambiaria de la moneda del país respectivo.

Países proveedores de equipos aeroportuarios, son principalmente los siguientes:

- EEUU (Dólar/US\$)
- Inglaterra (Libra)
- Francia (Euro)
- Alemania (Euro)
- China (Yuan-Renminbi)
- Japón (Yen)

Se hace notar que si bien Francia y Alemania tienen la misma moneda, la economía de ambos países evoluciona distinta. Eurostat (Agencia estadística de la Unión Europea) maneja información al respecto.

9. DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS

9.1 Alcances Generales

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos en un enfoque de Costo-Beneficio, los beneficios directos de un proyecto pueden derivarse de un ahorro de recursos reales entre la situación base optimizada y la situación donde el proyecto es aplicado, siempre valorizando los componentes de ahorro (o aumento) de costos con sus respectivos precios sociales, que reflejan la escases de cada recurso o su productividad alternativa.

Los proyectos pueden generar un ahorro de recursos en términos operacionales, como por ejemplo disminuyendo los costos de operación de las aeronaves por un cambio de flota o mejoras en las condiciones de operación, debidos a mejoras en la calidad y la cantidad de infraestructura para proveer los servicios necesarios para la operación del transporte aéreo.

Por otro lado, los proyectos pueden mejorar los niveles de servicios percibidos por los usuarios, disminuyendo los tiempos de espera o tiempos de viaje, mejorando las condiciones de servicio o las frecuencias, o generando instancias más eficientes de manejo de documentación y procesos aeroportuarios.

En el caso de los proyectos asociados a la infraestructura para el transporte aéreo, los atributos que componen el nivel de servicio en las alternativas a comparar se refieren a variables tales como la frecuencia entre salidas, el costo del pasaje, la comodidad, los servicios a bordo y, en general, cualquier otro factor que aparezca en la formulación de las expresiones de la utilidad de los usuarios, incluidas en los modelos de demanda. Una de las variables fundamentales de la utilidad de los usuarios, que se ve afectada por la provisión adicional de infraestructura en el transporte aéreo, es el tiempo de espera o demoras de servicio -puede ser entendido como el tiempo comprendido entre la entrada (o salida) del usuario al aeropuerto, y la salida del usuario en transporte aéreo, al momento del despegue (o aterrizaje) de la nave-. El tiempo de viaje, es relativamente independiente de la provisión de infraestructura, y depende más de la ruta y los tramos que componen el vuelo en la nave.

Ello implica que un problema frecuente en evaluación de proyectos de transporte, consiste en comparar una alternativa que consume más recursos pero es de mejor calidad, con una segunda alternativa que consume menos recursos pero es de calidad inferior. Para evitar esto, una primera aproximación al problema ha sido agregar el tiempo de viaje de los usuarios a la lista de recursos considerados, lo cual hace necesario asignar al mismo un "precio social" que puede ser único o dependiente del tipo de usuario.

9.2 Beneficios por ahorro de recursos en la aviación civil

Estos ahorros corresponden a recursos que se transan efectivamente en el mercado y tienen, por lo tanto, un precio de mercado susceptible de ser corregido mediante la aplicación de la metodología establecida por el Ministerio de Desarrollo Social (MDS) para ser llevados a precios sociales.

La expresión matemática de los ahorros de recursos queda dada por la siguiente ecuación:

$$A_j = \sum_{\forall i,j} PUS_i * (RS_{ij} - RC_{ij}) \quad (9.1)$$

Donde:

A_j = Ahorro de recursos, expresado en dinero, para el periodo j

PUS_i = Precio unitario social del recurso i

RS_{ij} = Consumo del recurso i en la situación base optimizada en el periodo j

RC_{ij} = Consumo del recurso i en la situación con proyecto en el periodo j

Siguiendo el enfoque clásico, la evaluación del proyecto, dada la expresión anterior, consiste en comparar una situación base optimizada, la que corresponde a la situación base, realizando todas las mejoras de gestión y proceso que sean posibles, sin generar nueva provisión de infraestructura o recursos, y la situación con proyecto, que además se optimiza considerando la nueva infraestructura o recursos disponibles.

Esta expresión es válida para todos los ahorros de recursos que se describen a continuación.

a. Ahorro en costos de mantenimiento y operación de aeródromos/aeropuertos

Si bien muchas veces se estima que los gastos de mantenimiento tienden a aumentar con el tiempo, para la infraestructura aeroportuaria -donde las alternativas técnicas constructivas sólo son dos: hormigón o asfalto- en varias oportunidades dicha situación no ocurre, especialmente en aquellas iniciativas donde no sólo se considera un mejoramiento en la calidad de los materiales utilizados en la situación con proyecto, sino que además se elabora un programa de mantenimiento que considere también la reposición de elementos de la infraestructura en forma planificada, y que sus costos estén considerados dentro del flujo de costos y beneficios en la evaluación del proyecto, los diferenciales entre la situación con proyecto y la situación base podrían corresponder a beneficios por ahorro en la mantención, cuando corresponda.

b. Ahorro en costos de operación de aeronaves

Los ahorros en costos de operación de aeronaves son obtenibles directamente de los resultados de la modelación utilizada para la proyección de la demanda y de los costos de operación unitarios referidos en el capítulo respectivo, con énfasis en la nave crítica de diseño de la situación con proyecto para calcular este beneficio.

En la formulación anterior debe tomarse en cuenta que un cierto tipo de avión operando

con restricciones, puede tener costos distintos al mismo avión no restringido.

También deberá tenerse en cuenta los vuelos desviados por problemas de diverso tipo en el aeropuerto de destino (por ejemplo, meteorológicos), cuyo impacto en términos de distancias y tiempo de vuelo adicionales puede variar entre la situación base y la con proyecto.

c. Ahorro en costos de operación del transporte terrestre⁵

Tanto en las situaciones base y con proyecto existirá transporte terrestre complementario al aéreo (como modo de acceso o egreso) y competitivo con éste. Sin embargo, lo que interesa es el diferencial de uso entre ambas situaciones, el cual puede estimarse a partir de los volúmenes de demanda previstos para cada situación y cada corte temporal; estos volúmenes estarán expresados en términos de número de pasajeros. La valoración de costos deberá realizarse a precios sociales, utilizando los valores establecidos por la normativa de evaluación social de proyectos de transporte terrestre.

Si el mejoramiento de un aeropuerto produce un cambio en la partición modal más favorable al modo aéreo, se producirá, en general, un mayor consumo de recursos en el transporte terrestre de acceso a las instalaciones aeroportuarias, acompañado por una reducción en los consumos de recursos totales del transporte terrestre de larga distancia.

En la cuantificación de estos ahorros deberá considerarse no sólo los costos operacionales de los vehículos sino también los costos de provisión de infraestructura vial. Sin embargo, dado que el monto de estos beneficios normalmente será relativamente pequeño, podrán utilizarse procedimientos simplificados para su cuantificación.

d. Beneficios por Ahorros en Tiempo Total de Viaje

Estos beneficios forman parte de la metodología tradicional de evaluación. Son aplicables a la carga y pasajeros transportados por la aviación de tipos A, B y D. Para su estimación se considerará la diferencia en tiempos totales de viaje, que consideran el tiempo de acceso desde y hacia el aeropuerto al punto de origen o destino del viaje, y el tiempo total de operación del sistema de cambio intermodal de pasajeros, que ocurre en el total de los procesos que recorre el usuario o la carga en el aeropuerto, tanto en la llegada como la salida, para el conjunto de los pasajeros o carga transportados, entre la situación base y la situación con proyecto. Estas cifras pueden ser importantes si dadas las características del proyecto, se genera un cambio en la partición modal favorable al transporte aéreo, generándose viajes en el modo más rápido. Aún si no existe un cambio en la partición modal, un proyecto que genere disminuciones en los tiempos de proceso en el aeropuerto, disminuyendo el tiempo de espera en el intercambio intermodal, puede tener un impacto relevante en este ítem.

También se debe considerar que los proyectos de infraestructura pueden generar cambios en las rutas aéreas, y por lo tanto, existir cambios en los tiempos de viaje entre el origen y

⁵ Por ahora, para las horas de transporte terrestre de carga ahorrada, no se cuenta con una metodología para poder valorar el costo de oportunidad de la carga, en especial, considerando la existencia de productos perecibles, como el salmón. Sin embargo, MDS y SECTRA están trabajando en el tema.

el destino, considerando tanto el tramo aéreo, como los accesos, sea en el modo de viaje utilizado en el proyecto como en la situación base, si es que existe un cambio de modo. En este caso, deben valorarse los nuevos tiempos de viaje a precios sociales, y considerarse como un beneficio (o aumento de costo) adicional.

Las reducciones en tiempos de viaje obtenidas se valorizarán, para el caso de los pasajeros, utilizando un valor social del tiempo definido por MDS, el cual puede ser dependiente del modo, diferenciando incluso el tipo de modo utilizado en el transporte terrestre, y en el caso de la carga, se valorizarán de acuerdo al costo de capital ahorrado, que equivale a la tasa social de actualización multiplicada por el valor de ella.

9.3 Beneficios de la Aviación Militar

El presente Manual asume que los beneficios en términos de Defensa Nacional derivados del uso mixto civil-militar de los aeropuertos son al menos equivalentes a los costos de inversión, mantención y operación atribuibles a la aviación militar. Para estos efectos se considera aviación militar el Tipo G. La aviación tipo H podrá asimilarse al Tipo G o al Tipo D, dependiendo de la disponibilidad de información.

Para el cómputo de estos beneficios, se deberá en primer lugar clasificar los diferentes componentes de la infraestructura aeroportuaria en las tres categorías siguientes:

- i) Elementos de uso civil exclusivo
- ii) Elementos de uso mixto civil-militar (usualmente las pistas)
- iii) Elementos de uso militar exclusivo

Los costos de inversión, mantención y, en su caso, operación que correspondan a elementos de tipo iii) serán siempre excluidos del análisis. No formarán parte, por lo tanto de los flujos de costos y beneficios del proyecto o plan.

Los costos de inversión, mantención y, en su caso, operación que correspondan a elementos de tipo i), serán incluidos en su totalidad en la evaluación del proyecto, situación base y la con proyecto. El valor resultante se considerará equivalente a un beneficio percibido por la aviación militar, el cual se agregará a los flujos de costos y beneficios del proyecto.

De ser esta descomposición posible, se asumirá que el beneficio de la aviación militar corresponderá a los ahorros de costos incrementales de operación y mantención atribuibles a la aviación militar, entre la situación con proyecto y la base, más un beneficio similar al calculado en c), pero referido sólo a la componente fija de los costos.

9.4 Síntesis

Los términos de referencia de cada estudio específico detallarán las fuentes de beneficios que deberán considerarse en la evaluación. Aplicadas las metodologías en forma adecuada, todos estos beneficios son sumables.

10. CRITERIOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

10.1 Objetivos y fundamentos del proceso de evaluación

La evaluación de alternativas tiene como objetivo esencial entregar la información relevante que sirva de apoyo al proceso de toma de decisiones. Dicha información tiene una relación directa con los objetivos que persigue la iniciativa en consideración. En la medida en que se aborda un problema de asignación de recursos sociales, deben ser incorporados tanto objetivos nacionales de desarrollo y de eficiencia en el uso de recursos, como objetivos locales de un alcance más específico para los grupos y áreas directamente afectadas.

Los resultados de la evaluación técnico-económica deben cumplir los siguientes requisitos:

- Ser comprensibles para todos los especialistas involucrados en el proceso de análisis y decisión técnico-económica.
- Mostrar los diferentes impactos económicos, sociales y ambientales que provoca cada alternativa bajo análisis.
- Mostrar los impactos, positivos o negativos, a nivel de los principales grupos afectados.

En cuanto a los objetivos nacionales, puede destacarse, entre otros, los siguientes en el Transporte Aéreo:

- Apoyar el proceso de desarrollo nacional mejorando la integración de regiones extremas.
- Asegurar un uso eficiente de los recursos en inversión, conservación y gestión de la infraestructura aeroportuaria.
- Maximizar la eficiencia de la operación del sistema de transporte interurbano en su conjunto.
- Aumentar los niveles de seguridad en la utilización del transporte aéreo.
- Contribuir a mantener la soberanía e integridad territorial de la nación.

En cuanto a los objetivos locales, puede señalarse, entre otros:

- Posibilitar el desarrollo de ciertos sectores específicos: comercio, industria, turismo, etc.
- No ser causa de deterioro en las condiciones ambientales y de habitabilidad del territorio.
- Favorecer la movilidad y/o condiciones de seguridad en el transporte de comunidades aisladas.

Por último, cabe destacar que la gran cantidad de objetivos e impactos diferenciados que es posible encontrar en la búsqueda de soluciones a problemas de transporte aéreo, conlleva normalmente a situaciones de conflicto en que determinados objetivos son alcanzados en detrimento de otros. De allí la importancia de desarrollar un exhaustivo proceso de identificación, estimación y evaluación de impactos, a fin de permitir una correcta toma de decisiones.

10.2 Horizonte de evaluación, vida útil, valor residual

El transporte aéreo se caracteriza por su rápido ritmo de desarrollo tecnológico, que implica la aparición frecuente de nuevos tipos de aviones cuyos requerimientos aeroportuarios difieren de los preexistentes. Esta característica dificulta la formulación de predicciones y tiende por lo tanto a aconsejar la consideración de un horizonte de análisis corto. Sin embargo, las inversiones en infraestructura aeroportuaria suelen tener vidas útiles relativamente largas, que aconsejan considerar un horizonte de evaluación más prolongado.

Dado lo anterior, se recomienda adoptar como horizonte de evaluación la vida útil de las obras a realizar, con un máximo de 20 años. Ello significa que debe computarse como un beneficio el valor residual de estas obras al final del horizonte de evaluación.

El valor residual corresponde al costo de oportunidad o mejor uso alternativo del remanente de las obras atingentes al proyecto, al final de su vida útil económica o al término del horizonte de evaluación. Esto significa, en un plano teórico, estimar los beneficios futuros posteriores al último año de análisis, actualizados a dicho año, provenientes del mejor proyecto que utilice parcial o totalmente la infraestructura remanente. Ello plantea problemas de extrema complejidad. Sin embargo, puede estimarse una cota inferior para el valor residual, dada por la siguiente expresión:

$$VR_T = VAN_0 + (I_0 - I_T) \quad (10.1)$$

Donde:

VR_T = valor residual a agregar a los beneficios en el año T (horizonte de evaluación).

VAN_0 = valor social actualizado neto del proyecto al año 0.

I_0 = Inversión año 0, en valor social.

I_T = Inversión marginal social al año T, necesaria para repetir el mismo proyecto.

