

Análisis de costos y competitividad
de modos de transporte terrestre
de carga interurbana

Informe final

11 julio de 2011

Preparado para:
Subsecretaría de Transporte
Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
Aunátegui 139, piso 4 - Santiago - Chile

Preparado por:
Steer Davies Gleave
Holanda 100, Oficina 504, Providencia
Santiago - Chile

+56 (0)2 757 2600
www.steerdaviesgleave.com

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
	Objetivos del estudio.....	1
	Detalle de tareas.....	2
2	REVISIÓN DE ANTECEDENTES	3
	Revisión antecedentes estudios referidos a movimiento de carga	3
	Revisión antecedentes estudios de modo de transporte ferroviario	13
	Revisión antecedentes estudios de modo de transporte marítimo.....	19
	Revisión antecedentes estudios de modo de transporte carretero	23
	Revisión antecedentes estudios de modo de transporte por ducto	27
	Conclusión revisión antecedentes.....	29
3	ESTRUCTURA DE COSTO PROPUESTA	32
4	DEFINICIÓN DE TIPOLOGÍAS Y ÁMBITOS PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS	36
	Vehículos modelo modo ferroviario.....	38
	Vehículos modelo modo marítimo	41
	Vehículos modelo modo camión	43
	Vehículos modelo modo Ducto.....	44
5	ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE COSTOS	47
	Estimación componentes de costos de operación ferrocarril	47
	Resumen costo operación ferrocarril	60
	Estimación componentes de costos de operación camión	62
	Resumen costo operación camión.....	65
	Estimación componentes de costos de operación nave	67
	Resumen costo operación nave	86
	Estimación componentes de costos de operación ducto	88
	Resumen costo operación ducto.....	93
6	SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE COSTOS	95
	Diseño de base de datos	95
	Poblamiento base de datos.....	96
	Programación de consultas	98
7	ANÁLISIS CRÍTICO DE LA DEMANDA POR TRANSPORTE	99
	Aspectos de agregación espacial y de productos	99
	Productos con mayor crecimiento	100

	Crecimientos desagregados por tipo de producto.....	101
	Crecimientos desagregados por par Origen-Destino	104
	Conclusión.....	106
8	PROPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE PROYECTOS ESPECÍFICOS.....	107
	Análisis competitividad	107
	Costos de infraestructura.....	125
	Elaboración cartera de proyectos.....	127
	Conclusiones	154
9	CONCLUSIONES	155

FIGURAS

Figura 2.1	Estructura de costos cabotaje marítimo	19
Figura 2.2	Costos de transporte por ducto según diámetro y volumen	27
Figura 6.1	Diagrama de relaciones	95
Figura 6.2	Parámetros tipo de vehículo	96
Figura 8.1	Costo marginal de operación de transporte de granel sólido Norte Transversal	108
Figura 8.2	Estructura de costos marginal operación de transporte de granel sólido Norte Transversal	109
Figura 8.3	Costo marginal de operación de transporte de granel líquido Centro Transversal	110
Figura 8.4	Estructura de costo marginal de operación de transporte de granel líquido Centro Transversal.....	111
Figura 8.5	Costo marginal de operación de transporte de carga general seca Centro Transversal	112
Figura 8.6	Estructura de costos marginal de operación de transporte de carga general seca Centro Transversal.....	112
Figura 8.7	Costo marginal de operación de transporte de carga general refrigerada Centro Transversal	113
Figura 8.8	Estructura de costos marginal de operación de transporte de carga general refrigerada Centro Transversal	113
Figura 8.9	Costo marginal de operación de transporte de granel sólido Sur Transversal	114
Figura 8.10	Estructura de costos marginal de operación de transporte de Granel sólido Sur Transversal	114
Figura 8.11	Costo marginal de operación de transporte de carga general refrigerada Centro Sur.....	115

Figura 8.12	Costo marginal de operación de transporte de carga general refrigerada Centro Sur.....	116
Figura 8.13	Costo marginal de operación de transporte de granel sólido Norte Sur.....	117
Figura 8.14	Costo marginal de operación de transporte de granel sólido Norte Sur.....	117
Figura 8.15	Costo marginal de operación de transporte de granel líquido Centro Norte	118
Figura 8.16	Estructura de costos marginal de operación de transporte de granel líquido Centro Norte	118
Figura 8.17	Costos fijos y variables de transporte de granel sólido Norte Transversal	119
Figura 8.18	Costos fijos y variables de transporte de carga general seca Centro Transversal	120
Figura 8.19	Costos fijos y variables de transporte de carga general refrigerada Centro Sur	120
Figura 8.20	Costo total de operación de transporte de granel sólido, Norte Transversal	121
Figura 8.21	Costo total de operación de transporte de carga general refrigerada, Centro-Sur	122
Figura 8.22	Costo total de operación de transporte de granel líquido, Centro Transversal	123
Figura 8.23	Costo total de operación de transporte de carga general seca, Norte Sur.....	124
Figura 8.24	Esquema de metodología para definición de proyectos	128
Figura 8.25	Trazado FCAB estación Prat-Mejillones	129
Figura 8.26	Área del proyecto ramal San Pedro-Ventanas.....	140
Figura 8.27	Movimiento de carga, Las Tórtolas-Ventana.....	143
Figura 8.28	Movimiento de carga, Saladillo-Ventana	145

TABLAS

Tabla 2.1	Costos considerados en inversiones en infraestructura Plan Director MOP	4
Tabla 2.2	Criterios de actualización utilizados	8
Tabla 2.3	Rango costos operación camión por componente	29
Tabla 2.4	Rango costos operación ferrocarril por componente.....	30
Tabla 2.5	Costos totales privados entre camión y ferrocarril.....	30

Tabla 3.1	Descripción estructura de costo	33
Tabla 4.1	Parque locomotoras Diesel Zona Norte	38
Tabla 4.2	Parque locomotoras Diesel Zona Centro Sur	38
Tabla 4.3	Tipos de carros según carga a transportar	39
Tabla 4.4	Capacidad de carga a transportar por Tren Tipo	40
Tabla 4.5	Naves disponibles por tipo de carga	41
Tabla 4.6	Tipos de carros según carga a transportar	43
Tabla 4.7	Características Mineroductos en Chile.....	44
Tabla 4.8	Oleoductos: Propiedad, Producto y Capacidad (Año 2004)	46
Tabla 5.1	Costos Unitarios de consumo de combustible por Tren Tipo	49
Tabla 5.2	Costos anuales mantenimiento locomotoras	52
Tabla 5.3	Costos Unitarios mantenimiento locomotoras.....	52
Tabla 5.4	Costos Unitarios mantenimiento carros	53
Tabla 5.5	Costos Unitarios Lubricantes	54
Tabla 5.6	Costos Unitarios Honorarios Tripulación	55
Tabla 5.7	Costos Unitarios Honorarios Personal Operación	56
Tabla 5.8	Costos Unitarios Depreciación carros	57
Tabla 5.9	Costos Unitarios Depreciación locomotoras	58
Tabla 5.10	Costos Gestión y administración	59
Tabla 5.11	Otros gastos de operación	59
Tabla 5.12	Resumen Costo Unitario Operación ferrocarril (\$/ton-km)	60
Tabla 5.13	Composición Costo Operación ferrocarril	61
Tabla 5.14	Costos Unitarios de consumo de combustible por camión tipo.....	62
Tabla 5.15	Precio revisiones técnicas 2011.....	63
Tabla 5.16	Costos Unitarios de mantención por camión tipo.....	63
Tabla 5.17	Costos Unitarios depreciación por camión tipo	64
Tabla 5.18	Resumen Costo Unitario Operación camión (\$/ton-km)	65
Tabla 5.19	Composición Costo Unitario Operación camión	66
Tabla 5.20	Running Costs, diarios por modelo de nave típica.....	68
Tabla 5.21	Km anuales Naves Modelo.....	69
Tabla 5.22	Parámetros par O/D Naves Modelo	69
Tabla 5.23	Consumos de Combustible Naves Modelo	70
Tabla 5.24	Tiempos de navegación y estadía en puerto	71
Tabla 5.25	Costos de combustibles USD/ton	71