En general, una parte de I_0 (expropiaciones, movimiento de tierras, provisión de servicios, etc.) se conserva al año definido como horizonte.

Como se mencionó anteriormente, el valor propuesto corresponde a una cota inferior de los beneficios derivados del valor residual de las obras. Si se supone crecimientos moderados de los flujos y de los beneficios ligados a estos, el valor real del valor residual deberá ser superior a esta cota mínima. Para fines de evaluación, sin embargo, se deberá utilizar este valor mínimo salvo que el analista justifique adecuadamente adoptar un valor

superior.

10.3 Situación Base

El proceso de evaluación de alternativas requiere definir una situación base que servirá de referencia para la estimación de los beneficios y costos incrementales a partir de los cuales se computarán los indicadores de rentabilidad de las alternativas con proyecto. Se entiende, por lo tanto, que la situación base puede ser la seleccionada en el caso que ninguna alternativa con proyecto resulte rentable; por esto debe ser factible de implementar. Ello significa que la situación base debe cumplir las condiciones mínimas de efectividad en su funcionamiento, impuestas para el conjunto de alternativas, incluyendo el cumplimiento de las normas técnicas de diseño que corresponda.

La evaluación sólo considerará los flujos de beneficios y costos reales atribuibles al proyecto, expresados en moneda de un mismo momento. Cabe recalcar que al decidir sobre la ejecución de un proyecto, no deben tomarse en cuenta los flujos pasados ni las inversiones existentes.

Por definición, la situación base no debe ser sometida a evaluación en la medida que esta incluya sólo mejoramientos menores. Sin embargo, si el monto de las inversiones de la situación base es elevado, se deberá evaluar la situación base en relación a la situación actual. En estos casos, es probable que la situación actual contemple discontinuar las operaciones de transporte aéreo basadas en el aeropuerto en estudio a partir de cierta fecha por lo cual deberá asumirse que el transporte se realizara utilizando un aeropuerto alternativo, si este existe, o los modos de transporte de superficie. El punto de corte para el monto de inversión que justifica este análisis, deberá ser propuesto por el analista en cada caso a partir de consideraciones basadas en el costo de los estudios de evaluación, dependiendo además de la etapa de análisis (perfil o prefactibilidad). Como referencia general, que puede admitir excepciones en casos justificados, se estima que el costo de los estudios de perfil y prefactibilidad no debiera exceder en conjunto el 1,0% del monto de inversión. Por último, si dentro del horizonte de evaluación la situación base adquiere un elevado nivel de saturación o de deterioro, puede resultar aconsejable plantear mejoramientos en ella en algún año intermedio.

En la situación base deberá incluirse, además los proyectos cuya ejecución ya ha sido aprobada, tanto en infraestructura aeroportuaria como en infraestructura para otros modos de transporte o para sectores productivos, a contar de su fecha de entrada en servicio o puesta en marcha estimada. Es importante recalcar que se debe incluir toda la cartera de proyectos aprobados con fecha de ejecución dentro del periodo de la vida útil del proyecto aeroportuario a evaluar, pues de otra forma, al no incluirlos se incurrirá en una sobreestimación de los beneficios.

A partir de la situación base, se debe construir la situación base optimizada, la cual corresponde a la primera realizando todas las medidas administración o de gestión que sean posible, con el fin de optimizar el funcionamiento del proceso, otorgando el mejor de los niveles de servicios posibles con la infraestructura dada. Estas mejoras pueden ser de

tamaño de la dotación de personal o de la capacitación del existente (o ambas), de procesos y de tecnologías, pero sin incurrir en mayores inversiones en infraestructura. **Es importante recordar que las alternativas de proyecto se comparan con la situación base optimizada.** De este modo se consigue que en la evaluación sólo se consideren los beneficios y costos pertinentes al proyecto, y no los que resultan de meramente reordenar y hacer más eficiente la situación actual, evitando por lo tanto una sobreestimación de beneficios.

Cabe recalcar que de acuerdo a lo señalado, la situación base no es estática sino dinámica, por lo que conviene preverla y proyectarla adecuadamente para los diversos cortes temporales de análisis en el horizonte de evaluación. En este sentido, la situación base puede diferir notoriamente de la situación actual.

10.4 Precio social de los recursos

La evaluación económica se realiza comparando las diversas alternativas con la situación base o de referencia, durante el horizonte definido para el estudio. La comparación se efectúa considerando el valor social de los recursos consumidos. Este se determina aplicando los factores de corrección al precio de mercado de recursos básicos indicados por la División de Evaluación Social de Inversiones del Ministerio de Desarrollo Social (MDS) o utilizando directamente el precio social, según sea el caso.

Una de las tareas de la División de Evaluación Social de Inversiones del Ministerio de Desarrollo Social es mejorar permanentemente el proceso de preinversión pública y, con ello, contribuir a una óptima asignación de los recursos para inversión existentes en el país. Al respecto, en las decisiones de inversión pública, la evaluación social de proyectos es una herramienta ampliamente utilizada con el fin de determinar la rentabilidad social de los proyectos sobre la sociedad. Para una correcta evaluación social de los proyectos se requiere valorizar tanto beneficios como costos de los proyectos usando precios sociales.

El objetivo de la estimación de los precios sociales es disponer de valores que reflejen el verdadero beneficio o costo para la sociedad de utilizar unidades adicionales de recursos durante la ejecución y operación de un proyecto de inversión.

Las principales variables de corrección que se utilizan para el cálculo de los precios sociales corresponden a la tasa de Impuesto al Valor Agregado, valor que es entregado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y el Arancel Aduanero. Es importante señalar que estos valores se deben ir actualizando conforme a la información proporcionada por las instituciones, labor que realiza el MDS.

El MDS publica anualmente el documento *Precios Sociales Vigentes*⁶, el cual actualiza y define los precios sociales a utilizar en la evaluación social de proyectos. Para evaluar los montos sociales de inversión, los precios deben ser referenciados a éste.

⁶ http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/Precios_Sociales_Vigentes.pdf, División de Evaluación Social de Inversiones del Ministerio de Desarrollo Social

10.5 Criterios de proyección de beneficios

Los proyectos son clasificados de acuerdo a sus características en el Capítulo 3, lo que define su metodología de evaluación. Para los proyectos estructurales se recomienda modelar tres cortes temporales: el corte temporal base y dos cortes temporales futuros, obteniendo beneficios anuales para cada uno de ellos. Los beneficios para el resto de los años se obtienen por interpolación o extrapolación. Se recomienda que el último corte temporal coincida con el horizonte de evaluación o se sitúe a lo más cinco años antes de éste.

Para los proyectos no estructurales, bastará en general con dos cortes temporales: el base y un corte futuro ubicado en la mitad del horizonte de evaluación. Los beneficios para el resto de los años se obtienen por interpolación o extrapolación.

Dependiendo de la naturaleza del proyecto, las interpolaciones y extrapolaciones podrán realizarse por separado para cada uno de los ítems de beneficios o costos. Ello será obligatorio cuando alguno de estos ítems pueda verse afectado por problemas de saturación u otras limitaciones.

Las proyecciones e interpolaciones deberán hacerse para cada uno de los escenarios futuros que hayan sido identificados en el estudio de demanda (por ejemplo, optimista, medio y pesimista).

10.6 Criterios e indicadores de rentabilidad

Para decidir la conveniencia de realizar un proyecto de inversión se puede adoptar diversos criterios. En general, todos consisten en comparar de alguna forma los flujos de beneficios y costos de la situación con proyecto, con los correspondientes a la situación base o de referencia.

Los criterios de rentabilidad pueden clasificarse en criterios de corto y largo plazo. El uso de indicadores de corto plazo es adecuado cuando los beneficios son crecientes y cuando el incremento relativo de los beneficios entre alternativas se mantiene aproximadamente constante. Constituye además una forma simple de preseleccionar alternativas cuando éstas son muy numerosas, especialmente en la etapa de perfil. Sin embargo, en el caso de alternativas que significan montos de inversión significativamente diferentes, o vidas útiles distintas, debe utilizarse indicadores de largo plazo.

10.6.1 Criterios de rentabilidad de corto plazo

Los indicadores de rentabilidad de corto plazo a utilizar corresponden a la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) o Tasa de Retorno del Primer Año, y al Valor Actualizado Neto del Primer Año (VAN_1).

a. Tasa de rentabilidad inmediata

La Tasa de Rentabilidad Inmediata, representa el grado de retorno de la inversión en el primero año de vida del proyecto implementado.

Si la TRI es mayor que la tasa de actualización social (a) vigente, el proyecto se considera rentable a condición de que exista una razonable evidencia de que los beneficios son crecientes en el tiempo. En el caso de que la TRI resulte menor a la tasa social e descuento, no significa que el proyecto no sea rentable, sino que debe postergarse un periodo, y luego volver a calcular la TRI (en el año 2, el año 3, y así sucesivamente), hasta que esta sea mayor a la tasa de descuento, indicando el año óptimo de inversión.

$$TRI = \frac{b_1}{I_o} \quad (10.2)$$

Donde:

TRI = tasa de rentabilidad inmediata (o tasa de retorno del primer año) y corresponde al valor de la tasa de actualización social (a) que hace cero el valor actualizado neto del primer año;

b_1 = beneficios del primer año de funcionamiento del proyecto;

I_o = inversión actualizada al año anterior al primero de funcionamiento.

b. Valor Actualizado Neto del Primer Año

El valor actualizado neto del primer año (VAN_1) representa el valor agregado del proyecto en el primer año. También se puede interpretar como el costo de postergar el proyecto si este es rentable.

Para el primer año se calcula como:

$$VAN_1 = \frac{b_1 - I_o * r}{1 + r} \quad (10.3)$$

Donde:

VAN_1 = valor actualizado neto del primer año.

r = tasa de actualización social.

I_o = inversión actualizada al año anterior al primero de funcionamiento.

b_1 = beneficios del primer año de funcionamiento del proyecto.

10.6.2 Criterios de rentabilidad de largo plazo

Los indicadores principales de largo plazo corresponden al Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Existen además otros indicadores, tales como la razón Beneficio-Costo (B/C), el Valor Actualizado Neto por unidad de inversión ($IVAN$) y el periodo de recuperación del capital, los cuales pueden ser utilizados como complemento a los indicadores principales cuando ello se justifique.

Para su estimación se requiere contar con costos y beneficios anuales durante el horizonte de evaluación, tanto para la situación base como para la(s) alternativa(s) en estudio. Estos indicadores se calculan con el siguiente procedimiento.

a. Tasa interna de retorno

Corresponde a aquel valor de la tasa de actualización social que hace cero el VAN .

Analíticamente,

$$0 = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} \quad (10.4)$$

Donde:

I_0 = valor social de la inversión actualizado al año anterior al de puesta en funcionamiento de la alternativa.

B_t = beneficio social neto en el año t del proyecto. Si $t = n$ (ultimo año de vida útil económica) debe agregarse a b_t el valor residual.

C_t = costo social neto en el año t del proyecto.

TIR = tasa interna de retorno

El criterio de decisión indica que si la TIR del proyecto es mayor que la tasa social de actualización, el proyecto es conveniente. En caso contrario, no es propicio ejecutarlo.

La TIR es útil para proyectos que se comportan normalmente, es decir, que primero tienen costos y, después, generan beneficios. Si el signo de los flujos del proyecto cambia más de una vez, existe la posibilidad de obtener más de una TIR. Al tener soluciones múltiples, todas positivas, cualquiera de ellas puede inducir a adoptar una decisión errónea. Esto es así, por cuanto en el cálculo de la TIR se supone implícitamente que los flujos netos que se obtienen en cada periodo se reinvierten a esa misma tasa.

Es importante acentuar que la tasa interna de retorno no puede usarse para decidir entre proyectos mutuamente excluyentes, pues, aunque el proyecto A tenga una tasa interna de retorno superior a la del proyecto B, el valor actual neto de A puede ser inferior al de B.

La utilización del criterio de la TIR tiene la ventaja, para proyectos independientes, de dar una imagen de la rentabilidad, al arrojar como resultado una tasa que posibilita la comparación de proyectos. El concepto de tasa de rentabilidad es, además, muy atractivo para las instituciones financieras que suministran créditos para inversión.

b. Valor actualizado neto

Está dado por:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} \quad (10.5)$$

Donde:

B_t = beneficios del año t de funcionamiento del proyecto.

C_t = costos del año t de funcionamiento del proyecto.

r = tasa de actualización social.

I_0 = inversión actualizada al año anterior al primero de funcionamiento.

El VAN puede ser calculado en cualquier momento y la relación entre varios momentos

será:

$$VAN_j = VAN_0(1+r)^j \quad (10.6)$$

en que VAN_j es el valor actual neto al año j , y VAN_0 es el valor actual neto del mismo flujo en el año cero.

Debe tenerse en cuenta que, para todas las alternativas de proyecto por comparar, el valor actual neto se debe calcular para un mismo momento; es decir, para un mismo año, no importando el que se elija.

Esto es muy importante, porque si se calculan los valores actuales netos de varias alternativas de proyectos para distintos momentos, esos valores no podrán ser comparados, pues no serán homogéneos. Por lo tanto, a pesar de que los proyectos por comparar tengan distintos periodos de construcción (o sea que comiencen en años diferentes) siempre se deberá actualizar el flujo de ingresos netos de esos proyectos referido a un año común.

Utilizando el criterio del VAN, un proyecto es rentable si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos, cuando éstos se actualizan con la misma tasa de actualización.

Todo proyecto con VAN positivo es rentable desde el punto de vista económico. Al comparar proyectos, sin embargo, deberá incluirse además los restantes impactos, según la metodología desarrollada en el Capítulo II.

10.7 Criterios específicos

10.7.1 Momento óptimo de inicio de un proyecto

El momento óptimo de inicio de un proyecto se determina utilizando el criterio del VAN. Podría ser conveniente iniciar un proyecto en el año en curso o en uno, dos o varios años más. En este sentido las alternativas de inicio de las obras constituyen proyectos mutuamente excluyentes.

Al comparar las diferentes alternativas de inicio de los proyectos se recomienda tener en cuenta dos aspectos básicos: que el VAN sea calculado a un mismo momento para todas las alternativas y que la alternativa de inicio más conveniente sea la que posee el VAN máximo.