Tabla 5.26	Costos Unitarios de consumo de combustible por nave Tipo	71
Tabla 5.27	Costos Medios Diarios de Seguros por nave Tipo	72
Tabla 5.28	Costos Medios Diarios de Faros y Balizas por nave Tipo	73
Tabla 5.29	Costos Medios Diarios de inspeccion y certificación por nave Tipo	73
Tabla 5.30	Costos Unitarios de Circulación por nave Tipo	74
Tabla 5.31	Costos Medios Diarios de mantencion por nave Tipo.....	74
Tabla 5.32	Costos Medios Diarios carena por nave Tipo.....	75
Tabla 5.33	Costos Medios Diarios lubricantes por nave Tipo	75
Tabla 5.34	Costos Unitarios de Mantenición por nave Tipo.....	76
Tabla 5.35	Costos Mensuales Tripulación Nave MPP	77
Tabla 5.36	Costos Mensuales Tripulación nave granel solido	78
Tabla 5.37	Costos Mensuales Tripulación nave granel liquido.....	79
Tabla 5.38	Costos Unitarios en personal por nave Tipo	80
Tabla 5.39	Costos Unitarios de Depreciación por nave Tipo.....	81
Tabla 5.40	Costos administración nave MPP.....	82
Tabla 5.41	Costos administración nave granel sólido	82
Tabla 5.42	Costos administración granel líquido	82
Tabla 5.43	Costos Unitarios de Gestión y administración por nave Tipo	83
Tabla 5.44	Gastos operacionales en Puerto asociados a nave MPP.....	84
Tabla 5.45	Gastos operacionales en Puerto asociados a nave Granel Sólido ..	84
Tabla 5.46	Gastos operacionales en Puerto asociados a nave Granel Líquido.	85
Tabla 5.47	Costos Unitarios de Otros gastos operacionales por nave Tipo.....	85
Tabla 5.48	Resumen Costo Unitario Operación naves (\$/ton-km).....	86
Tabla 5.49	Composición Costo Unitario Operación naves	87
Tabla 5.50	Estructura de precios ENAP.....	89
Tabla 5.51	Características de los ductos seleccionados.....	90
Tabla 5.52	Costos referenciales de mantención de oleoductos.....	91
Tabla 5.53	Costos por honorarios en oleoductos	91
Tabla 5.54	Costos honarios (\$/ton-km).....	92
Tabla 5.55	Resumen de costo Unitario de operación ducto (\$/ton-Km)	93
Tabla 5.56	Composición costo unitario operación ducto (%)	94
Tabla 7.1	Proyección de carga por producto	101
Tabla 7.2	Principales aumentos en toneladas de carga generada por zona .	104
Tabla 7.3	Principales aumentos en toneladas de carga atraida por zona ...	104

Tabla 7.4	Diez mayores flujos de carga proyectada al año 2020.....	105
Tabla 8.1	Gastos de puerto por recalada de nave típica	125
Tabla 8.2	Gastos de puerto asociados al uso de infraestructura por recalada de nave típica	126
Tabla 8.3	Costos infraestructura ferrocarril	127
Tabla 8.4	Costos de Inversión doble vía Prat-pampa	130
Tabla 8.5	Evaluación privada doble vía Prat-Pampa.....	131
Tabla 8.6	Costo externalidades Ferrocarril	132
Tabla 8.7	Costo externalidades camión.....	132
Tabla 8.8	Ahorro de costos sociales doble vía Prat-Pampa vs transporte en camión.....	133
Tabla 8.9	Evaluación privada Conexión férrea RT	134
Tabla 8.10	Ahorro de costos sociales Conexión férrea RT	134
Tabla 8.11	Evaluación privada aumento flujo ferroviario por Terminal intermodal de contenedores en San Antonio y Santiago	136
Tabla 8.12	Ahorro de costos sociales aumento flujo ferroviario por Terminal intermodal de contenedores en San Antonio y Santiago	136
Tabla 8.13	Evaluación privada aumento flujo ferroviario por Terminal intermodal en Teno	138
Tabla 8.14	Ahorro de costos sociales aumento flujo ferroviario por Terminal intermodal en Teno	138
Tabla 8.15	Evaluación privada Ramal Rancagua Lo Miranda.....	139
Tabla 8.16	Ahorro de costos sociales Ramal Rancagua Lo Miranda.....	139
Tabla 8.17	Evaluación privada mejoramiento Ramal San Pedro-Ventanas....	141
Tabla 8.18	Ahorro de costos sociales mejoramiento ramal San Pedro-Ventanas	142
Tabla 8.19	Evaluación privada construcción ramal Polpaico-Las tórtolas.....	143
Tabla 8.20	Ahorro de costos sociales construcción ramal Polpaico-Las tórtolas	144
Tabla 8.21	Evaluación privada rehabilitación del sector Llay Llay Los Andes y Los Andes Saladillo	145
Tabla 8.22	Ahorro de costos sociales rehabilitación del sector Llay Llay Los Andes y Los Andes Saladillo	146
Tabla 8.23	Evaluación privada construcción desvíos proyecto Celc0 1	146
Tabla 8.24	Ahorro de costos sociales construcción desvíos proyecto Celc0 1	147
Tabla 8.25	Evaluación privada construcción desvíos proyecto Celc0 2	148
Tabla 8.26	Ahorro de costos sociales construcción desvíos proyecto Celc0 2	148

Tabla 8.27	Evaluación privada construcción desvío proyecto Putagán	149
Tabla 8.28	Ahorro de costos sociales construcción desvío proyecto Putagán	150
Tabla 8.29	Evaluación privada construcción desvío proyecto Cementos Búfalo	151
Tabla 8.30	Ahorro de costos sociales construcción desvío proyecto Cementos Bufalo.....	151
Tabla 8.31	Evaluación privada rehabilitación ramal Coigue Nacimiento	152
Tabla 8.32	Ahorro de costos sociales rehabilitación ramal Coigue Nacimiento	152
Tabla 8.33	Evaluación privada construcción Oleoducto San Vicente-Temuco	153
Tabla 8.34	Ahorro de costos sociales construcción Oleoducto San Vicente- Temuco.....	154

1 Introducción

- 1.1 El presente documento corresponde al Informe Final del estudio “Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana”, solicitado por la Subsecretaría de Transportes a Steer Davies Gleave.
- 1.2 Con este estudio la Subsecretaría de Transportes espera establecer una base de información comparable que permita guiar políticas públicas respecto de competitividad modal en el transporte de carga.

Objetivos del estudio

- 1.3 El objetivo general del estudio es realizar un análisis global de costos por tonelada kilómetro (ton-km) para diferentes modos de transporte de carga. Esto de manera de apoyar la formulación y evaluación de proyectos puntuales de conexión ferroviaria, caminera, ductos o cabotaje, que agilicen o hagan más eficientes el transporte de mercancías, potenciando el sistema de producción o la cadena logística de comercio exterior y previniendo que el sistema de transporte se transforme en una eventual barrera al crecimiento de la economía.
- 1.4 Los objetivos específicos son:
 - Analizar los antecedentes relevantes e información de costos. En particular de los estudios recientes referentes a competitividad en el contexto de accesos portuarios y logística, y estudios que traten el cabotaje marítimo.
 - Caracterizar el escenario tecnológico actual y definir escenarios alternativos futuros, de manera de conocer las restricciones actuales de los sistemas de apoyo a la operación ferroviaria, vial y de otros modos, y sus posibilidades de evolución.
 - Analizar, validar, actualizar y sistematizar la información de costos unitarios (\$/ton-km) por modo bajo diferentes situaciones.
 - Estimar costos medios de transporte por modo, considerando la participación y organización industrial observada por tipo de industria, mercado y zona geográfica.
 - Identificar y analizar proyectos de inversión a partir de un análisis de concentración de demanda y costos de opciones modales.
 - Orientar a la autoridad respecto de las acciones que debe comprometer o incentivar, para promover mejoras de competitividad al transporte interurbano de carga.