Cuando los flujos de beneficios b_i son crecientes en el tiempo, el año óptimo puede determinarse como el primer año en el cual b_i supera al producto de la tasa de actualización " r " por el valor actualizado de la inversión (I_0), esto es:

$$b_{k-1} < r * I_0 < b_k$$

10.7.2 Comparación entre proyectos de distinta vida útil

En el caso de proyectos alternativos de distinta vida útil, se recomienda realizar el análisis y modelación para un período equivalente a la mayor de las vidas útiles, y elegir como

horizonte de evaluación la menor de las vidas útiles. Ello significa que los beneficios del proyecto de mayor vida útil que se perciban más allá del horizonte de evaluación, serán considerados como un valor residual de esta alternativa. Sin embargo, si la diferencia de vidas útiles fuera demasiado grande, se podrá considerar que el proyecto de menor vida útil se repite dos o más veces de modo de aproximar la duración total a la vida útil del otro proyecto.

10.8 Análisis de sensibilidad

A través de este análisis se intenta medir el nivel de sensibilidad en la estimación de los indicadores de rentabilidad frente al comportamiento de determinadas variables de relevancia. En la selección de una variable a sensibilizar, debe considerarse dos aspectos básicos:

- que tenga un impacto significativo en la estimación de los costos de inversión de beneficios económicos, y
- que presente un nivel de incertidumbre apreciable en su estimación actual o futura.

Se deberá definir para cada caso un rango probable de variación con relación al valor medio estimado, sensibilizando individualmente el impacto causado sobre los indicadores de rentabilidad.

Sin perjuicio de que cada estudio plantee exigencias adicionales de sensibilización de acuerdo a sus características, se estima como mínimo calcular los indicadores de rentabilidad para los siguientes rangos de variación de las variables que se indican en el **Cuadro N° 10.1**, para cada etapa de evaluación.

Cuadro N° 10.1: Rango de variación de las variables a sensibilizar

VARIABLE	RANGO	
	PERFIL	PREFACTIBILIDAD
Costo global de la inversión	± 40%	± 20%
Valor residual	±100%	± 100%
Valor de las expropiaciones	± 30%	± 25%
Beneficios de tiempo de viaje o beneficios de usuarios	-100%	-40%
Beneficios por costos de operación	± 30%	± 20%
Tasa de crecimiento de los beneficios	± 40%	± 30%

10.9 Análisis de incertidumbre

La dificultad para predecir con certeza los acontecimientos futuros hace que los valores estimados para los ingresos y costos de un proyecto no sean exactos y estén sujetos a errores. Tal falta de certeza implica la presencia de riesgos, parte de los cuales pueden ser predecibles y, por lo tanto asegurable. Otros son impredecibles; esto es caen bajo el concepto de incertidumbre.

Los riesgos predecibles se incluyen en la evaluación del proyecto a través de los costos de las primas de los seguros correspondientes. De esta forma, es posible considerar riesgos como accidentes, incendios, robos, etc.

A continuación, se hacen algunas indicaciones prácticas para incorporar la incertidumbre al análisis de proyectos. Como primer paso conviene identificar las variables cuyos valores están sujetos a mayores variaciones y seleccionar entre ellas las más importantes o que, a juicio del analista de proyectos, incidan mayormente en los resultados finales. Para ello se tomara como punto de partida las incluidas en el análisis de sensibilidad. Tales variables pueden expresarse como una distribución de probabilidades (variables aleatorias).

En presencia de incertidumbre se obtiene una distribución de probabilidades del VAN de un proyecto y es posible por lo tanto calcular el VAN esperado y su desviación estándar. Es posible en este caso pensar, al menos en forma aproximada, la hipótesis de que el VAN no es significativamente diferente de cero, para determinar así la conveniencia de ejecutarlo. Resulta por otra parte posible estimar intervalos de confianza para el VAN, esto es, un rango de valores tal que existe una probabilidad alta (usualmente 90% o 95%) de que el VAN este contenido en dicho rango.

Los resultados obtenidos complementan los del análisis de sensibilidad y permiten una apreciación más clara de la robustez de las diferentes alternativas.

ANEXOS

ANEXO 1: BIBLIOGRAFÍA Y SITIOS DE CONSULTA

Capítulo 4: Antecedentes y Estadísticas de Transporte Aéreo

Junta de Aeronáutica Civil	www.juntadeaeronauticacivil.cl/estadistica.html www.jac-chile.cl/estadisticas.html
Dirección General de Aeronáutica Civil	www.dgac.gob.cl
SERNATUR-Servicio Nacional de Turismo	www.sernatur.cl www.sernatur.cl/estadisticas-sernatur
Aeropuerto de Santiago	www.aeropuertosiatiago.cl
Empresa de los Ferrocarriles del Estado:	www.efe.cl
Instituto Nacional de Estadísticas	www.ine.cl
Banco Central de Chile	www.bcentral.cl
LAN Airlines	www.lan.com
SKY Airline	www.skyairline.cl
PAL Airline	www.palair.com
Cámara Marítima y Portuaria de Chile	www.camport.cl/estadisticas.php
Cámara de Comercio de Santiago	www.ccs.cl www.portalcomexccs.cl/sitio/
Airports Council International Europe	www.aci-europe.org/policy/position-papers.html
Airport Traffic Report. ACI Europe, publica mensualmente Airport Traffic Report, que actualmente incluye una muestra de sobre 163 aeropuertos.	
Airline Network News and Analysis	www.ana.aero www.anna.aero/category/airport-analysis/
International Air Transport Association	www.iata.org
International Civil Aviation Organization	www.icao.int
OAG	www.oag.com/
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico	www.oecd.org
American Association of Airport Executives	www.aaae.org

Capítulo 5: Estudio de Demanda

Modelos de Demanda de Transporte. Juan de Dios Ortúzar. (2000), Segunda Edición, Ediciones Universidad Católica de Chile

Modelos Econométricos de Elección Discreta. Ediciones, Ortúzar, J. de D. (2000), Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

Modelling Transport, Juan de Dios Ortúzar, Luis G. Willumsen, (2011), Cuarta Edición, John Wiley and Sons, Chichester.

Modeling Applications in the Airline Industry, Ahmed Abdelghany and Khaled Abdelghany (2009)/Ashgate Publishing Company

Survey Methods for Transport Planning, Anthony J. Richardson, Elizabeth S. Ampt, Armin H. Meyburg/Eucalyptus Press

Discrete Choice Modelling and Air Travel Demand, Theory and Applications; Laurie A. Garrow/Ashgate Publishing Company

Airport Engineering, Planning, Design, and Development of 21st-Century Airports; Norman J. Ashford, Saleh A. Mumayiz, and Paul H. Wright/John Wiley & Sons, Inc., Fourth Edition

Time Series Analysis. Forecasting and Control. G. Box & G. Jenkins, (1976), Holden-Day. San Francisco.

Airport Terminal Reference Manual. International Aviation Transport Association - IATA. Montreal. (1989)

Manual de Previsión del Tráfico Aéreo. Doc. 8991-A T/722, Organización de Aviación Civil Internacional-OACI, Montreal. (1985)

Capítulo 6: Estándares de Servicio

Facilitación/Anexo 9 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, Normas y métodos recomendados internacionales, OACI

<http://www.iata.org/pemg>

<http://www.iata.org/workgroups/Pages/pemg.aspx>

<http://iata.org/stb> Simplifying the Business

<http://www.iata.org/workgroups/Pages/passenger.aspx>

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Pages/passenger-facilitation.aspx>

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Pages/e-freight.aspx>

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Pages/inex.aspx>

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/pf-presentation-2012.pdf>

Project Material-Passenger Facilitation

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/maps/Pages/passenger-facilitation.aspx>

Project Material-Airports with Automated Border Control

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/rp-1701a-pax-data-2012.pdf>

Passenger Data-Recommended Practice 1701a

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/campaign-results-paxdata-2012.pdf>

Passenger Data-Campaign Results Passenger Data

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/rp-security-checkpoint-2012.pdf>

Security Access Improvements-Recommended Practice 1701h

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/pf-guide-security-2012.pdf>

Security Access Improvements-Security Access & Egress Implementation Guide

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/security-access-results-2012.pdf>

Security Access Improvements-Campaign Results Security Access

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/security-project-briefing-2012.pdf>

Security Access Improvements-Project Brief

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/rp1701-traveler-scheme-2012.pdf>

Automated Border Control-Recommended Practice 1701 l

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/fast-travel/Pages/index.aspx>

Fast Travel-Fast Travel Program

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/fast-travel/Documents/fast-travel-program-strategy.pdf>

Fast Travel-Fast Travel Program-Program Strategy

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/fast-travel/Documents/iata-public-whitepaper-issue1.pdf>

Fast Travel-The Benefits of Mobile NFC for Air Travel

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/fast-travel/Documents/fast-travel-factsheet.pdf>

Fast Travel-Fast Travel Fact Sheet

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/fast-travel/Documents/self-tagging-memo12.pdf>

Fast Travel-Passenger Application of Checked Baggage Destination Tags at Airports within the United States

<http://www.iata.org/bip>

Baggage Improvement Program

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Pages/index.aspx>

Baggage Improvement Program-Baggage Improvement Program (BIP)

http://www.iata.org/iata/BIP_Tutorial/index.html

Baggage Improvement Program-Tutorial Baggage Improvement Programme

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Documents/bip-factsheet-feb-2012.pdf>

Baggage Improvement Program-Baggage Improvement Program Fact Sheet

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/RFID%20position.pdf>

Baggage Improvement Program-RFID in Aviation

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Documents/bip-ms-casestudy.pdf>

Baggage Improvement Program-Egypt Air Case Study/Cairo International Airport

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Documents/bip-klm-casestudy12.pdf>

Baggage Improvement Program-KLM Case Study/Amsterdam Airport Schiphol

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Documents/bip-us-airways-case-study-2010.pdf>

Baggage Improvement Program-US Airways Case Study/ Boston Logan International Airport (BOS)

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Documents/BIP%20-%20AF%20Case%20Study%202010.pdf>

Baggage Improvement Program-Air France Case Study/Charles De Gaulle (CDG)

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/bip/Documents/A3%20BIP%20Case%20Study%201%202012.pdf>

Baggage Improvement Program-Aegean Airlines Case Study/Athen International Airport

http://www.iata.org/workgroups/Documents/CUPPS%20Implementation%20Guide%20-%20V1_0%20May%202012.pdf

Common Use Passenger Processing Systems (CUPPS)

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/cuss/pages/index.aspx>

CUSS-Common Use Self Service

<http://www.iata.org/whatwedo/stb/Documents/On%20the%20cusp%20of%20CUSS.pdf>

CUSS-On the Cups of CUSS

<http://www.aci.aero> Airports Council International

<http://www.aci.aero/Publications> ACI Publications Catalogue

<http://www.aci.aero/About-ACI/Priorities/Airport-IT/Documentation> Airport IT Documentation

<http://www.aci.aero/About-ACI/Priorities/Technical-Issues/Documentation> Technical Issues-Documentation

<http://www.airportservicequality.aero/content/services.html> ASQ-Airport Service Quality

http://www.aci-lac.aero/cda/aci_common/display/main/aci_content07_c.jsp?zn=aci&cp=1552_666_2 ACI Latin America & Caribbean

Capítulo 7: Diseño Físico y Operacional

Fuentes:

- Normas y publicaciones de la DGAC:
- Normas Aeronáuticas, entre otras: DAR 14 (Reglamento de Aeródromos), DAR 17 (Reglamento Seguridad, Protección de la Aviación Civil contra Actos de Interferencia Ilícita), DAN 1109 (Comunicaciones aeroterrestres para pilotos y servicios de tránsito aéreo), DAN 1402 (Servicio Seguridad, Salvamento y Extinción de Incendios), DAN 11 11 (Diseño de dependencias para los servicios de tránsito aéreo y equipamiento asociado) y DAN 14 05 (Diseño e implementación de los cuarteles del Servicio de Seguridad, Salvamento y Extinción de Incendios-SSEI)
- Estadísticas de operaciones de tráfico aéreo (ver www.dgac.cl/tindex.htm).
- Publicaciones de Información Aeronáutica (AIP-CHILE, AIP-MAP).
- Conjunto de Especificaciones Técnicas de la Dirección de Aeropuertos (DAP), del Ministerio de Obras Públicas (MOP),
- Normas, métodos recomendados y manuales de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)
- Normas y especificaciones de la Federal Aviation Administration (FAA) de los EE.UU. que sean pertinentes.
- Manual de Desarrollo Aeroportuario Terminal de Pasajeros, Dirección de Aeropuertos, Ministerio de Obras Públicas (2011)
- Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del MOP
- Publicaciones "Airport Planning" de los diferentes fabricantes de aeronaves que operarán en el nuevo aeródromo/aeropuerto.
- Estadísticas de tráfico aéreo de la JAC.
- Leyes, reglamentos y normas nacionales vigentes:
- Normas del Instituto Nacional de Normalización (INN) (www.inn.cl).
- Ley General de Urbanismo y Construcción y Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.
- Reglamento General de Instalaciones Domiciliarias de Alcantarillado y Agua Potable
- Reglamento General de Alcantarillado Particular.
- Reglamento de Residuos Peligrosos, Ministerio de Salud
- Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Sistemas de Alcantarillado.
- Manual de Normas Técnicas para la Realización de las Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado
- Normas de Monumentos Nacionales.
- Convenio 169 de la OIT Sobre Pueblos Indígenas y Tribales en países independientes.
- Normas de exploración y explotación de aguas subterráneas.

- Normas, Decretos y Resoluciones del Ministerio de Salud y del MOP referidos a la calidad del agua destinada a consumo humano, así como las normas de exploración y explotación de aguas subterráneas.
- Normativa Ambiental vigente.
- Reglamentos y normas de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) (<http://www.sec.cl>).
- Reglamento Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en Lugares de Trabajo.
- En materias no cubiertas por los documentos anteriores: International Conference of Building Officials, Uniform Building Code.
- Normas internacionales:
- Las pertinentes para definir y especificar procedimientos, instalaciones, equipos o construcciones especiales tales como: combustible (API), incendio (NFPA), cuartel SEI (NFPA), climatización, seguridad, CCMS, instalaciones electromecánicas, protección contra incendios, telecomunicaciones, etc.

Complementariamente a continuación se detallan, entre otros, textos de ingeniería aeroportuaria que pueden ser consultados al momento de diseñar un aeródromo/aeropuerto:

"*Planning & Design of Airports*". Robert Horonjeff, Francis X. McKelvey - McGraw-Hill, Inc. 4th edition (ISBN 0-07-045345-4).

"*Airport Operations*". Norman Ashford, H. P. Martin Stanton, Clifton A. Moore - John Wiley & Sons (ISBN 0-471-89613-6).

"*Airport Terminals*". Christopher J. Blow - Butterworth-Heinemann, 2nd edition (ISBN 0-7506-2585-6).

"*Airport Planning & Development Handbook*". Paul Stephen Dempsey - McGraw-Hill, (ISBN 0-07-134316-4).

"*Aviation Security in Airport Development*", Department of Transport, United Kingdom, March 1996.

Airport Engineering. Planning, Design, and Development of 21st Century Airports/Norman J. Ashford, Saleh A. Mumayiz, and Paul H. Wright (Fourth Edition).

Transporte Aéreo e Ingeniería Aeroportuaria/Sebastián Truyols Mateu-Francisco Alcubilla de la Fuente (6a Edición). Delta Publicaciones.

Planeamiento de Aeropuertos/Marcos García Cruzado. Fundación AENA.

Ashford. N. and Wright. P.H. (1979) *Airport Engineering*. John Wiley & Sons. Nueva York.

Ashford. N. Stanton. H.P.M. y Moore. C.A. (1984) *Airport Operations*. John Wiley & Sons, Nueva York.

DGAC, Reglamento de Aeródromos DAR-14, Dirección General de Aeronáutica Civil.

Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas, Manual de Carreteras.

FAA (1975) *The Apron & Terminal Building. Planning Manual*. Doc. RD-75-191. Federal Aviation Administration. Washington. D.C.

FAA (1980) *Air Cargo Facilities*. AC 150/5360-2. Federal Aviation Administration. Washington. D.C.

FAA (1982) *Airport Capacity and Delay*. Advisory Circular AC 150/5060-5. Federal Aviation Administration. Washington. D.C.

FAA (1978) *Airport Pavement Design and Evaluation*. AC 150-5320-6C. Federal Aviation Administration. Washington. D.C.

FAA, *Airport Master Plans*, Advisory Circular 150/5000-13A, Federal Aviation Administration.

FAA, *The Airport System Planning Process*, Advisory Circular 150/5070-6B, Federal Aviation Administration.

FAA, *Airport Design*, Advisory Circular 150/5300-13, Federal Aviation Administration.

FAA, *Planning and Design Guidelines for Airport Terminal Facilities*, Advisory Circular 150/5360-13, Federal Aviation Administration.

FAA, *Planning and Design Airport Terminal Facilities at Non Hub Locations*, Advisory Circular 150/5360-9, Federal Aviation Administration.

IATA, *Airport Development Reference Manual*. International Air Transport Association - IATA. Montreal.

IATA, *Airport Handling Manual (AHM)*, 32nd edition including IATA Ground Operations Manual.

IATA, *The Air Cargo Tariff and Rules (TACT)*.

IATA, *Baggage Services Manual*.

IATA, *Live Animals Regulations (LAR)*.

MIDEPLAN-SECTRA, *Análisis y Desarrollo de Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos de Infraestructura Aeroportuaria*, Ministerio de Planificación y Coordinación-SECTRA.

MIDEPLAN-SECTRA, *Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana*, Ministerio de Planificación y Coordinación-SECTRA.

OACI (1999), *Anexo 14 Aeropuertos, Volumen I Diseño de Aeropuertos y Operaciones*.

OACI (1995), *Anexo 14 Aeropuertos, Volumen II Helipuertos*.

OACI (1997), *Annex 16 Environmental Protection, Volume I Aircraft Noise*.

OACI (1995), *Annex 4 Aeronautical Charts*.

OACI (1998), *Annex 3 Meteorological Service for International Air Navigation*.

OACI (1996), *Aerodrome Design Manual-Doc. 9157. Part 1 Runways*.

OACI (1997), *Aerodrome Design Manual-Doc. 9157. Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays*.

OACI (1997), *Aerodrome Design Manual-Doc. 9157. Part 3 Pavements*.

OACI (1997), *Aerodrome Design Manual-Doc. 9157. Part 4 Visual Aids*.

OACI (1998), *Aerodrome Design Manual-Doc. 9157. Part 5 Electrical Systems*.

OACI (1999), *Airport Planning Manual-Doc. 9184. Part 1 Master Planning*.

OACI (1996), *Airport Planning Manual-Doc. 9184. Part 2 Land Use and Environmental Control*.

OACI (1987) *Manual de Planificación de Aeropuertos*. Doc. 9184-AN/902, Organización de Aviación Civil Internacional, Montreal.

OACI (1984) *Manual de Proyecto de Aeródromos - Parte 1 Pistas*, Doc. 9157 -AN/90, Organización de Aviación Civil Internacional, Montreal.

OACI (1981) *Protección del Medio Ambiente, Volumen I -Ruido de las Aeronaves, Anexo 16, Organización de Aviación Civil Internacional, Montreal.*

UTMA (1994) *Normativa de Impacto Ambiental para Proyectos del MOP y Guías Metodológicas para su Aplicación. Unidad Técnica del Medio Ambiente del Ministerio de Obras Públicas. Santiago.*

- Dirección de Aeropuertos, Ministerio de Obras Públicas www.aeropuertos.gov.cl
- Dirección General de Aeronáutica Civil-DGAC www.dgac.gob.cl
- Organización de Aviación Civil Internacional-OACI www.icao.int
- Federal Aviation Administration-FAA www.faa.gov
- International Air Transport Association-IATA www.iata.net
- Instituto Geográfico Militar-IGM www.igm.cl
- Servicio Hidrográfico de la Armada-SHOA www.shoa.cl
- Instituto Nacional de Estadísticas-INE, www.ine.cl
- Banco Central de Chile, www.bcentral.cl
- Dirección de Planeamiento, Ministerio de Obras Públicas, www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/indicepolinomico/Paginas/default.aspx
- Centro de Documentación, Dirección de Aeropuertos (CEDOC) www.aeropuertos.cl
- EUROSTAT (Oficina de estadísticas de la Unión Europea),
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- U.S. Bureau of Labor Statistics, www.bls.gov
- U.S. Bureau of Economic Analysis (BEA), www.bea.gov
- Institut National de la Statistique et des Études Économiques (Francia)
www.insee.fr/fr ; www.insee.fr/en
- Destatis Statistisches Bundesamt (Alemania), www.destatis.de
- National Bureau of Statistics of China, www.stats.gov.cn/english/index.htm
- Statistics Bureau, Director-General for Policy Planning (Statistical Standards) and Statistical Research and Training Institute (Japón), www.stat.go.jp/english/index.htm
- Empresa Nacional del Petróleo- ENAP, www.enap.cl (Precio Petróleo Brent)
- Cámara Chilena de la Construcción (CChC), www.cchc.cl
- ONDAC, <http://www.ondac.cl>

Capítulo 8: Determinación de Costos

- EUROCONTROL, Standards Inputs for Eurocontrol Cost Benefit Analysis (October 2009),
www.eurocontrol.int/ecosoc/public/standard_page/documents.html
- Cámara Chilena de la Construcción www.cchc.cl
- Ondac Chile S.A. www.ondac.com
- Dirección de Aeropuertos-MOP www.aeropuertos.gov.cl
- Coordinación de Concesiones de Obras Públicas www.concesiones.cl
- Dirección General de Aeronáutica Civil www.dgac.gov.cl
- Banco Central de Chile www.bcentral.cl
- Instituto de Estadísticas (INE) www.ine.cl
- Boeing Company www.boeing.com
- Airbus S.A.S. www.airbus.com
- LAN Airlines www.lan.com
- Sky Airline www.skyairline.cl
- École Nationale de l'Aviation Civile- ENAC www.enac.fr/leea/database.htm
- Institut du Transport Aérien-ITA www.ita-paris.com
- IATA, Fuel price analysis,
www.iata.org/whatwedo/economics/fuel_monitor/price_analysis.htm
- US Energy Information Administration,
www.eia.doe.gov/emeu/International/contents.html
- Aviation Research Group, www.aviationresearch.com/Free/fuel-survey.asp
- ICAO, Base-line Aircraft Operating Costs (2000),
www.icao.int/icao/en/ro/allpirg/allpirg4/wp/28app.pdf
- ENAP (Empresa Nacional de Petróleo), www.enap.cl
- AENA-Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, www.aena.es
- US DOT Form 41 Airline Operational Cost Analysis Report, IATA, March 2011
- An Economic Model of U.S. Airline Operating Expenses, Franklin D. Harris, University of Maryland, NASA/CR-2005-213476, December 2005
- <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/>
- <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a320family/a321/> en Useful Links se encuentran manuales
- http://www.boeing.com/commercial/airports/plan_manuals.html Características

Aviones Comerciales de Boeing

- http://www.chapman-freeborn.com/es/commercial_aircraft_specifications/
<http://airvoila.com/nuevo-boeing-797-con-capacidad-para-1000-pasajeros/>
<http://airvoila.com/category/aviones-comerciales/>
- <http://www.aeroespacio.com.ar/index.php/home/item/1022-precios-de-cat%C3%A1logo-y-caracter%C3%A1sticas-principales-de-los-aviones-comerciales.html>

Capítulo 8: Precios de Catálogo

- http://elaviadorsv.net/fichas_tecnicas.htm
- <http://www.linguee.es/espanol-ingles/traduccion/aviones+comerciales+.html>
- <http://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=4250>
- <https://www.conklindd.com/Page.aspx?hid=794>
<https://www.conklindd.com/Page.aspx?cid=1115>
- www.aviationexplorer.com
- <http://scholar.lib.vt.edu/theses/public/etd-192413201974500/etd.pdf> Modeling Aircraft Fuel Consumption with a Neural Network
- http://www.enviro.aero/Content/Upload/File/ATAG_EfficiencyGuide_REPRINT_web.pdf
- Beginner's Guide to
- http://www.transportenvironment.org/sites/default/files//docs/Publications/2005publics/2005-12_nlr_aviation_fuel_efficiency.pdf
- Fuel efficiency
- http://www.phxskyharbor.com/pdf/feis_appendix_i.pdf
- Appendix I Energy: Aircraft Fuel Consumption
- http://www.eurocontrol.int/ecosoc/gallery/content/public/documents/CBA%20examples/Standard_Inputs_fin.pdf
- Standard Inputs for Eurocontrol Cost Benefit Analyses
- <http://www.casa.gov.au/scripts/nc.dll?WCMS:OLDASSET::svPath=/manuals/regulate/acm/,svFileName=256r002.pdf>
- Standard Economic Values Guidelines-Travel-related Values
- <http://www.eurocontrol.int/ecosoc/gallery/content/public/documents/CBA%20examples/standardinputs.pdf>
- Standard Inputs for Eurocontrol Cost Benefit Analyses 2005
- http://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/documents/projects/CARE/CARE_INO_III/DCI_TDD9-0_Airline_maintenance_marginal_delay_costs.pdf
- Innovative Cooperation (mantenimiento)
- <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/official-documents/trends-in-air-traffic/tat7-planning-for-delay-2010.pdf>
- Planning for Delay:
- <http://intranet.imet.gr/Portals/0/UsefulDocuments/documents/02224.pdf>
- Impact of Operational Cost on Air Carrier, Cost Structure Evidence From US Airlines

- <http://www.eurocontrol.int/ecosoc/gallery/content/public/documents/CBA%20examples/standardinputs.pdf>
- www.eurocontrol.int/prc/gallery/content/public/docs/cost_of_delay.pdf
- <http://www.transportenvironment.org/publications/fuel-efficiency-commercial-aircraft-overview-historical-and-future-trends>
- Fuel efficiency of commercial aircraft: An overview of historical and future trends
- <http://web.mit.edu/aeroastro/people/waitz/publications/AircraftEnergyUse.pdf>
- Aircraft and Energy Use
- <http://www.eia.gov/todayinenergy/>
- <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=6670>
- High airline jet fuel costs prompt cost-saving measures

ANEXO 2: RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN PARA MODELAR LA DEMANDA POR VIAJES

A2.1 Introducción

Para predecir el comportamiento de los usuarios de un sistema de transporte se han ocupado tradicionalmente técnicas basadas en la observación del comportamiento real de los individuos, es decir, el medio de transporte utilizado, el tiempo de viaje medido entre un par origen-destino, la tarifa cancelada por el servicio, etc.; este conjunto de información constituye lo que se denomina “preferencias reveladas” (PR). Sin embargo, las PR presentan problemas serios si se las desea utilizar en el análisis de opciones que no están presentes en el año base (por ejemplo, la introducción de un nuevo servicio) o cuando se intenta determinar el efecto de atributos relativamente subjetivos o difícilmente medibles como la seguridad o la comodidad.

Para modelar la demanda, considerando atributos como los antes mencionados, surgió una técnica alternativa, las “preferencias declaradas”, (PD) que consisten en obtener respuestas de los individuos frente a como actuarían en determinadas situaciones de elección hipotéticas.

Por construcción esta técnica no posee las desventajas de las PR, pero está sujeta a la indeterminación que significa no tener seguridad acerca de si los individuos actuarían realmente como lo han declarado cuando se presente la ocasión.

En este anexo se discuten las principales características de ambos enfoques, haciendo énfasis en la distinción entre información transversal y series de tiempo. Se dedica mayor espacio a la metodología PD, sobre la cual hay menos experiencia en el país, discutiendo temas tales como el diseño de experimentos que resultan básicos para el buen éxito del análisis.

Sin embargo, antes de efectuar la descripción de los métodos mencionados, se estima conveniente resumir algunas consideraciones importantes sobre el problema de muestreo en general, que está en la presente en cualquier proceso de recolección de información.

A2.2 Métodos de muestreo

A2.2.1 General

La mayoría de los métodos aceptables se basan en alguna forma de muestreo aleatorio; lo fundamental en estos casos es que la selección de cada unidad se realice en forma independiente y que cada unidad en la población tenga la misma probabilidad de ser muestreada. Los métodos de mayor interés son:

- Muestreo aleatorio simple, que no sólo es el método más sencillo sino que constituye la base de los restantes; consiste en asociar un número identificador a cada unidad en la población y luego estos números se seleccionan al azar para obtener la muestra; así, teóricamente la probabilidad de ser seleccionado es la misma para cada miembro de la población. El problema para garantizar esto, es que puede requerirse muestras muy grandes; en caso contrario se presenta el problema de qué alternativas muy poco utilizadas (pero que puedan tener especial interés o que se espera sean vitales a futuro), pueden no aparecer nunca seleccionadas y en este caso no sería posible extraer

conclusiones validas respecto de la alternativa en cuestión.