Detalle de tareas

- 1.5 Las tareas desarrolladas como parte de este estudio son las siguientes:
1. Recopilación y análisis de estudios relevantes y antecedentes de costos.
 2. Ajuste metodológico.
 3. Definición de tipologías y ámbitos para el análisis de costos.
 4. Análisis y validación de la información de costos.
 5. Sistematización de la información de costos.
 6. Análisis crítico de la demanda por transporte.
 7. Proposición y análisis de proyectos específicos.
- 1.6 Este informe incluye la totalidad de las tareas antes señaladas.

2 Revisión de antecedentes

- 2.1 A continuación se detalla la información relevante por modo obtenida de los estudios de base y de otros estudios revisados por el consultor.

Revisión antecedentes estudios referidos a movimiento de carga

Actualización Plan Director de Infraestructura MOP, 2009

- 2.2 El objetivo de este estudio fue identificar planes de inversión en infraestructura, para establecer un conjunto de inversiones tendientes a mejorar la competitividad del país a través de la conectividad e integración.
- 2.3 Para esto se identificaron complementariedades entre los diferentes proyectos, se establecieron actuaciones de gestión integrada pública y privada, y se identificaron eventuales incompatibilidades entre proyectos y regulaciones existentes.
- 2.4 Las ideas y proyectos de infraestructura resultantes de estas etapas, se clasificaron en temas modelados y temas no modelados. Para la evaluación de los primeros se utilizó TRANUS que es un sistema de modelación integral que combina localización de actividades, usos del suelo y el mercado inmobiliario con un modelo multimodal de transporte. Los temas no modelados, en tanto, fueron tratados con metodologías alternativas.
- 2.5 Finalmente se entregó una cartera de proyectos que integraba ambos tipos de proyectos.
- 2.6 Respecto a información de movimiento de carga y costos asociados, se puede destacar que para la modelación realizada en TRANUS se consideraron los siguientes tipos de cargas y modos:

■ Carga liviana

- Camión sencillo (dos ejes)
- Avión de carga
- Carga general pesada
- Camión con acoplado para carga general pesada
- Ferrocarril carga general pesada, FEPASA

■ Graneles líquidos:

- Camión con acoplado para graneles líquidos.
- Ferrocarril para graneles líquidos, FEPASA.
- Ferrocarril para graneles líquidos, TRANSAP.
- Barco para graneles líquidos.
- Mineroductos.

■ Graneles sólidos:

- Camión con acoplado para graneles sólidos.
- Ferrocarril graneles sólidos, FEPASA.
- Ferrocarril graneles sólidos, FERRONOR.

- Ferrocarril graneles sólidos, FCAB.
 - Barco para graneles sólidos.
- Contenedores:
- Camión con acoplado para contenedores.
 - Ferrocarril para contenedores, FEPASA.
- 2.7 Para la evaluación de los proyectos se estimaron consumos de recursos y las inversiones requeridas.
- 2.8 El costo social asociado a cada situación, fue calculado considerando las componentes de costo de operación, costo de tiempo, costo de mantención vial y costo de mantención ferroviaria.
- 2.9 En cuanto a los costos utilizados para el cálculo de inversiones en infraestructura, éstos fueron definidos en base a cifras obtenidas de MIDEPLAN y de entidades ligadas al sector de la construcción en el país.

TABLA 2.1 COSTOS CONSIDERADOS EN INVERSIONES EN INFRAESTRUCTURA PLAN DIRECTOR MOP

Solución	Costo (mil US\$/km)
Camino pavimentado	0,55
Solución básica_norte ¹	0,03
Solución básica_centro	0,06
Solución básica_sur	0,08
Camino de ripio	0,07
Señalización	0,001
Puente	40
Túnel	30
Doble calzada norte	0,8
Doble calzada centro	1,2
Doble calzada sur	1,8
Mejoramiento	0,8
Doble calzada 3 pistas	2,1
Túnel-Doble calzada	30,8
Bypass_A ²	1,8
Bypass_B	1,2
Bypass_C	1

Fuente: Actualización Plan Director de Infraestructura MOP, 2009

¹Se aplica en caminos de características muy básicas que permiten la circulación de peatones, animales, automóviles y camiones simples, sin mayores dificultades que las de un camino estrecho. Dadas las condiciones climáticas disímiles en el país, la solución básica se dividió en tres tipos; norte, centro y sur.

²Esta categorización fue realizada de acuerdo al tamaño de la población residente en cada ciudad. “by-pass clase A” se utiliza en el caso de áreas metropolitanas; “by-pass clase B” para ciudades intermedias y menores y “by-pass clase C” para ciudades pequeñas.

- 2.10 El costo de mantención vial, en tanto, se estima a partir de la cantidad de ejes equivalentes (EE) a que es sometido cada arco de la red y su número de pistas.
- 2.11 La formulación para calcular los EE se obtuvo de ESTRASUR. Una vez conocida la cantidad de EE al año, se procedió a calcular el costo unitario de mantención por pista - kilómetro a partir de una tabla de costos unitarios desarrollada en el marco de ESTRASUR. Finalmente, el costo de mantención de un arco corresponde al producto entre dicho costo unitario, la longitud del arco y la cantidad de pistas.
- 2.12 Para la estimación de costos operacionales del modo camión se utilizó el modelo HDM-III (sub modelo COPER-CH), que permite calcular el costo operacional de cada tipo de vehículo para cada arco de la red.
- 2.13 En cuanto a la estructura de costos ferroviarios, no existe un análisis en detalle en el documento, sólo valores referenciales como el costo operacional social de un tren de carga, el cual alcanza a 2.520 \$/vehículo-km.
- 2.14 El costo de mantenimiento ferroviario, en tanto, se estima como una función no lineal que depende de las toneladas brutas que circulan por cada arco.

$$\text{CUMF} = 0,1829 \cdot \text{Ton}^{0,4806}$$

Donde,

CUMF : Costo unitario de mantención de vías ferroviarias (UF/km-año)

Ton : Toneladas brutas anuales que circulan por el arco (ton/año)

- 2.15 Finalmente, los costos de infraestructura ferroviaria sólo son mencionados como parte de la evaluación económica de proyectos emblemáticos en los que se analiza el tren de alta velocidad a Concepción y el tren rápido a Valparaíso.
- 2.16 Del tren de alta velocidad se indica que se trata de una doble vía que une Santiago Chillan Concepción, que iría paralela a la ruta del Itata y el costo de construcción sería de 24,7 millones de dólares el kilómetro de vía (kmv), información de promedios internacionales, no desagregada.
- 2.17 Para el caso del tren rápido a Valparaíso su costo sería de 3,8 millones de dólares el kmv, desagregado en 3 millones para infraestructura y 0,8 millones de dólares para material rodante.

Comentarios

- 2.18 La información de costos de operación presentada no posee el nivel de desagregación requerido para este estudio. Sin embargo, es posible rescatar las formulaciones presentadas para la estimación de mantención vial y ferroviaria, así como algunos valores referenciales de construcción de infraestructura.

Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional, Subtrans, 2009

- 2.19 El objetivo de este estudio fue realizar un análisis detallado del transporte de carga terrestre a nivel nacional, sobre la base de una revisión de todos los elementos que involucran dicha actividad, y acorde a las nuevas condiciones tanto en el desarrollo de infraestructura como la gestión empresarial y competitividad entre los distintos modos terrestres. Por otra parte, dentro de los objetivos específicos del estudio cabe destacar los siguientes:

- Realizar un análisis detallado de la demanda y oferta del transporte de carga terrestre a nivel nacional.
- Determinar una zonificación del negocio del transporte de carga terrestre.
- Determinar grados de empresarización del sector.
- Determinar unidades de negocios de transporte de carga a nivel nacional.
- Determinar los costos involucrados del transporte de carga terrestre por uso de la infraestructura vial.
- Determinar una estructura de costos por unidad de negocio.
- Estudiar la competencia entre modos de transporte de carga terrestre y, también, la participación de este modo en la operación multimodal.
- Analizar la estructura tributaria del transporte de carga y analizar los impactos de una reducción de impuestos específicos.

2.20 Con respecto a costos de transporte, el estudio determinó la estructura de costo por unidad de negocio para el transporte de carga en camión, para lo cual se consideraron los siguientes elementos:

- Adquisición de flota. Para este valor se utilizó información del valor de vehículos, vida útil y kilometraje recorrido anual.
- Costos fijos de operación de flota. En estos se incluyen, permisos de circulación, revisiones técnicas y seguros.
- Instalaciones. Corresponden a los costos de inversión y operación de la infraestructura asociada a la operación de la flota (patios de estacionamiento, estaciones de mantenimiento, oficinas).
- Combustible. Se calcula en función del kilometraje mensual, rendimiento promedio de los vehículos (se consideró un rendimiento promedio de 2,4 km/l) y precio del combustible (diesel generalmente).
- Neumáticos. Dependen de su vida útil, precio unitario y kilómetros recorridos.
- Materiales y servicios de mantenimiento. Varía entre las prácticas y políticas de mantenimiento de cada empresa, siendo en promedio un 8,25% de los costos y gastos realizados por las empresas de transporte carretero.
- Conductores. Dado que las estructuras de remuneración presentan mucha variabilidad, se decidió utilizar un monto representativo del costo mensual que los conductores representaban para las empresas de transporte. Este costo fue estimado en función de tres componentes: remuneraciones bases y comisiones, leyes sociales y otros.
- Personal de mantenimiento. Se incorporó en el modelo como montos mensuales por persona.
- Personal de operaciones. Dentro de esta categoría se encuentran los despachadores de patios e inspectores de terreno.

- Costos de gestión y administración. Este ítem considera el personal de gestión y administración. Este costo se ingresó como un monto mensual por persona.
 - Gastos de ruta. Se incluye carga/descarga, amarra/desamarra, pesajes, escoltas de seguridad, peajes, entre otros.
 - Gastos generales. Hardware y software de sistemas informáticos, sistemas satelitales de seguimiento vehicular, insumos de oficina, contadores, abogados, etc.
- 2.21 El costo resultante del cálculo de los ítems anteriores, se consideró variable de acuerdo al tipo de vehículo utilizado, el tamaño de la flota operada (tamaño de empresa) y las distancias medias de viaje.
- 2.22 Los tipos de vehículos se identificaron de acuerdo a los mercados y las unidades de negocio, consolidándose en 12 tipos.
- 2.23 Respecto de los tamaños de empresa se modelaron cuatro casos, cada uno definido por una flota de 3, 8, 25 y 120 vehículos.
- 2.24 Finalmente en el caso de las distancias de viaje, se definieron 7 distancias de modelación, de tal manera que cualquiera de las distancias reales pudiese asociarse con una de las distancias de modelación.
- 2.25 El proceso generó 336 casos de modelación de las estructuras de costo, para los cuales se obtuvieron costos por kilómetro (\$/km); costo por tonelada-kilómetro (\$/ton-km) y los porcentajes correspondientes de cada ítem de la estructura de costos sobre el costo total de operación.
- 2.26 Luego, considerando las características propias de cada una de las unidades de negocio analizadas en el estudio, se asoció a cada una de ellas alguna de las 336 estructuras de costo modeladas.
- 2.27 Respecto al costo de infraestructura se realizó un análisis considerándose los peajes como reflejo de este valor. La metodología utilizada se basó, en primer lugar, en la estimación de los montos recaudados por las concesiones viales interurbanas para el año base de análisis (2007), asociados al pago de peajes por parte de los camiones que transitan por ellas. En segundo lugar, a partir de los datos de demanda (matrices regionales) determinados en el estudio, para distintos tipos de productos, se realizó una distribución de los importes pagados en peajes entre los tipos de productos. Para esto fue necesario determinar para cada par O/D de la matriz regional, las concesiones posibles de ser usadas por ese viaje.
- 2.28 Luego a partir del total de kilómetros recorridos para cada tipo de producto a nivel nacional se determinó un valor medio nacional de peaje por kilómetro por producto.
- 2.29 Finalmente, el estudio realiza una comparación entre el modo carretero y ferrocarril, pero sólo a nivel cualitativo ya que no se determinan costos para este último modo.

Comentarios

- 2.30 Los resultados de este estudio es lo más detallado que existe hasta hoy respecto a desagregación de costos de transporte por carretera en Chile. El nivel de análisis y detalle presentado, permite utilizar la información presentada como input para el presente estudio.

Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario Respecto al Acceso a Puertos, Subtrans, 2010

- 2.31 El objetivo de este estudio fue diagnosticar la situación actual que enfrentan los modos ferroviario y caminero en el acceso a puertos, cuantificar los impactos que generan el tránsito terrestre de carga en las ciudades-puerto y proponer líneas de acción tendientes a mejorar la dotación de infraestructura especializada y la eficiencia de la cadena logística del transporte de carga.
- 2.32 Respecto a los costos considerados en el análisis, éstos fueron estimados desde el punto de vista del operador. En el caso del modo camión la estructura de costos se basó en el estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”, expresándose en \$/km o \$/ton-km, de acuerdo a tamaño de la empresa, producto transportado y distancias medias de viaje al puerto.
- 2.33 Para la actualización de los costos se definieron los siguientes criterios:

TABLA 2.2 CRITERIOS DE ACTUALIZACIÓN UTILIZADOS

Ítem	Criterio
Adquisición de flota	100%USD
Combustible	100% IP ³ petróleo
Neumáticos	50% IP sector transporte + 50% IP neumáticos
Mantenimiento	30% Índice Nominal Costo de la Mano de Obra +70% USD
Conductores	100% Índice Nominal Costo de la Mano de Obra
Otros personal	100% Índice Nominal Costo de la Mano de Obra
Otros gastos	100% IP sector transporte
Permiso circulación, seguros, rev. técnica	100% IP permisos de circulación
Gastos generales	100% IP sector transporte

Fuente: Análisis de la Competitividad entre el Transporte caminero y Ferroviario respecto al Acceso a Puertos, Subtrans, 2010