- Muestreo aleatorio estratificado, en que se utiliza información a priori para subdividir la población en estratos de forma que las unidades al interior de cada uno sean tan homogéneas como sea posible respecto a la variable estratificadora, y luego se muestrea aleatoriamente en cada estrato ocupando la misma fracción muestral. Este método es útil, en general, pues permite asegurar la obtención de las proporciones correctas de cada estrato en la muestra; esto puede ser muy importante en aquellos casos en que haya subgrupos relativamente pequeños en la población, ya que, como se señaló, podrían quedar sin representación en un muestreo aleatorio simple. También es posible estratificar con respecto a más de una variable, creando una matriz n-dimensional de celdas grupales. Sin embargo, hay que tener cuidado con el número total de celdas creadas, ya que éste crece geométricamente con el número de estratos y se puede llegar fácilmente a cifras demasiado grandes, en cuyo caso el número promedio de unidades muestrales por celda podría ser muy pequeño. Además, se hace presente que el concepto de estratificación puede aplicarse incluso después de haber recolectado los datos mediante un muestreo aleatorio simple. Para esto, los resultados deben ajustarse de modo que cada estrato quede representado en la proporción correcta; sin embargo, debe tenerse en cuenta que procedimiento es estrictamente válido sólo cuando existe una muestra suficientemente grande al interior de cada estrato, que permita asociar un nivel de confianza razonable a los resultados para cada grupo. Un subconjunto de este método, que tiene amplia aplicación en el tipo de labores que interesa a este manual, es el "muestreo basado en la elección". En este caso la variable estratificadora es la elección del individuo, típicamente el medio de transporte. Así, las encuestas en vehículos de transporte público o directamente en el lugar o proceso de transporte, que se discuten más adelante, son un ejemplo de este ventajoso tipo de muestreo.

A2.2.2 Error muestral y sesgo muestral

Son los dos tipos de error en que se puede incurrir al tomar una muestra y que, al combinarse, contribuyen al error de medición de los datos muestrales. El primero surge simplemente porque se está tratando con una muestra y no con la población total, esto es, va a estar siempre presente debido a factores aleatorios. Sin embargo, el error muestral no afecta los valores esperados de los promedios de los parámetros estimados, sólo afecta la variabilidad alrededor suyo y determina el grado de confianza que se puede asociar a estos promedios. Este tipo de error es fundamentalmente una función del tamaño de la muestra y de la variabilidad inherente al parámetro investigado. El sesgo muestral, en cambio, surge debido a equivocaciones cometidas al definir la población de interés, al seleccionar el método de muestreo, la técnica de recolección o en muchas otras fases del proceso. El sesgo muestral difiere del error muestral en dos aspectos importantes:

No sólo puede afectar la variabilidad alrededor de los promedios de los parámetros estimados, sino que los valores mismos de estos, por lo que implica una distorsión más severa de los resultados del muestreo, y

Mientras que el error muestral no puede evitarse (solo puede minimizarse aumentando el tamaño de la muestra), el sesgo muestral puede ser virtualmente eliminado si se tiene cuidado en las diversas etapas del diseño muestral.

A2.2.3 Tamaño muestral

No existen reglas claras para el cálculo del tamaño de la muestra en todo tipo de situaciones, esto se debe a que aun cuando los cálculos se basan en fórmulas estadísticas, muchas de sus variables de entrada son relativamente inciertas y subjetivas, por lo que deben ser producidas después de una cuidadosa consideración del problema en cuestión. Ahora bien, el problema de determinación del tamaño muestral es en esencia un problema de equilibrio, ya que una muestra demasiado grande puede significar que su recolección y análisis resulten demasiado caros para los objetivos del estudio y el grado de precisión requerido por el mismo, y una muestra demasiado pequeña puede tener como consecuencia resultados sujetos a un grado de variabilidad inaceptablemente alto, que incluso llegue a invalidar todo el esfuerzo llevado a cabo.

En alguna parte entre estos dos extremos se encuentra el tamaño muestral más eficiente en términos de costo, dado el objetivo del estudio. Si se supone que este consiste en estimar ciertos parámetros poblacionales a través de estadígrafos calculados con los datos de la muestra (como todo estadígrafo muestral está sujeto a error muestral), para determinar el tamaño de muestra es necesario incluir un estimador de la precisión que puede asociarse al valor del estadígrafo, pero este es afectado, entre otras cosas, precisamente por el tamaño de la muestra.

A2.2.4 Consideraciones prácticas

El problema de la implementación. En el caso de muestras estratificadas (o basadas en la elección), para muestrear aleatoriamente en cada subpoblación (o alternativa) es primero necesario aislarla y esto puede no resultar fácil en la práctica. Por ejemplo, supóngase que la población de interés son todos los viajeros potenciales a una determinada ciudad. Así, puede resultar difícil aislar y tomar una muestra de quienes no viven en ella. Un problema adicional, es que aún si fuera posible aislar a las subpoblaciones, todavía puede ser difícil asegurar una muestra aleatoria en cada subgrupo.

Otro ejemplo, se desea tomar una encuesta basada en la elección, a todos los viajeros entre dos localidades. En este caso, primero es necesario resolver el problema de cuáles medios se escogerán para conformar la muestra; puede suceder que distintos modos de transporte tengan asociados, por ejemplo, mayores proporciones de personas de ingresos bajos o altos, y esto puede introducir sesgos.

Finalmente, como se menciona más adelante, la experiencia nacional e internacional con muestreos en que se entregan encuestas a ser completadas por los viajeros, indica que, en general, la tasa de retorno es bajo. Si bien esta cifra puede constituir una muestra de magnitud razonable, existe un problema debido al sesgo potencial inherente a la constatación que quienes devuelven la encuesta suelen ser los usuarios más interesados o con mayor nivel educacional. Por eso hay que tener sumo cuidado con los procedimientos de corrección de la información.

Determinación del tamaño de cada subpoblación. Esto tiene gran importancia para la posterior determinación de cuántas personas muestrear. Dada una cierta estratificación, existen variados métodos para encontrar el tamaño de cada subpoblación, a saber:

Medición directa: Esto es posible en algunos casos, por ejemplo, en una muestra basada en la elección para viajar entre dos ciudades, el número de pasajes vendidos en cada medio de transporte público, y conteos de tráfico a la salida y entrada de ambas localidades, unido a una muestra en que se consulte por el destino u origen del viaje respectivamente, pueden proporcionar una medida adecuada (aunque no exacta, ya que algunos viajes no son entre ambas ciudades) de la cantidad de personas que escoge cada medio.

Estimación a partir de una muestra aleatoria: Si se toma una encuesta aleatoria, la fracción perteneciente a cada estrato en la muestra, es un estimador consistente de la fracción del total que es cada subpoblación. Es importante destacar que el costo de esta muestra aleatoria puede ser muy bajo, ya que sólo se requiere información para determinar a qué estrato pertenece cada individuo.

A2.2.5 Sección transversal.

Este tipo de datos se puede asociar a tomar una fotografía de lo que está sucediendo en distintos lugares en un mismo instante de tiempo. Dentro de esta clasificación destacan las encuestas origen-destino, ya sea en hogares o directamente en el lugar o proceso de transporte, que se discuten a continuación. Este tipo de encuestas son necesarias en proyectos estructurales de cierta magnitud, donde haga necesario modelar la demanda no sólo por transporte aéreo, sino que tomando en cuenta otros medios en competencia.

Encuestas origen-destino de viajes. Típicamente tienen por objeto obtener información referente al comportamiento respecto a viajes de los habitantes del área de estudio durante un cierto periodo (por ejemplo, un día laboral normal). Un primer aspecto importante a considerar es la determinación de la fecha de realización de la encuesta; la experiencia indica que usualmente las épocas del año más apropiadas para su realización son otoño y primavera. En general, el verano se descarta por corresponder a época de vacaciones; y el invierno tampoco es considerado por cuanto las peores condiciones climáticas pueden traducirse en comportamientos "anormales" de los viajeros, tanto desde el punto de vista de los viajes realizados, como de los medios de transporte utilizados. No obstante, en determinadas circunstancias, justamente en el periodo de verano puede ser de interés realizar una encuesta para establecer las diferencias respecto al resto del año.

Si el objetivo de la encuesta es la obtención de información sobre viajes para días laborales normales, en la práctica no deben considerarse los días lunes y viernes. El primero presenta, tradicionalmente, un mayor ausentismo laboral y al estudio, que el resto de los días laborales. El día viernes, al ser previo al fin de semana presenta un mayor movimiento (especialmente de viajes a compras) que los demás días de semana. Es importante probar en terreno los horarios, circunstancias y modalidades más apropiadas para la realización del trabajo; no llevar a cabo esta labor previa, puede dificultar enormemente el completar la recolección de los datos en los plazos estipulados.

Idealmente, toda la muestra seleccionada debiera ser encuestada en un sólo día, de manera de obtener una verdadera "fotografía" de lo sucedido el día anterior. Sin embargo, dado el alto número de encuestas que normalmente se debe efectuar, es usual realizar la encuesta durante varios días a fin de usar grupos no muy grandes de encuestadores, que de este modo adquieren mayor experiencia y pueden ser capacitados y controlados de mejor forma.

En cuanto a su aspecto formal, el formulario de la encuesta y la entrevista propiamente tal debieran satisfacer los siguientes objetivos:

- Las preguntas deben ser simples y directas
- Debe existir el menor número de preguntas abiertas (no precodificadas) posible
- La información respecto a los viajes debe consultarse haciendo referencia a las actividades realizadas (es decir, que causaron los viajes)

En el caso de encuestas en hogares, la información solicitada en el formulario debiera incluir:

- Identificación de personas, de acuerdo a aspectos tales como: ubicación dentro del grupo

familiar (expresada como relación con el jefe de hogar), sexo, edad, posesión de licencia de conducir, nivel educacional, actividad (es importante definir una clasificación lo más completa posible que elimine toda posibilidad de categorización subjetiva).

- Identificación de los viajes; previamente es necesario definir qué se entiende por “viaje”; los viajes se caracterizan en base a las siguientes variables: origen, destino, tipo y propósito de viaje, horas de inicio y término del viaje, medio de transporte utilizado, distancia / tiempo de acceso y egreso al medio principal, lugares de transbordo y medios involucrados.
- Características socioeconómicas; en esta parte de la encuesta se suele incluir un conjunto de preguntas tendientes a obtener información aproximada acerca del nivel de ingreso y tasa de motorización de la persona u hogar encuestado.

Es muy probable que en estudios de demanda para la evaluación de proyectos de transporte aéreo, no sea necesario ni posible (ya que normalmente se trabajará con encuestas a viajeros en el terminal) aspirar a un gran nivel de detalle. No obstante, para la modelación futura es importante considerar aspectos relacionados con cada una de estas características.

Encuestas fuera del hogar. En general estas encuestas permiten conseguir información acerca de viajes difíciles de detectar con encuestas en el hogar (por ejemplo, viajes que cruzan un área o viajes de baja frecuencia); así, estos datos suelen ser utilizados para validar los anteriores. No obstante, en el caso que interesa aquí, pueden ser la fuente más frecuente de información respecto a viajes.

Para realizar este tipo de encuesta es necesario previamente definir estaciones de control; la encuesta consiste en preguntar a una muestra de los viajeros que pasan por la estación un conjunto limitado de preguntas que incluyen: origen, destino y propósito del viaje. También es deseable conseguir información adicional tal como edad, sexo e ingreso, pero muchas veces no se logra por problemas de tiempo (aunque entrevistadores bien entrenados pueden conseguir en muchos casos la mayoría de estos datos por simple observación). El tamaño muestral se debe determinar estadísticamente, considerando un nivel de confianza de 95% y un error de 5% (máximo 10%).

Cuando los flujos en una estación de control son muy variables durante el día, se debe implementar una estrategia adecuada, como por ejemplo un pasajero por cada 5, 10, etc., de acuerdo con el tamaño muestral.

- Encuestas retornables en estaciones de control. A fin de evitar demoras (particularmente al tráfico vehicular cuando la encuesta se efectúa en el lugar o proceso de transporte, se puede entregar a los entrevistados un cuestionario breve que ellos deben retornar por correo. El problema es que estas encuestas pueden tener sesgos (ya que no responden todas las personas contactadas. Se ha visto que la gente que contesta es distinta de la que no lo hace, y esto puede tener graves consecuencias.
- Encuestas en medios de transporte. Este es probablemente el tipo más usual de encuestas a realizar en el caso interurbano. Se debe elegir una muestra adecuada de servicios (por ejemplo: transporte en buses, trenes, aviones) y en cada caso, entrevistar una muestra representativa de los viajeros. En el caso de viajes en avión, es posible llevar a cabo encuestas bastante completas durante la fila de espera del proceso de check-in a un costo razonable, aunque actualmente con el auto chequeo por internet o máquinas de auto chequeo en el aeropuerto, se debe prestar atención de cubrir estos segmentos.

A2.3 Series de tiempo.

En este caso se trata de información en el tiempo. El caso más típico, y lamentablemente menos útil en modelación de demanda, es cuando se recopila información sobre ciertas variables agregadas (población, ingreso, flujos vehiculares) en distintos instantes de tiempo. Esto tiene la ventaja de que suele estar institucionalizado, por lo que los datos se encuentran disponibles y las series históricas cubren un periodo interesante. Un requisito importante en este caso es que las series de tiempo sean lo más completas posibles, debiendo ser revisadas y eventualmente corregidas eliminando valores dudosos, en forma previa a su utilización.

Para analizar los datos de series en el tiempo hay una variedad de modelos, entre los que sobresalen los de Box-Jenkins, que se discuten en el **Anexo 5-2**.

A2.4 Preferencias Declaradas

A2.4.1 General

Se denomina “Preferencias Declaradas” (PD), a un conjunto de juicios (datos) declarados por individuos, acerca de como actuarían frente a diferentes situaciones hipotéticas que les son presentadas. Esta técnica, originada en la psicología matemática, tiene en común el uso de diseños experimentales para construir las alternativas hipotéticas, lo que las diferencia de la técnica de “Preferencias Reveladas” (PR), ya que éstas utilizan datos sobre situaciones observadas, es decir, situaciones reales. Su objetivo es estimar funciones de utilidad para las alternativas presentes en el experimento. Por su naturaleza, la metodología de PD requiere del diseño de una encuesta con un propósito específico que depende del tipo de estudio a realizar.

Las alternativas de elección que les son planteadas a los encuestados son, típicamente, descripciones de una situación o contexto (por ejemplo un viaje entre dos lugares con un propósito determinado y con cierto nivel de servicio), que se diferencian a través del valor que toman sus atributos. Existen diferentes métodos de PD, sin embargo, todos utilizan procedimientos de diseño experimental para generar las opciones a ser evaluadas por el encuestado.