³ IP: Índice de precios

- 2.34 De igual forma, los costos de infraestructura obtenidos en el estudio señalado, se actualizaron utilizando un factor promedio entre cociente entre los valores de los peajes en el año 2009 y 2007, para los camiones de más de dos ejes. Una vez actualizados los costos de peaje al año 2009, se incorporaron en la estructura de costos, considerando el tipo de producto y zona geográfica.
- 2.35 Para la verificación de los resultados obtenidos se realizó una comparación con la estructura estimada a partir de los datos del *Informe Anual de Transporte Terrestre* del INE para el año 2007.
- 2.36 En el caso ferroviario en tanto, la estructura de costos fue calculada desde la posición del operador el cual no es dueño de las vías, por lo que paga por el uso de éstas los conceptos de canon, peaje fijo y peaje variable. Eventualmente el operador podría pagar mantención de vías, pero este ítem no fue considerado en el análisis por pertenecer a una unidad de negocio distinta.
- 2.37 Los ítems considerados en la estructura de costos ferroviarios fueron los siguientes:
- Combustible. Se calcula en base al precio del combustible (se consideró \$500/litro) y la cantidad de litros necesarias para transportar el tonelaje anual modelado. Para esto se asumió un rendimiento del ferrocarril de 0,15 (km/l). Se comenta que la importancia del combustible en los costos totales fluctúa entre un 14% y 35%.
 - Lubricantes. Se consideró que el consumo de lubricantes correspondía a 1 litro cada 300 km, con un valor promedio de \$8.000 el litro.
 - Peaje variable.
 - Peaje fijo y canon.
 - Personal. Se consideró el gasto total de FEPASA en personal en un año ponderado por las toneladas modeladas sobre el total anual transportado.
 - Depreciaciones. El gasto anual en depreciación de FEPASA de su activo fijo, fue ponderado por las toneladas modeladas sobre el total anual transportado.
 - Otros gastos operacionales y gastos de administración y ventas.
 - Contingencias. Se estableció en MM \$20 anuales.
 - Mantenimiento de locomotoras y carros. Considera aprovisionamiento de combustible, revisiones de pasada, reemplazo de zapatas de freno, ajuste de carrera de frenos, reposición de sellos y mangueras de freno, aprovisionamiento de agua, cambios de aceite y lubricación, aseo y otros servicios menores. El gasto por este concepto se asumió en \$1/TKBC⁴.
- 2.38 Finalmente para la comparación entre los modos ferroviario y carretero, se simuló una operación promedio en ambos modos por tipo de producto para cada uno de los puertos analizados, suponiendo un tiempo de carga y descarga similares en ambos modos.

⁴ Toneladas Kilómetro Brutas Completas

Comentarios

- 2.39 Este estudio entrega información con un nivel de desagregación adecuado para la representación del costo de operación de camiones y ferrocarril. En este último caso, los datos recolectados para cada una de las componentes de costo, pueden ser utilizados de base o como validación de los resultados obtenidos.
- 2.40 Por otra parte el análisis de comparación entre modos de manera cuantitativa será utilizado como referente para la comparación a realizar en el presente estudio.

Optimización de la Cadena Logística de Contenedores, EFE

- 2.41 Los objetivos de este estudio fueron los siguientes:
- Elaborar flujograma y mapeo del movimiento de contenedores desde la V Región hasta la X Región. Esto incluye una definición de etapas, funcionalidades, costos asociados, tiempos de servicio y otros. La información debe estar en un SIG o herramienta de similar funcionalidad para presentar y acceder a la información en forma directa.
 - Identificar ubicación de opciones para Centros de Intercambio Modal (listado), determinar de sus funcionalidades, montos de inversión a nivel conceptual y su priorización utilizando un análisis multicriterio.
- 2.42 Como parte del análisis se describen los modos carretero y ferroviario respecto al transporte de contenedores, así como los movimientos en puerto asociados. No se presenta información de costos por modo, sin embargo se desglosan costos de inversión de centros intermodales de carga.

Comentarios

Este estudio no entrega información relevante para la estimación de costos de operación, sin embargo se tendrá en consideración los costos de infraestructura de centros intermodales señalados.

Cálculo de Costes y Precios de Transporte Interurbano de Viajeros y Mercancías en España, Ministerio de Fomento, España, 2008

- 2.43 El objetivo del estudio fue recoger los costos y precios internos; es decir, aquellos que reflejan el valor económico que el usuario afronta, excluyendo del alcance los costos externos. Los costos y precios internos incluyen, además de los costos directos, los costos indirectos que el operador debe satisfacer en concepto de estructura, marketing, etc.
- 2.44 Asimismo, se valoraron sólo los costos de explotación del operador, excluyendo los costos de amortización de infraestructura cuando estos costos no repercuten en el operador a través de cánones y tasas.
- 2.45 Para esto se analizaron los resultados obtenidos en 4 observatorios de costos; Ministerio de Fomento, OTEUS, SIMERMAD y GENCAT.
- 2.46 En el caso de los costos de operación del modo carretero, los ítems considerados en su estructura son equivalentes en los 4 observatorios y corresponden a:
- Costo de amortización
 - Costo de financiación
 - Costo anual del conductor

- Dietas anuales
 - Costo anual de seguros
 - Costos fiscales anuales
 - Costo de combustible
 - Costo de neumáticos
 - Costos indirectos
- 2.47 Al analizar los resultados y metodologías de estimación de estas componente en los distintos observatorios, se observó que existían diferencias en los costos por veh-km, las cuales se producían por las hipótesis sobre los kilómetros anuales y no por los costos unitarios de los ítems considerados. Sin embargo, el estudio consideró que las metodologías y resultados del observatorio del Ministerio de Fomento, representaban hipótesis más claras, y por lo tanto, se optó por realizar las estimaciones de costos del estudio basándose en ellas.
- 2.48 Con el fin de simplificar las estimaciones y permitir una mejor comparación con otros modos, no se consideraron diferenciaciones en los costos por tipo de vehículo, ni por región⁵.
- 2.49 Adicionalmente, en base a la información disponible, se propuso la estimación de los siguientes indicadores:
- Costo total anual de operación de un vehículo articulado de carga general
 - Costo por veh-km cargado de un vehículo articulado de carga general
 - Precio/ton-km de transporte en un vehículo articulado de carga general
- 2.50 Para el cálculo de precios medios se añadió un % de beneficio de modo general en base a una muestra de cuentas anuales de empresas de transportes, obteniéndose así una percepción media que recibe el operador por el servicio (no incluye IVA y otros impuestos).
- 2.51 En el caso del transporte ferroviario no existía información oficial de costos, por lo que se determinó una estructura en base a las cuentas anuales de RENFE. Así la estructura de costos consideró los siguientes ítems:
- Amortización del vehículo
 - Costo de financiación
 - Costo de mantenimiento del material rodante
 - Costo de salarios
 - Consumo de energía
 - Cánones de acceso a la red
- 2.52 Del mismo modo que el caso carretero, se obtuvo la percepción media por ton-km en valores corrientes, la cual se definió como la recaudación media que recibe el operador⁶.

⁵ No se identificaron fuertes diferencias regionales en los ítems de costo, salvo en los salarios.

⁶ La percepción media difiere de las tarifas medias, por no incluir IVA ni tasa de seguridad.

Comentarios

- 2.53 El observatorio de costos de transporte del Ministerio de Fomento de España es un referente a nivel mundial, respecto a mantención de información desagregada de las componentes de costo de transporte. El estudio señalado permitió comprobar la calidad de la información recopilada por este observatorio y por lo tanto las estructuras de costo utilizadas serán consideradas como referencia en el presente estudio. Por otra parte, queda de manifiesto que la falta de información de costos de transporte en ferrocarril es un problema generalizado, y por lo tanto, se rescatan las metodologías utilizadas para obtener un mayor nivel de desagregación a partir de datos públicos como lo son las memorias de las empresas operadoras.