A2.4.2 PD versus PR

Tradicionalmente, los modelos de demanda por viajes se han basado en datos sobre preferencias reveladas obtenidos a través de encuestas sobre el comportamiento real de los individuos. De esta forma, conocida la elección de cada persona y el conjunto de alternativas disponibles no escogidas por ésta, es posible determinar sus preferencias de viaje, utilizando técnicas estadísticas apropiadas para el análisis de las decisiones de elección discreta. Sin embargo, las PR presentan ciertas limitaciones que restringen su utilización como herramienta general; sus principales limitaciones son:

- Al observar la realidad se pueden detectar variaciones insuficientes para la adecuada calibración de modelos que incorporen todas las variables de interés.
- Las variables explicativas de mayor interés, suelen estar fuertemente correlacionadas (particularmente costo y tiempo de viaje), lo que impide obtener estimadores precisos de la importancia de cada atributo.
- Los métodos de PR no pueden utilizarse directamente en la modelación de la demanda por alternativas que no estén disponibles en el año base. Esta es una

importante limitación para la utilización de las PR en la evaluación de proyectos que contemplen la introducción de nuevas alternativas de transporte.

- Los métodos de PR requieren que las variables explicativas sean expresadas en unidades cuantitativas ("objetivas"), lo cual dificulta la posibilidad de considerar variables secundarias (tales como seguridad, comodidad, etc.).
- A menudo es difícil determinar con certeza el conjunto de alternativas disponibles por un individuo, debido principalmente a que en la realidad no se de información perfecta.
- Suelen existir importantes errores de medición en los datos.

Frente a estas limitaciones, las PD ofrecen una metodología alternativa que permite eliminar (o a lo menos reducir) los aspectos más críticos:

- El rango de variación de los atributos (variables explicativas) puede ser extendido al nivel requerido o deseable.
- Es posible construir escenarios que reduzcan completamente la correlación entre las variables explicativas.
- Es posible incorporar factores, e incluso alternativas que no están presentes en el año base del estudio.
- Los efectos de variables de especial interés, pueden ser aislados totalmente. Además, es posible incorporar fácilmente variables secundarias cuya unidad de medición sea cualitativa.
- El conjunto de alternativas disponibles puede ser pre-especificado.
- Por construcción no existe error de medición en los datos (variables independientes).

Además existen ventajas de las PD sobre las PR con respecto al costo y tiempo requerido para el análisis. Mientras las PR necesitan información adicional a las encuestas (por ejemplo el uso de modelos de redes para obtener los tiempos y costos de viaje para cada individuo), las encuestas de PD son totalmente autónomas puesto que los escenarios planteados definen completamente las variables necesarias para la modelación lo que ahorra una gran cantidad de tiempo y otros recursos. De hecho, esta autonomía es la que elimina el error de medición en los datos (por ejemplo, al no utilizar modelos de redes en el cálculo de las variables de servicio, se evitan los problemas de agregación espacial y errores de codificación de la red).

Sin embargo, las PD también presentan desventajas frente a las PR. La más importante de todas, es que pueden existir grandes diferencias entre lo que los individuos declaran que harían en una determinada situación y lo que realmente harán si ésta se presenta. Además, existen ciertas predisposiciones (errores no aleatorios) debido a experiencias anteriores, percepciones cotidianas de los encuestados, o interacción entre el encuestador y los encuestados, que pueden distorsionar la información obtenida a través de una encuesta de PD.

Habitualmente se mencionan cuatro tipos de sesgos como responsables de las distorsiones asociadas a las PD:

Sesgo de afirmación: El individuo encuestado puede, consciente o inconscientemente, verse tentado a expresar las preferencias que él cree que el encuestador desea recibir.

Sesgo de racionalización: El encuestado puede proporcionar respuestas artificiales en un intento de racionalizar su comportamiento habitual. Esto tiene relación con un fenómeno subconsciente

denominado disonancia cognitiva.

Sesgo de política: El encuestado puede responder deliberadamente en forma sesgada con el fin de influir en las decisiones o políticas que él cree que se seguirán en base a los resultados de la encuesta.

Sesgo de no restricción: El encuestado puede responder en forma irreal, si es que no toma en cuenta las restricciones prácticas sobre su comportamiento.

El hecho que existan diferencias entre lo que los individuos declaran y su comportamiento real en situaciones similares a las que se describen en los experimentos de PD, debido en gran parte a los sesgos antes descritos, sugiere la existencia de errores en la medición de la variable dependiente (la elección). Por esta razón no es recomendable utilizar directamente la estructura de modelación tradicional puesto que ese paradigma fue concebido para los datos de PR que no presentan error en su variable dependiente.

A2.4.3 Etapas del diseño.

Un experimento de PD consiste de un conjunto de situaciones hipotéticas pero realistas, que están definidas por variables que el modelador supone que influyen fuertemente en la decisión de elección. Para crear este conjunto de situaciones satisfactoriamente, se debe seguir los pasos indicados a continuación:

- Identificar el ámbito de elección; los factores a considerar y su rango de variación más probable.
- Preparar una versión inicial del experimento diseñando un borrador del cuestionario a utilizar como instrumento de medición.
- Realizar reuniones del tipo “grupo focal”, a fin de mejorar el cuestionario. En estas reuniones, los participantes deben completar el cuestionario y exponer sus puntos de vista al respecto, a fin de detectar posibles ambigüedades o falencias.
- Evaluar el resultado de la etapa anterior y rediseñar el instrumento de medición.
- Realizar un pre-examen a través de una “encuesta piloto” para evaluar los resultados y rediseñar el instrumento si fuera necesario.
- Realizar una simulación, para verificar si el instrumento de medición permite obtener los valores de los parámetros de cada atributo.

Sin embargo, en estudios en los que se necesita una respuesta rápida se pueden omitir algunos de los pasos anteriores, o bien, realizar algunos de ellos informalmente. En cualquier caso, el primer punto es la clave de un buen diseño y por lo tanto requiere de un análisis minucioso.

Conceptualmente, todo diseño experimental de PD consiste en una serie de variables independientes que están relacionadas con una variable dependiente (por ejemplo, la elección modal). Las variables independientes pueden expresarse tanto en una escala continua (como por ejemplo el tiempo de viaje), como en una escala discreta (por ejemplo el tipo de servicio). Cada variable independiente es considerada en un cierto número de niveles o condiciones. Por ejemplo, en un experimento de elección modal la tarifa del servicio puede tener tres niveles. Otro factor, como la seguridad, puede tener dos niveles: alta y baja (definida en las funciones de utilidad mediante dos valores discretos, 0 y 1). En este experimento se tendría un total de seis combinaciones posibles de cada atributo con sus respectivos niveles. En general, si **a**, **b** y **c** son diferentes números de niveles, y hay **x** factores con **a** niveles, **y** factores son **b** niveles y **z** factores

con c niveles, se tendrán $a^x b^y c^z$ combinaciones posibles, lo cual se denomina un diseño factorial $a^x b^y c^z$.

Efectos principales e interacción. Como se vio en el acápite anterior, el número de atributos considerados y sus niveles, determinan el denominado diseño factorial, para el cual existen tablas que entregan el número de situaciones hipotéticas (opciones) requeridas para los casos más usuales (gran cantidad de diseños con distinto número de atributos y niveles) garantizando la independencia entre las distintas opciones.

Existen diseños que consideran solamente los efectos principales y diseños que permiten tratar interacciones, es decir, cuando el efecto de dos o más variables no es aditivo sino que existen efectos conjuntos.

Claramente, el número de combinaciones posible en un experimento crece en forma exponencial con el número de factores o atributos involucrados. Por lo tanto, el utilizar los diseños factoriales completos (que permiten el tratamiento de todas las interacciones posibles) requiere la construcción de una gran cantidad de opciones; razón por la cual los diseños factoriales fraccionales (que consideran despreciables los productos de algunos o todos los atributos), son mayormente utilizados.

Estrategias para reducir el número de opciones. Para resolver el problema de minimizar el número de opciones manteniendo cierta independencia entre los factores, tal que se logre un reducido efecto de las interacciones, se debe considerar los siguientes cursos de acción:

Eliminar las opciones que puedan "dominar" o ser "dominadas" por el resto de las opciones disponibles. Esto es, eliminar aquellas opciones cuyos atributos sean siempre mejores (o peores) que los atributos de las otras opciones, sin posibilidad de establecer algún compromiso capaz de enfrentar al individuo a una decisión de elección. Sin embargo, es conveniente mantener al menos una de las opciones con estas características, a fin de validar la confiabilidad de la respuesta dada por un encuestado, ya que este debiera actuar en forma lógica y racional.

Por otra parte, si la encuesta es aplicada con la ayuda de un computador o dispositivo de registro, un programa adecuado puede aplicar el principio de transitividad para reducir el número de opciones a presentar en la pantalla. Para explicar este principio, supóngase un experimento con cuatro opciones A, B, C y D, las que son presentadas de a pares. La opción A domina a la B y la opción C domina a la D. Si el encuestado prefiere la A a la C, el modelador puede asumir que A también será preferida a la D, con lo cual se evita una comparación.

Separar las opciones en "bloques", tal que el conjunto total de ellas sea completado por grupos de encuestados, cada uno respondiendo un subconjunto distinto (llamado "bloque"), que en suma forman el conjunto total. Así, se mantiene el diseño experimental completo pero se dividen las tareas en distintos grupos de encuestados. El éxito de esta estrategia radica en el supuesto de que las preferencias a través de las distintas muestras de individuos, serán suficientemente homogéneas, tal que las respuestas puedan ser combinadas sobre los subconjuntos de opciones. No obstante, las diferencias entre los individuos incrementarán el error asociado con los resultados.

Llevar a cabo una serie de experimentos con cada individuo, ofreciendo diferentes atributos, pero manteniendo al menos un atributo común a todos, para permitir comparaciones de preferencias relativas sobre todos los atributos que están siendo investigados.

Utilizar diseños factoriales fraccionales. Esta es la solución más común, puesto que permite la

incorporación de una cantidad apreciable de atributos y niveles, sin necesidad de dividir el conjunto de opciones entre los individuos, ni requerir más de un diseño experimental. Esta estrategia se basa en el supuesto de que algunas o todas las interacciones entre atributos tienen una influencia despreciable en la respuesta (variable dependiente). Sin embargo, pueden existir interacciones muy significativas.

A2.4.5 Tipos de experimento.

De particular interés resultan las técnicas de Análisis Conjunto (de gran uso en marketing y otras ciencias sociales), por su aplicabilidad a una gran variedad de estudios y por su fundamentación teórica. Estos métodos parten por separar los atributos de cada alternativa en un cierto número de niveles; éstos se definen en una forma estadísticamente eficiente que permita descomponer la respuesta del experimento como función de ellos. Los encuestados suelen proporcionar mediciones repetidas (llamadas "tratamientos") de sus preferencias o elecciones, es decir, contribuyen a la muestra con más de una observación. Dependiendo del tipo de respuesta adecuado al experimento, es posible distinguir tres categorías principales:

- Escalamiento ("rating")
- Jerarquización ("ranking")
- Elección ("choice")

En el **escalamiento**, para cada tratamiento la respuesta es dada en una escala numérica o semántica (que puede indicar satisfacción, atraktividad, probabilidad de uso, etc.), la cual puede ser transformada a una escala de utilidad bajo ciertas condiciones establecidas (que serán comentadas en detalle más adelante). Comúnmente, se relaciona dicha utilidad con los atributos de las alternativas mediante análisis de regresión.

En la **jerarquización**, cada tratamiento corresponde a una alternativa y estas son comparadas entre sí y ordenadas por atraktividad o preferencia. Las jerarquizaciones requieren información menos precisa de parte del encuestado que en el caso del escalamiento, pero a menudo implican un análisis más complejo. Existe una variedad de técnicas de estimación que, en base a ciertas heurísticas, permiten encontrar una función de utilidad consistente con el orden de las alternativas escogido por el encuestado.

En la **elección**, el encuestado simplemente debe escoger la alternativa que considere mejor, dentro del conjunto disponible. La estimación en este caso, requiere utilizar técnicas de elección discreta tales como los modelos logit que se discuten en el **Anexo 5-2**.

A2.4.6 Estrategia de muestreo

Tal como en cualquier otro de datos, temas como la composición y tamaño de la muestra tienen gran relevancia en el adecuado diseño de un experimento de PD. También, de la misma forma que en estudios de PR, un requerimiento básico es obtener una muestra representativa. No obstante, debido a que los experimentos de PD son más eficientes del punto de vista estadístico, normalmente basta con muestras bastante más pequeñas que en el caso de PR.

El problema de representatividad de la muestra puede complicarse en experimentos de PD precisamente debido a la flexibilidad adicional que por construcción ofrece el enfoque. Por ejemplo, si a un conjunto de individuos de un cierto tipo bien definido (usuarios frecuentes de un servicio determinado) se les consulta acerca de mejoras relativas al modo que ellos utilizan, es posible asegurar más fácilmente que el contexto del ejercicio sea verdaderamente

relevante para los entrevistados (ejemplo: las alternativas presentadas sean tecnológicamente factibles). Sin embargo, es difícil que un modelo estimado con estos datos sea capaz de proveer demasiada evidencia acerca del comportamiento de grupos diferentes, tales como nuevos usuarios que podrían ser atraídos al servicio por las mejoras analizadas.

Para predecir la demanda es por lo tanto necesario entrevistar a muchos tipos de usuarios distintos a fin de obtener resultados representativos. Pero si se toma una muestra aleatoria, esta puede resultar muy grande si se desea obtener un número adecuado de observaciones acerca de elecciones minoritarias. Como ya se vió en PR, el método de tomar muestras basadas en la elección podía constituir un enfoque muy eficiente en estos casos; esto se hace aun más interesante por el hecho que normalmente se puede efectuar una corrección sencilla que evita el sesgo estadístico al estimar los modelos, como se muestra en el Anexo 5-2. Lamentablemente en PD hay que tener sumo cuidado con las muestras basadas en la elección, ya que existen potenciales sesgos adicionales debido a la manera en que los distintos tipos de individuos perciben o interpretan el contexto de la elección.

A2.5 Tratamiento y Validación de la Información

A2.5.1 Preferencias reveladas.

Una de las labores más importantes de cualquier estudio que involucre recolección de información, es el proceso de corrección, expansión y validación de los datos. A continuación se presentan las ideas fundamentales en este sentido, haciendo referencia al caso de encuestas origen-destino de viajes.

Dado que los resultados de una encuesta origen- destino de viajes se obtienen mediante entrevistas a una muestra de la población, es necesario ajustarlos a fin de representar a la población total. En el caso de encuestas en hogares la simple expansión de la muestra no es un procedimiento adecuado, debiendo efectuarse diferentes tipos de corrección de los resultados muestrales.

Corrección por tamaño familiar, ya que la muestra es típicamente elegida a partir de un listado de hogares (pero la unidad de análisis es el individuo y no el hogar), por lo que puede esperarse que debido a la dificultad de entrevistar a personas en hogares pequeños, se produzca una distorsión consistente en obtener una sobre-representación de los hogares con muchos miembros; para corregir lo anterior se recomienda comparar el tamaño familiar de la muestra con el que se obtenga del censo poblacional más reciente y ajustar la primera de acuerdo a las diferencias.