Revisión antecedentes estudios de modo de transporte ferroviario

Análisis y Desarrollo Metodología de Evaluación Ferroviaria, SECTRA, 2010

- 2.54 El objetivo de este estudio es desarrollar una metodología de análisis técnico que oriente, defina y recomiende la estimación de costos y beneficios de los proyectos ferroviarios interurbanos.
- 2.55 Como parte del estudio se definió una clasificación de proyectos ferroviarios, destacándose las tipologías necesarias para enfrentar las estructuras de costos de los proyectos. Posteriormente se describieron y definieron diversos criterios generales para la evaluación, selección y posterior implementación de los mejores proyectos ferroviarios.
- 2.56 Otros puntos analizados son los siguientes:
- Enfoques de estimación de la demanda para cada tipología de proyecto.
 - Criterios a considerar para la estimación y utilización de modelos
 - Recomendaciones respecto del diseño físico de los proyectos ferroviarios, tanto en infraestructura como del material rodante.
 - Recomendaciones respecto del diseño operacional de los servicios ferroviarios (tiempos de viaje, frecuencias, volúmenes, tipos de producto, programas de tráfico, entre otros).
- 2.57 Se describen además, las metodologías y fuentes de información para la recolección de datos requeridos para la construcción de modelos, simulación y estimación de oferta y demanda de transporte.
- 2.58 Respecto a las estructuras de costos, se definen las siguientes:
- Costos de Inversión
 - Terrenos: adquisiciones o expropiaciones
 - Movimiento de tierras
 - Obras de arte y puentes
 - Superestructura de la vía férrea
 - Sistema de electrificación
 - Sistema de señalización y comunicaciones
 - Edificaciones
 - Ingeniería
 - Inspección y recepción de obras
 - Costos de operación y mantenimiento:
 - Costos operacionales directos
 - Energía
 - Personal de trenes
 - Mantenimiento de vehículos
 - Otros costos operacionales

- Costos operacionales de infraestructura
 - Mantenimiento de la vía férrea
 - Mantenimiento de puentes y obras de arte
 - Mantenimiento de la electrificación
 - Mantenimiento de la señalización y comunicaciones
 - Movilización de trenes
 - Operación de estaciones
 - Mantenimiento de edificios
 - Costos de estructura
 - Gastos de administración
 - Servicios generales
 - Depreciación de trenes
 - Seguros
- 2.59 Dentro de los costos operacionales de mantenimiento de la vía férrea se recomienda utilizar las siguientes expresiones:
- Vía con durmientes de hormigón y sujeción elástica
 $C = 6.538,328 + 0,416 \cdot KTB$ en [USD/km-año]
 - Vía con durmientes de madera y sujeción elástica
 $C = 7.654,659 + 0,489 \cdot KTB$, en [USD/km-año]
 - Vía con durmientes de madera y sujeción rígida
 $C = 6.621,850 + 0,779 \cdot KTB$, en [USD/km-año]
- 2.60 En los capítulos posteriores del estudio se describen los siguientes puntos:
- Fuentes de beneficios para proyectos ferroviarios y metodologías propuestas para su determinación.
 - Evaluación socio-económica del proyecto, cuantificación de las inversiones a precios sociales, determinación del valor residual, criterios generales de evaluación, indicadores de rentabilidad y análisis de sensibilidad.
 - Análisis financiero privado de proyectos ferroviarios, tanto de transporte de pasajeros como de transporte de cargas.
 - Metodología de análisis de externalidades ambientales de los proyectos ferroviarios, tales como accidentes, congestión, contaminación, etc.
- Comentarios*
- 2.61 Este documento entrega una estructura clara de la metodología a seguir para la evaluación de proyectos ferroviarios. A pesar de no entregar costos de operación de manera explícita, se sugieren parámetros que permiten su estimación.
- 2.62 En cuanto a costos de mantenimiento de vías férreas se proporcionan funciones para su estimación, sin embargo éstas han sido estimadas para tráfico mixto.
- 2.63 Para la mantención de equipos en tanto, se entregan montos en UF/tren-km, que serán considerados como referencia en la estimación de este ítem.

Opera Tren Modelo de Operación Ferroviaria, SECTRA, 2003

- 2.64 El estudio explica los fundamentos teóricos y prácticos, así como el funcionamiento de un modelo computacional para la simulación de la operación de un servicio ferroviario.
- 2.65 Este modelo es capaz de simular distintas condiciones de explotación y entregar costos estimados de operación, consumos de energía, tiempos de ciclo, etc. Para lograr este objetivo, se desarrollaron 3 submodelos que calculan y estiman distintos aspectos de un servicio ferroviario, los cuales interactúan entre si.
- **Tiempos de viaje.** En base a parámetros sobre las características geométricas de la vía, del material rodante y restricciones, el modelo determina la curva característica del tren así como la curva de resistencias. La diferencias entre ambas funciones, entrega la potencia instantánea disponible para acelerar el convoy. Dividiendo el trazado en estudio en pequeños tramos de 5 o 10 kms, es posible predecir el comportamiento de un tren en términos de tiempos y velocidades en cada extremo de los tramos. Este módulo entrega paralelamente el consumo de energía en cada uno de los tramos simulados.
 - **Costos de Operación.** A partir del consumo de energía (electricidad o combustible), se puede estimar el costo en dicho ítem. Por otra parte, el modelo utiliza algunas fórmulas de mantenimiento por tipos de equipo (para locomotoras y carros en función de los TKBC), establecidas en el estudio. A partir de características del trazado y del servicio, el submodelo estima los costos de mantención en otros ítems, como vías, electrificación, señalización y comunicaciones, también por medio de fórmulas presentadas en el estudio. Adicionalmente, a partir de una estructura de sueldos y cargos, el submodelo también estima los costos del personal.
 - **Dimensionamiento del sistema de alimentación eléctrica de un servicio.** En base a las características del equipo, del sistema de alimentación, de la infraestructura y del servicio, este componente determina la distancia óptima entre subestaciones (para un adecuado suministro de voltaje), y la potencia necesaria en cada subestación para satisfacer la demanda global de potencia.

Comentarios

- 2.66 Las componentes de costos consideradas en el modelo contemplan adecuadamente los costos de operación de un tren, considerando los costos de energía, equipos, mantenimientos y personal. Sin embargo la aplicación del modelo se encuentra restringida por una serie de parámetros asociados a los arcos tipos de los tramos que se desean modelar.
- 2.67 Dado los alcances del presente estudio, un análisis detallado por tramo no se justifica dada la visión estratégica que se desea obtener. Sin embargo, es posible utilizar valores medios para efectos de validación. De igual forma es posible utilizar las funciones que representan algunas componentes de costo, como lo es el costo de mantenimiento de locomotoras o los valores referenciales para mantenimiento de carros.

Diagnóstico del Modo de Transporte Ferroviario, SUBTRANS, 2007

- 2.68 Los objetivos del estudio son los siguientes:
- Realizar un diagnóstico de la operación actual del transporte ferroviario de pasajeros y carga, tanto en el ámbito privado como estatal.
 - Diagnosticar la infraestructura ferroviaria.
 - Conocer la importancia relativa del transporte ferroviario de pasajeros y carga en el país respecto de los demás modos de transporte.
- 2.69 Como parte del estudio se realiza un catastro de la información existente, de cada uno de los servicios ferroviarios que se encuentran operativos en el país, ya sean públicos o privados. La información revisada abarca los siguientes puntos:
- Antecedentes
 - Descripción física
 - Operación
 - Participación en el mercado
 - Resultados económicos
 - Perspectivas
- 2.70 Respecto a la comparación con otros modos, ésta se realiza sólo a nivel cualitativo, sin presentar costos operativos ni de inversión.

Comentarios

- 2.71 Este estudio muestra una visión global del estado de los ferrocarriles en Chile, su infraestructura, operación, sus resultados y perspectivas. La información entregada servirá como referencia para justificar por ejemplo los trenes modelo a considerar. Respecto a costos no se indican costos operativos ni de inversión.

Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga, Región de Valparaíso, EFE, 2008

- 2.72 El objetivo de este estudio es impulsar el mejoramiento de la infraestructura ferroviaria, que permita aumentar la capacidad de transferencia, entre el modo ferroviario y portuario, circunscrito a los puertos de la región de Valparaíso.
- 2.73 Como parte del estudio se realiza una descripción del sistema de transporte ferroviario en la zona, considerando los contratos de porteadores y los contratos de mantenimiento. Se entregan valores de mantenimiento de las vías en EFE y los valores de canon de arriendo y uso de las vías por parte de los operadores de EFE.
- 2.74 Posteriormente se realiza un análisis del movimiento de carga ferroviaria y portuaria, así como proyecciones de la demanda.
- 2.75 Se identifican seis proyectos de inversión ferroviaria, los cuales son evaluados privada y socialmente a nivel de perfil.