Corrección socio-demográfica, debido a posibles desigualdades de esta naturaleza entre la población (Censo) y la muestra, interesa que la distribución de las variables edad y sexo sea la misma en ambos casos; esta corrección debe efectuarse después de la anterior, esto es, una vez corregido el tamaño familiar promedio. Es importante tener cuidado con que calcen las definiciones de familia y hogar en la muestra y el Censo.

Corrección por "no respuesta", debido particularmente a posibles variaciones en el comportamiento respecto a viajes entre los que responden y los que no responden (por ejemplo, la gente que viaja más es más difícil de entrevistar); es posible estimar factores de corrección a partir del número de "contactos" que sea necesario realizar para llenar el cuestionario en cada hogar; estos se deben calcular después de la corrección socio- demográfica y es importante señalar que su aplicación puede producir cambios significativos en los datos.

Corrección por viajes no reportados por el encuestado, debido a que-el tipo de entrevista realizada

normalmente se traduce en una subestimación de los viajes (especialmente de aquellos que no son habituales); interesa ajustar el número de viajes con propósito “al trabajo”, “al estudio” y “otros” a la ocurrencia real de ellos.

En el caso de encuestas en estaciones de control, o en los distintos medios de transporte, que son las más prevalecientes en el caso de viajes interurbanos, la corrección más importante es probablemente la tercera. Uno de los métodos más comunes para obtener la información es, como se señaló anteriormente, contactar a las personas durante la realización del viaje y entregarle un cuestionario a ser completado y devuelto por cada uno posteriormente. Lamentablemente, como se señaló anteriormente, la experiencia indica que la tasa de respuesta es bastante baja en este tipo de experiencia. Quizás la única forma de corregir este potencial sesgo es obtener información sobre la dirección de una sub muestra de las personas contactadas inicialmente, y enviarles un recordatorio. Al recibir respuesta de un nuevo porcentaje de individuos, se puede anotar sus características socioeconómicas y de comportamiento respecto a viajes, y construir factores de corrección por categorías similares a los antes explicados en los dos casos anteriores. El procedimiento se puede repetir hasta conseguir un porcentaje de respuesta alto de la sub muestra que permita estimar factores de corrección adecuados para todas las clases.

En el caso de viajes en avión, el problema anterior puede ser obviado realizando la encuesta en forma directa a los pasajeros mientras se encuentran en la fila de espera correspondiente al proceso de check-in. Pero se debe cuidar de buscar forma de capturar también la información de aquellas personas que ya llegan pre chequeadas o que se auto chequean en el aeropuerto. Una alternativa puede consistir en realizar la encuesta en la fila previa al control de seguridad o inmediatamente después de este.

Expansión de la muestra. Una vez corregidos los datos, estos deben expandirse a fin de representar el total de la población; esto se consigue definiendo factores de expansión apropiados.

Validación de resultados. Normalmente se solicita que la información proveniente de encuestas pase por tres procesos de validación; el primero consiste simplemente en verificar en terreno la completitud y coherencia de los datos, y luego en gabinete la codificación y digitación de los mismos. En segundo lugar se debe realizar un proceso de validación computacional de rangos y compatibilidad interna de los datos; terminado este proceso, se considera que la información de la muestra está depurada.

Para llevar a cabo el tercer proceso de validación, se pueden efectuar conteos en estaciones de control en forma simultánea a la realización de la encuesta. Posteriormente la información corregida y expandida de la encuesta se debe contrastar con la información proveniente de estos conteos de flujos de pasajeros.

Esta tercera etapa, que realmente merece el nombre de validación ya que se compara la información de la encuesta con información independiente y de mayor confiabilidad (se cuentan todos los viajeros, no una muestra), suele presentar algunos problemas prácticos; por ejemplo, en el caso de viajes en auto, normalmente no se tiene información de las rutas seguidas y si la asignación se hace de forma aproximada puede conducir a grandes errores.

A2.5.2 Preferencias Declaradas.

Como se explicó anteriormente, en el caso de PD la información es recolectada generalmente a través de tres experimentos: escalamiento, jerarquización, y elección. Cada uno de estos requiere de un tratamiento distinto.

El principal objetivo del análisis de los datos de PD, es descomponer las preferencias

expresadas en cada experimento, en utilidades individuales de cada una de las alternativas planteadas en la encuesta, para posteriormente establecer el efecto particular de cada atributo sobre estas utilidades. Existen varias formas de hacer esto, es decir, de estimar los parámetros de las funciones de utilidad (que representan el efecto de cada atributo en la decisión de elección), entre las cuales se encuentran:

- Técnicas de regresión. Estas emplean el principio de mínimos cuadrados para descomponer respuestas de escalamientos. Aquí, el modelo entrega como resultado aquellas utilidades de cada alternativa, que minimizan las diferencias (suma de cuadrados) entre los escalamientos predichos y los escalamientos proporcionados por el encuestado.
- Monotonic Analysis of Variance- MONANOVA. El análisis monotónico de la varianza es una técnica desarrollada específicamente para analizar experimentos de jerarquización, basándose en un proceso de minimización que conduzca a una solución óptima compuesta por las utilidades parciales de cada alternativa para las cuales la jerarquización predicha corresponda más fielmente a la jerarquización efectivamente entregada por el encuestado. El método no produce estadísticas de bondad de ajuste y es muy restrictivo en términos de la especificación de las utilidades, por lo que su utilización no es muy popular en estudios de transporte.
- Utilización de modelos de elección discreta. El uso de estos modelos corresponde a las técnicas estadísticas más avanzadas aplicadas al análisis de datos de PD (desarrollados originalmente para análisis de datos PR), y son muy utilizados por su robustez y aplicabilidad tanto a elecciones, como en escalamientos y jerarquizaciones a través de transformaciones apropiadas. La estimación se basa en el principio de maximización de la verosimilitud.

Para que el tratamiento de estos datos sea realmente beneficioso debe tenerse, como ya se dijo, especial cuidado en la definición del escenario de elección (ver diseño en 4.3 de este anexo) y posteriormente debe realizarse cierto control sobre la información recolectada a fin de detectar errores o sesgos producidos voluntaria (por ejemplo un intento de manipulación por parte de los entrevistados) o involuntariamente (por ejemplo incompreensión de la tarea a desarrollar).

Una importante medida de la calidad de la información que entrega cada tipo de experimento, es la proporción de "inconsistencias" detectadas en las respuestas de los individuos. Se entiende por inconsistencia a una respuesta (o conjunto de éstas) que no sea consecuente con el consumidor racional supuesto en la teoría de la utilidad aleatoria. Así por ejemplo, si existen tres alternativas A, B y C, y que a un entrevistado se le ofrece la elección entre A y B, y este prefiere B. Luego se le ofrece la elección entre B y C, y prefiere C. Si se le ofreciera la elección entre A y C este individuo debiera preferir C, o de lo su elección no sería racional, cometándose una inconsistencia.

Dado que el escalamiento y la elección son presentados al individuo como pares de alternativas a comparar, la detección de inconsistencias en estos casos es exactamente la descrita en el párrafo anterior.

En el caso de la jerarquización, la detección de inconsistencias toma dos formas: una es la descrita anteriormente, y la otra corresponde al orden jerárquico de ciertos pares de alternativas que debieran aparecer de acuerdo a un orden preestablecido; por ejemplo. si dos

tarjetas contienen los mismos valores en todos sus atributos excepto en uno de ellos, éste determinará obligatoriamente el orden relativo de ambas tarjetas. De esta forma es posible detectar rápidamente irregularidades en las respuestas.

ANEXO 3: MODELOS DE DEMANDA DE TRANSPORTE

A3.1 Generalidades

Existe una enorme variedad de modelos de predicción de demanda, ya que pueden establecerse diferencias de acuerdo a diversas clasificaciones. Por ejemplo, modelos de corto y largo plazo, modelos agregados y desagregados, modelos globales y marginales, etc. Desde el punto de vista de este manual, interesan cuatro clases de modelos que se diferencian no sólo en su estructura, sino que en el tipo de datos que requieren y en su aplicabilidad.

Los modelos de regresión lineal, que se presentan resumidamente en la sección 2, tienen importancia para modelar el total de viajes en base, usualmente, a variables socioeconómicas como ingreso, población y empleo. También se han utilizado, incorrectamente, para modelar la demanda global en el tiempo; para esto los modelos adecuados son los que se presentan en la sección 3. Estos modelos de series de tiempo son más complejos que los anteriores y por lo tanto requieren de mayor cantidad de recursos, pero permiten tratar problemas típicos de los datos en el tiempo (como la auto correlación) que resulta en sesgos y predicciones erróneas si no se les considera en forma específica en la modelación.

En la sección 4 se presenta muy brevemente el modelo más conocido y utilizado en la estimación de demanda por transporte: el modelo gravitacional. La especificación de este modelo ha ido evolucionando en el tiempo y hoy existen técnicas sofisticadas para obtener el máximo de provecho. Finalmente, en la sección 5 se presentan los modelos actuales más importantes; estos están basados en teorías de comportamiento individual en lugar de analogías con la física. En la mayoría de las ocasiones estos modelos se utilizan para determinar la demanda marginal (por ejemplo repartición entre distintos modos en competencia) dada la demanda global.

A3.2 Modelo de regresión

Cuando se desea relacionar un conjunto de observaciones acerca del resultado de un experimento (Y), con la cantidad que se agregue de un cierto elemento (X), es natural utilizar técnicas de ajuste como mínimos cuadrados, que entregan una función que permite interpolar/extrapolar resultados dentro del rango de los datos con el menor error posible. Si no sólo interesa un ajuste mecánico de una curva, sino que la capacidad de realizar inferencias acerca de la población de la cual proviene una muestra, se pasa al área de modelación matemática e interesan conceptos como intervalos de confianza y prueba de hipótesis. El modelo de regresión (lineal, logarítmico, exponencial, etc.), en base a una serie de hipótesis que se discuten a continuación, provee este tipo de herramienta y es consistente con la solución de mínimos cuadrados por lo que posee enorme popularidad tanto en ciencias exactas como en ciencias sociales.

Sea $f(Y/X)$ la distribución de probabilidad de Y para un valor dado de X, en el modelo de regresión se supone que:

- i) Las distribuciones $f(Y/X)$ tienen la misma varianza s^2 para todos los niveles experimentales de X.

ii) Las medias $E(Y)$ se encuentran en una línea recta, que se conoce como “recta de regresión verdadera” (o de la población), dada por en el caso de una regresión lineal:

$$E(Y) = a + \beta X$$

Los parámetros poblacionales α y β , que definen la recta, se deben estimar a partir de una muestra.

iii) Las variables aleatorias Y son estadísticamente independientes; esto es, un valor alto de Y_1 no afecta el valor de Y_2 .

La desviación de Y de su valor esperado $E(Y)$, se conoce como el error e ; con esto el modelo anterior se escribe:

$$Y_i = a + \beta X_i + e_i$$

donde se supone que e_i tiene media cero y varianza s^2 , además que éste involucra tanto errores de medición en los datos como que también errores estocásticos debido a la intrínseca irreproducibilidad de los fenómenos sociales.

Estas tres condiciones conocidas como el “conjunto débil de hipótesis” del modelo, permiten derivar la mayor parte de sus características y solo se requiere la siguiente “hipótesis fuerte” cuando se desea hacer pruebas que involucren conocer la forma de la función de distribución del estimador de β .

iv) Las variables aleatorias Y tienen distribución Normal.

No hay límite para la cantidad de variables que pueden aparecer en el modelo, sujeto a que estas no estén relacionadas linealmente entre sí (multicolinealidad). Para la aplicación del modelo existe software computacional ad-hoc y una amplia batería de pruebas para detectar si se cumplen las hipótesis y juzgar la calidad estadística tanto global como de cada uno de sus parámetros.

A3.3 Modelos de Series de Tiempo

Existe una gran variedad de modelos posibles para tratar información de tipo longitudinal. Por ejemplo, dentro de los modelos de series de tiempo propuestos por Box y Jenkins, los aplicables al caso de demanda por transporte aéreo, se basan en observaciones discretas del sistema efectuadas a intervalos equidistantes de tiempo (por ejemplo, movimiento mensual de pasajeros). Así, si se supone conocida la demanda de pasajeros en el mes actual t y en los anteriores $t-1$, $t-2$, $t-3$y se quiere conocer la demanda en el mes $t + r$ ($r = 1, 2, 3, \dots$), el objetivo es obtener una función de predicción tal que la media al cuadrado de las desviaciones entre la demanda en $t + r$ y la predicción, sea tan pequeña como sea posible.

Los modelos en cuestión son estocásticos, puesto que el tipo de fenómenos que consideran involucran muchos factores desconocidos. Por este motivo, se pueden usar para calcular la probabilidad de que un valor futuro esté entre dos límites especificados. En este grupo, los más adecuados para modelar la demanda por transporte aéreo se encuentran dentro de la clase de modelos "no estacionarios", vale decir, que describen un proceso que no tiene un equilibrio en torno a un valor medio constante. Las series de tiempo que caracterizan la demanda por transporte aéreo tienen, en general, un comportamiento de tipo estacional, vale decir, existe correlación entre observaciones separadas por periodos regulares (típicamente el

periodo sería en este caso de un año y habría correlación entre las observaciones en meses homólogos).

Cabe señalar que estos modelos no incluyen otras variables explicativas más que los valores históricos de la variable en estudio. Se recomienda un mínimo de 50 observaciones (en lo posible usar 100 o más) para realizar el análisis de series de tiempo. En aquellos casos en que no se encuentre disponible información histórica de esta longitud, se puede proceder utilizando la información existente para estimar un modelo preliminar que se deberá ir poniendo al día a medida que se recopile más información.

Otros modelos de series de tiempo tienen la ventaja de incorporar variables explicativas a la predicción y tratar correctamente complejos problemas estadísticos de los datos de esta naturaleza como la auto correlación. Estos modelos son sumamente complejos y requieren de amplios conocimientos en estadística.

A3.4 Modelo Gravitacional

Este es el exponente más conocido de los llamados "modelos agregados". Su especificación original proviene de una analogía con la ley gravitacional de Newton y de allí su nombre. Básicamente el modelo propone, conocido el total de viajes originados (O_i) y atraídos (D_j) por un conjunto de pares de ciudades o zonas (i, j), que los viajes entre cada par (V_{ij}) son directamente proporcionales a los totales anteriores e inversamente proporcionales a una función de los costos generalizados de viaje entre el par (i, j). Esto es:

$$V_{ij} = A_i B_j O_i D_j f(C_{ij})$$

Donde:

$f(C_{ij})$ es una función decreciente de los costos, A_i y B_j son factores de balance que aseguran que el modelo sea internamente consistente, esto es, que cumpla las siguientes restricciones:

$$O_i = \sum_j V_{ij} \quad D_j = \sum_i V_{ij}$$

Los costos C_{ij} toman la forma:

$$C_{ij} = \theta_1 t_{ij} + \theta_2 ta_{ij} + \theta_3 c_{ij} + \sum \theta_k X_{ij}$$

en que t_{ij} es el tiempo de viaje en el vehículo de la zona i a la zona j , ta_{ij} es el tiempo de acceso al modo, c_{ij} es el costo monetario (tarifa y otros costos, típicamente función de la distancia, en el caso de transporte privado) y otras variables de servicio, como comodidad, seguridad, etc. Los parámetros θ_k provienen de un modelo de elección discreta.

Existen innumerables formas de presentar y generar el modelo. Las dos más conocidas son el método de "maximización de la entropía", que tiene la virtud de ofrecer una estrategia para generar una verdadera familia de modelos dependiendo de la información que esté disponible, y el método "triproporcional", que está asociado a algoritmos de programación matemática que facilitan la tarea de calibrar el modelo.

A3.5 Modelos de Elección Discreta

A diferencia de los modelos agregados de demanda que se basan en relaciones observadas para promedios o agrupaciones de individuos en zonas, los modelos desagregados, o de elección discreta, tienen su fundamento en las elecciones observadas de viajeros individuales. En general postulan que la probabilidad de que un individuo escoja una cierta opción, es una función de sus características socioeconómicas y de lo atractiva que resulte la alternativa en cuestión, en comparación a las demás.

Para representar la atraktividad de las alternativas, se suele utilizar el concepto de "utilidad" (que se define en forma tautológica, como lo que el individuo desea maximizar). Generalmente la utilidad "observable", se define como una combinación lineal de variables. Cada variable representa una característica de la alternativa, que ayuda a distinguirla de las demás. La influencia relativa de cada atributo está dada por su coeficiente.

En general, los modelos de elección discreta no pueden ser calibrados usando técnicas de ajuste de curvas estándar, como la del modelo de regresión lineal, ya que su variable dependiente, P_i , es una probabilidad (entre 0 y 1) que no puede ser observada, sólo se observan las elecciones de cada individuo y éstas son variables (0, 1); el único caso que en que esto no ocurre es para modelos de grupos de individuos homogéneos, o cuando se observa la conducta de una persona en repetidas oportunidades.

Por lo tanto, se debe utilizar la técnica de estimación de "máxima verosimilitud". Este procedimiento busca encontrar aquellos coeficientes que al ser multiplicados por los valores correspondientes de las características de cada alternativa, generen probabilidades que maximicen la posibilidad de reproducir las elecciones observadas.

ANEXO 5: ANTECEDENTES DE COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS DE OPERACIÓN DE AVIONES

Cuadro A5.1: Características de Aviones Comerciales

Descripción	Unidad	B737-300	B767-300	B746-400	A320	A321	A340-300
Fuselaje		Angosto	Ancho	Ancho	Angosto	Angosto	Ancho
Rango Distancias		Cortas	Medias	Largas	Cortas	Medias	Largas
Pasillos	<i>N</i>	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00
Motores	<i>N</i>	2.00	2.00	4.00	2.00	2.00	4.00
Largo	<i>m</i>	33.40	54.99	70.66	37.57	44.50	63.65
Envergadura	<i>m</i>	28.88	47.57	64.50	33.91	34.10	59.06
Capacidad Pax (2)	<i>asientos</i>	126 a 149	218 a 351	416 a 550	150 a 179	195 a 220	295 a 335
Velocidad Crucero	<i>km/hr</i>	945	850	910	900	900	930
Consumo combustible (3)	<i>kg/hr</i>	2,436	4,726	9,809	2,355	2,788	ND
Tripulación							
De vuelo	<i>Personas</i>	2	2	3	2	2	3
De cabina	<i>Personas</i>	4	8	12	4	5	8
Peso							
Avión Vacío	<i>kg</i>	32,820	86,955	180,985	42,000	69,500	129,275
Máximo despegue	<i>kg</i>	56,470	179,170	396,890	73,500	80,000	271,020
Máxima carga útil	<i>kg</i>		61,470	112,490	19,220		43,500

Notas:

1. Cada familia de aviones tiene distintas versiones. La tabla intenta ser de referencia.
2. El número de asientos depende de la configuración de la aeronave.
3. Consumo a velocidad crucero

Cuadro A5.2: Costos Fijos Asociados a la Aeronave

			Beechcraft King Air 100	DHC 6 Twin Otter	Dornier 228- 200	Dornier 328- 100	Cessna Citation X	Bombardie r Global Express XRS	BAE 146- 200
Capital (1)		(MMUS)	0,537	2,065	1,650	6,500	9,500	45,500	1,200
Seguros (2)	Tasa de aseguramien to	(%)	20,7%	20,7%	20,7%	20,7%	20,7%	20,7%	20,7%
	Monto	(MMUS)	0,111	0,428	0,342	1,348	1,970	9,435	0,249
Sub-total			0,654	2,514	2,009	7,913	11,565	55,390	1,461
			Airbus A 319-100	Airbus A 320-200	Boeing 767- 300ER	Boeing 787- 800	Airbus 340- 300	Boeing 747- 400ER	
Capital (1)		(MMUS)	60,000	70,000	185,800	211,800	219,000	280,000	
Seguros (2)	Tasa de aseguramien to	(%)	20,7%	20,7%	20,7%	20,7%	20,7%	20,7%	
	Monto	(MMUS)	12,442	14,515	38,527	43,919	45,412	58,061	
Sub-total			73,042	85,215	226,185	257,837	266,602	340,861	

- (1) El costo capital corresponde al valor de las aeronaves, según la información que se publica en los sitios de los fabricantes. Para el caso de las aeronaves que ya no se encuentran en fabricación el valor corresponde al valor promedio de mercado que se publica en los sitios de venta de aeronaves usadas.
- (2) El costo por seguros se calcula como un porcentaje sobre el coto capital. El porcentaje considerado es el calculado como tasa de aseguramiento, definido de la siguiente manera: Tasa de aseguramiento=(límite promedio de aseguramiento/Valor flota estimado para la región de Latinoamérica)

Cuadro A5.3: Costos Variables Asociados a la Aeronave

		Beechcraft King Air 100	DHC 6 Twin Otter	Dornier 228- 200	Dornier 328- 100	Cessna Citation X	Bombardier Global Express XRS	BAE 146- 200
Combustible en aire (vel. Crucero)	(USD/hr)	\$ 359,60	\$ 389,93	\$ 750,94	\$ 1.172,61	\$ 968,65	\$ 1.647,91	\$ 3.519,46
Combustible en tierra (TAXI/IDLE)	(USD/hr)	\$ 107,88	\$ 116,98	\$ 225,28	\$ 351,78	\$ 302,97	\$ 665,78	\$ 610,42
		Airbus A 319-100	Airbus A 320-200	Boeing 767- 300ER	Boeing 787- 800	Airbus 340- 300	Boeing 747- 400ER	
Combustible en aire (vel. Crucero)	(USD/hr)	\$ 2.806,55	\$ 3.107,50	\$ 5.707,77	\$ 6.676,98	\$ 8.051,99	\$ 12.188,29	
Combustible en tierra (TAXI/IDLE)	(USD/hr)	\$ 736,85	\$ 805,67	\$ 1.447,51	\$ 1.574,68	\$ 1.827,53	\$ 3.082,04	

Cuadro A5.4: Costos Variables asociados a tipo de operación (Nacional/Internacional)

Servicio a bordo		Nacional	Internacional
<i>Catering (3)</i>	(USD/PAX)	\$ 0,26	\$ 6,36
<i>Aprovisionamiento a Bordo (4)</i>	(USD/PAX)	\$ 1,02	\$ 3,93
<i>IFE (5)</i>	(USD/PAX)	\$ 0,05	\$ 0,92
Subtotal Servicio a bordo	(USD/PAX)	\$ 1,34	\$ 11,22
Ground Handling		Nacional	Internacional
Subtotal Ground Handling	(USD/Operación)	\$ 183,24	\$ 907,69
Handling Pax (6) y Seguridad (7)		Nacional	Internacional
Subtotal Handling Pax y Seguridad	(USD/Operación)	\$ 331,73	\$ 1.378,90
Tripulación		Nacional	Internacional
Tripulación de mando (8)	(USD/Hr block)	\$ 382,58	\$ 587,61
Tripulación de cabina (9)	(USD/Hr block)	\$ 56,14	\$ 144,88
Mantenimiento		Nacional	Internacional
<i>Fijo</i>	(USD/hr vuelo)	\$ 283,38	\$ 336,46
<i>Motores</i>	(USD/hr vuelo)	\$ 152,21	\$ 209,94
<i>Mayor</i>	(USD/hr vuelo)	\$ 41,30	\$ 50,69
<i>Línea</i>	(USD/hr vuelo)	\$ 43,54	\$ 63,39
<i>Componentes</i>	(USD/hr vuelo)	\$ 119,07	\$ 283,88
Subtotal mantenimiento	(USD/hr vuelo)	\$ 639,50	\$ 944,35

(3) Considera la alimentación a bordo del avión, que para vuelos nacionales implica el formato tipo caja con snack y para vuelos internacionales considera un formato tipo bandeja con platos

(4) Considera la provisión de las bebidas, refrescos y demás líquidos que acompañan la alimentación a bordo

(5) Considera el servicio de entretenimiento a bordo que para vuelos nacionales considera los audífonos y para vuelos internacionales considera equipos tipo DVD portátiles y otros según clase

(6) Considera al personal que realiza el servicio de atención de pasajeros tanto en counters como en gate durante cada operación

(7) Considera al personal que realiza labores de vigilancia y aplicación de medidas de seguridad durante cada operación

(8) Considera tanto para vuelos nacionales como internacionales 2 tripulantes (capitán, copiloto). La diferencia de montos está dada por el nivel de experiencia, certificaciones, horas de vuelo y demás factores que se requieren en uno u otro tipo de operación.

(9) Considera 4 tripulantes de cabina para operaciones nacionales y 10 tripulantes para operaciones internacionales en promedio. En caso de existir diferencias, se deberá calcular el valor de manera proporcional.

ANEXO 6: RELACIÓN ENTRE CLASIFICACIÓN ACTUAL DE PROYECTOS (MINISTERIO DE DESARROLLO SOCIAL) Y LA PROPUESTA EN EL MANUAL.

La clasificación actual de proyectos del Ministerio de Desarrollo Social consulta la siguiente tipología:

- Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la pista.
- Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de calles de rodaje y salida.
- Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la plataforma de estacionamiento de aviones.
- Proyectos de ampliación del edificio terminal.
- Proyectos de inversión en equipos de ayuda a la navegación.
- Proyectos de servicios.

La relación de esta clasificación actual con la propuesta en el Manual se presenta a continuación:

i) Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la pista

Se distinguen dos casos: aumento de largo y/o ancho, y aumento de resistencia. En ambos casos, caben dos posibilidades:

- el proyecto permite la operación de aeronaves que antes no podían operar o lo hacían con restricciones; en este caso, se trata de un proyecto estructural, que probablemente será grande o mediano.
- el proyecto no significa cambios en el material de vuelo utilizado, sino más bien ahorra o posterga costos de mantenimiento; en este caso, se trata de un proyecto no estructural, probablemente de tamaño mediano.

ii) Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de calles de rodaje y salida.

En este tipo de proyecto se distinguen dos casos similares a los anteriores: mejoras geométricas y mejoras de resistencia. En ambos casos caben dos posibilidades:

- el proyecto permite la operación de aeronaves que antes no podían operar o lo hacían con restricciones; en este caso, se trata de un proyecto estructural, que probablemente será mediano o pequeño.

- el proyecto no significa cambios en el material de vuelo utilizado, sino mas bien ahorra costos de operación de aviones; en este caso. se trata de un proyecto no estructural, probablemente de tamaño mediano o pequeño. Ello se debe a que los menores costos de operación de aviones representaran en general una proporción baja del costo total de operación, por lo cual, incluso si los ahorros fueran traspasados a las tarifas, el efecto sobre la demanda sería muy pequeño. Naturalmente, si dicho efecto fuera apreciable en un caso dado, se trataría de un proyecto estructural, probablemente pequeño.

iii) Proyectos de mejoramiento y/o ampliación de la plataforma de estacionamiento de aviones

Nuevamente se distinguen dos casos: mejoras de resistencia y ampliación de superficie. En ambos casos, caben dos posibilidades:

- el proyecto permite la operación de aeronaves que antes no podían operar o lo hacían con restricciones; en este caso, se trata de un proyecto estructural, que probablemente será mediano o pequeño.
- el proyecto no significa cambios en el material de vuelo utilizado, sino más bien posibilita la operación simultánea de un mayor número de aviones; en este caso, se trata de un proyecto no estructural, probablemente de tamaño mediano o pequeño.

iv) Proyectos de ampliación del edificio terminal

Estos proyectos aumentan la capacidad de proceso del terminal de carga o pasajeros, mejorando la utilidad del transporte aéreo, pero usual mente con una baja incidencia en la utilidad total. Por esta razón, la situación más probable es que se trate de un proyecto no estructural de tamaño mediano o pequeño. Naturalmente, si dicha incidencia fuera apreciable en un caso dado, se trataría de un proyecto estructural, probablemente pequeño.

v) Proyectos de inversión en equipos de ayuda a la navegación

Estos proyectos, además de mejorar las condiciones de seguridad de los vuelos, pueden permitir un incremento en las horas anuales operativas del aeropuerto. Si el aeropuerto no presenta congestión, que es probablemente el caso más frecuente, el incremento de las horas operativas sólo permitirá modificar los itinerarios de los vuelos existentes.

Puede producir ahorros en términos de flota, si hace posible un mejor aprovechamiento de la misma, o puede mejorar la utilidad del modo aéreo si los itinerarios son un factor importante en la atracción de demanda. En el primer caso,

probablemente se puede tratar de un proyecto no estructural mediano o pequeño. En el segundo caso, podría tratarse de un proyecto estructural, cuyo tamaño dependerá del monto de inversiones involucradas.

vi) Proyectos de servicios

Según la metodología actual, estos proyectos no son objeto de evaluación económica. El Manual propone que los costos de servicios en que se incurre como complemento a un proyecto de otro tipo deben ser justificados con los beneficios del proyecto principal.