Comentarios

- 2.76 Los costos e ingresos considerados en la evaluación económica sólo fueron los resultantes del costo del mantenimiento de la vía y los ingresos generados por el peaje variable, lo cual no aporta mayor información para la estimación de costos del presente estudio.

Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga, Región del Bío Bío, EFE, 2008

- 2.77 Este documento sigue una estructura similar al anterior, entregando el mismo nivel de información respecto a costos. Se destaca la información de flujos de carga y proyectos de transporte ferroviario en la región en estudio.

Comentarios

- 2.78 Al igual que el estudio anterior no existe información relevante de costos para el presente estudio, sin embargo se rescata información de flujos de carga y proyectos de transporte ferroviario, que serán considerados en las propuestas de proyectos específicos.

Costes del Transporte de Mercancías por Ferrocarril, Observatorio del Ferrocarril Español, 2008

- 2.79 Este estudio busca una primera aproximación a los costos directos del transporte de mercancías en ferrocarril en España. El objetivo es definir una estructura de costo y los criterios para su cuantificación, de forma que sea útil para analizar casos futuros o medir la sensibilidad de los costos a los cambios de diversas variables como pudieran ser la velocidad o la capacidad de los trenes.
- 2.80 En el estudio se señala que no se había podido realizar un análisis similar a los realizados para el transporte carretero debido a la dificultad de obtención de datos de las componentes de costo en el ámbito europeo.
- 2.81 Los costos considerados corresponden a la explotación del transporte; es decir, en un caso ideal de separación entre la operación de los servicios del transporte y la gestión de la infraestructura, serían los costos que corresponderían a la empresa operadora o prestadora de los servicios de transporte. Y dentro de ellos, sólo se analizan los que pueden considerarse intrínsecos o directos de la explotación y que pudieran ser similares para diversas empresas operadoras; es decir, no se incluyen los costos generales de la empresa, ni de comercialización, publicidad, etc.
- 2.82 Las componentes de costo consideradas son las siguientes:
- Costo de energía. Energía de las locomotoras diesel y eléctricas. En el caso del diesel se considera un consumo medio de 4,5 litros/km para una locomotora de 2.500 KW remolcando trenes de hasta 800 t por líneas ferroviarias de perfiles medios. Con el precio del diesel del año 2008 se supone un costo por kilómetro-tren 2,7 €.
 - Personal de conducción.
 - Mantenimiento de locomotoras. Se considera un 7% del valor de compra, lo que equivale en el caso estudiado a 2,0 €/km en locomotoras diesel.
 - Mantenimiento de vagones. Se considera un 7% del valor de compra.
 - Amortización de locomotora y vagones.
 - Financiación de locomotora y vagones.
 - Otros costos directos.

Comentarios

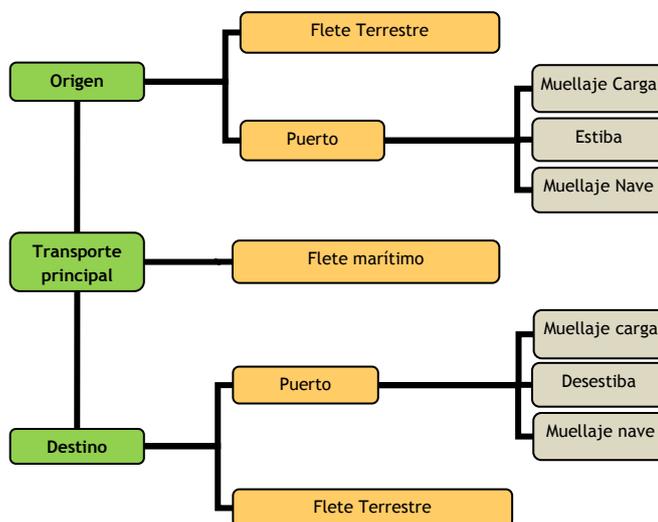
- 2.83 La estructura de costos para el ferrocarril presentada en este estudio es la más detallada de la cual se tenga conocimiento. Se rescatan las metodologías utilizadas en la estimación de cada componente así como los valores referenciales que se entregan. Es importante destacar que la estructura de costo definida corresponde a la utilizada en el observatorio español y por lo tanto, el valor de sus componentes se actualiza anualmente.
- 2.84 Otra información revisada que contiene información para etapas posteriores del estudio, es la siguiente:
- El Futuro del Sistema ferroviario, EFE, 2009.
 - Memorias anuales elaboradas por EFE, FEPASA FERRONOR TRANSAP, 2008- 2009.

Revisión antecedentes estudios de modo de transporte marítimo

Diagnóstico del Sistema de Cabotaje de Carga Marítima, Sectra, 2010

- 2.85 El objetivo de este estudio fue desarrollar un diagnóstico técnico y económico del sistema de transporte de cabotaje de carga marítima en Chile. En este contexto, el estudio se orientó a identificar los principales actores y componentes del sistema, examinar sus interrelaciones técnicas y económicas y analizar las potencialidades y limitaciones para el desarrollo del cabotaje de carga.
- 2.86 Los objetivos específicos del estudio fueron los siguientes:
- Caracterización de la demanda de cabotaje de carga.
 - Caracterización de la oferta del transporte de cabotaje.
 - Caracterización del mercado del transporte de cabotaje.
 - Estimación de la demanda potencial del cabotaje.
 - Determinación de un conjunto de medidas que permitan mejorar el mercado del cabotaje en Chile.
- 2.87 Respecto a la estructura de costos del cabotaje señalada en este estudio, ésta fue considerada a nivel de tarifas pagadas por el usuario de los servicios de transporte de cabotaje marítimo, dentro del cual se encuentran los fletes terrestres, el flete marítimo y los costos de transferencia de la carga asociados a la complementariedad de los modos, tal como se muestra en la figura siguiente:

FIGURA 2.1 ESTRUCTURA DE COSTOS CABOTAJE MARÍTIMO



Fuente: Diagnóstico del Sistema de Cabotaje de Carga Marítima, SECTRA, 2010

- 2.88 Dentro de la información disponible en el estudio se encuentran tarifas de flete marítimo por tipo de producto (carga general, graneles sólidos y líquidos) y tarifas de transferencia de carga entre modos (carretero-nave, ferroviario-nave).
- 2.89 La tarifa integral de cabotaje se considera determinada por los siguientes factores:

- Tipo de producto a transportar y sus características
 - Volumen de las cargas
 - Capacidad de almacenamiento en los puertos de origen y destino
 - Tamaño promedio de las naves de cabotaje
 - Velocidad de transferencia o rendimiento de embarque/desembarque
 - Frecuencia de recalada de naves
 - Especialización de los puertos de origen y destino
- 2.90 Adicionalmente, como parte del estudio, se realiza un catastro de complementariedad del cabotaje con otros modos de transporte, como camión, ferrocarril y ducto. Se presenta información por: producto, tipo de producto, puerto origen, puerto destino, toneladas totales transferidas por tipo de producto, modo de embarque a puerto y modo de despacho desde el puerto.
- 2.91 Se realiza también una caracterización de la oferta tanto del modo de transporte carretero, como del ferrocarril. La información presentada respecto al transporte de carga carretero corresponde a la cantidad de vehículos de carga por categoría (camión simple, tractocamión, tractor agrícola, otros con motor, remolque y semi remolque) y por región. Además se entrega el total de carga útil (ton) por tipo de vehículo.
- 2.92 En el caso del modo ferroviario se describen los ferrocarriles, líneas y operadores ferroviarios que operan actualmente, así como las toneladas transportadas por cada uno de ellos.
- 2.93 Finalmente, se realiza en el estudio una comparación cuantitativa ente el transporte carretero y el cabotaje, para lo cual se construyó un índice denominado *distancia de equivalencia de tarifas*, el cual representa la distancia desde la cual el cabotaje puede competir en términos de costos con el modo caminero.
- 2.94 Este indicador resulta de la sumatoria de las tarifas de transporte y manipulación de la carga en la cadena logística desde el origen al destino, donde se considera la siguiente secuencia de la carga: Origen - Transporte terrestre - Puerto - Cabotaje (Flete marítimo) - Puerto - Transporte terrestre - Destino. Para llevar a cabo el cálculo se consideraron las tarifas promedios existentes en el mercado carretero y las tarifas portuarias para transferencia de carga. Dado que el flete marítimo es una de las variables críticas en la elección del modo, se utilizó ésta para representar la mitigación de las distorsiones del mercado, por medio de un análisis de sensibilidad (tarifa actual es 100%, sin tarifa es 0%).
- 2.95 El cociente entre el costo total de la cadena señalada y la tarifa unitaria del modo camionero (\$/km), representa la distancia que el camión está dispuesto a recorrer a cambio del monto indicado en el numerador de la división. Así, sólo para distancias mayores, el cabotaje puede competir en términos de costos con el modo caminero.
- 2.96 La metodología utilizada consideró las tarifas promedios existentes en el mercado carretero y las tarifas portuarias para transferencia de carga.

Comentarios

- 2.97 Este estudio presenta un análisis interesante a nivel de tarifas para comparar los modos camión y marítimo. Se entrega un indicador sobre los límites en que comienza a ser competitivo un modo sobre otro, lo cual puede ser de utilidad para validar los resultados del modelo de costos del presente estudio.

Diagnóstico del Modo de Transporte Marítimo, Subtrans, 2008

- 2.98 El objetivo de este estudio fue emitir un diagnóstico que indique la situación actual del modo de transporte marítimo y de los puertos en el país, proyectando estos resultados en el mediano plazo.
- 2.99 El estudio profundiza en la descripción del sector, incluyendo empresas portuarias, navieras, usuarias de transporte marítimo, tanto privadas como estatales y las relaciones existentes entre ellas.
- 2.100 Para el análisis realizado el mercado nacional es dividido en Zona Norte, Zona Centro-Sur y Zona Sur.
- 2.101 Respecto a costos de transporte, el estudio sólo considera información a nivel de tarifas que rigen en el tráfico de cabotaje. Constata que las tarifas por concepto de transporte, es decir aquellas que se expresan en los fletes cobrados, son normalmente determinadas de acuerdo a los contratos pactados.

Comentarios

- 2.102 Tal como se señaló en la descripción del estudio, no existe información a nivel de costos, sino que sólo a nivel de tarifas, las cuales podrían ser utilizadas como validación para los resultados que se obtengan del modelo de costos de operación.

Infraestructura Portuaria y Costera Chile 2020, DOP, 2009

- 2.103 Este estudio muestra una visión de la política propuesta por la Dirección de Obras Públicas para el mediano plazo (2010-2020).
- 2.104 Específicamente respecto del cabotaje, se indica que éste representa aproximadamente el 25% de la carga que se transfiere en los puertos nacionales. Se señala además que el cabotaje presenta importantes tasas de crecimiento desde el año 2000, especialmente en los líquidos y carga general, proyectándose importantes aumentos de demanda para la infraestructura portuaria destinada a este tipo de carga.
- 2.105 Respecto a la distribución de carga en las zonas de estudio, se destaca que el 62% de la transferencia de carga general de cabotaje se realiza entre los puertos de Puerto Montt, Chacabuco y Duodécima Región. Esto se explica por el rol que cumple Puerto Montt como eje distribuidor hacia destinos ubicados en el sur del país y por la actividad que se genera al interior de la propia zona, donde la conectividad se realiza de manera importante por vía marítima.
- 2.106 El estudio concluye con proyecciones de demanda en que se estima que hacia el año 2020 la carga crecerá 2,4 veces, por lo que se hace necesario realizar inversiones en los puertos de la Red Portuaria Austral (Puerto Montt, Chacabuco y

Punta Arenas), que permitan responder adecuadamente a la demanda compartida de cabotaje y carga de comercio internacional.

Comentarios

- 2.107 Este estudio no presenta información de costos, sin embargo el análisis de crecimiento del sector naviero, así como los requerimientos futuros de infraestructura portuaria serán considerados en la definición de proyectos a evaluar en el presente estudio.

Revisión antecedentes estudios de modo de transporte carretero

Informe Anual Transporte por Carretera 2008, INE

- 2.108 Este informe se basa en la Encuesta Estructural del Transporte Carretero, del período contable 2008, correspondiente a una muestra de 397 empresas transportistas representativas del sector transporte de carga por carretera. Como parte del análisis económico-financiero se encuentra la rentabilidad y la inversión realizada por las empresas. En el caso del transporte de carga la rentabilidad alcanzó al 7,2%, mientras que la inversión respecto a las ventas el 8,9%.
- 2.109 Dentro de la información disponible en este informe se encuentra:
- Número de trabajadores por categoría (propietarios, conductores, personal administrativo, etc.)
 - Remuneraciones pagadas por categoría
 - Ingresos
 - Gastos y costos (combustibles y lubricantes, arriendo, gastos materiales administrativos)
 - Gastos y costos servicios
 - Depreciación
 - Valor bruto de la producción
- 2.110 Con el fin de complementar la información de la encuesta señalada se realizó una encuesta complementaria de transporte por carretera que permitió obtener información por tamaño de empresa como la siguiente:
- Número de vehículos por tipo (camiones, tracto camión, remolques, semirremolques, otros)
 - Número de vehículos por antigüedad
 - Carga útil por tipo de transporte
 - Toneladas transportadas
 - Kilómetros recorridos con y sin carga
 - Número de trabajadores
 - Ingresos por actividad económica de clientes
- 2.111 Respecto a los resultados económicos se obtuvo información detallada de consumos y gastos como combustibles, lubricantes, mantención de vehículos, neumáticos, baterías, peajes, carga, descarga y gastos en terminal, fletes, otros costos. También se entregan los gastos en personal, servicios exteriores y depreciaciones.

Comentarios

La información recogida en este informe permite obtener indicadores de costos que pueden ser utilizados como herramienta de validación de las componentes de costo que se estimen en el presente estudio. Sin embargo es importante destacar que la información contenida en este estudio ya ha sido incorporada en otros estudios de base que serán utilizados como referencia para la estimación de las componentes de costo.

Índice de Costos del Transporte, publicación mensual INE

- 2.112 El Índice de Costos del Transporte (ICT) base 2009 = 100, mide la variación de los precios de una canasta de bienes y servicios fija, consumida por una empresa del sector de transporte de carga por carretera dentro de las fronteras del país.
- Uno de los usos de este índice es su utilización como insumo base para la evolución de precios del sector de transporte de carga por carretera, que a su vez puede ser usado en el análisis de la evolución y su comportamiento (estadístico, matemático y económico) así como deflactor de los distintos insumos utilizados en el sector.
- 2.113 El ICT se calcula y publica mensualmente dentro de los primeros ocho días de cada mes.
- 2.114 La estructura de ponderaciones del gasto en el ICT base 2009 = 100 proviene de la Encuesta Estructural del Transporte realizada por el INE para su edición 2008.

Comentarios

- 2.115 Esta publicación mensual, se basa en la estructura de costos definida a partir del Informe Anual del Transporte por Carretera recién presentado. Así se define un valor base para las componentes del costo de operación y luego, mensualmente, se actualiza en relación a la variación que sufra cada componente. Las ponderaciones de cada componente son una herramienta útil como validación o fuente de información para la estimación de costos del presente estudio.

Actualización de la Metodología para la Estimación de los Costos de Operación Vehicular, Vialidad, 2006

- 2.116 Este estudio tenía por objetivo actualizar y calibrar el modelo HDM-4, desarrollado por el Banco Mundial y la Asociación Mundial de Carreteras, para la evaluación de inversiones viales. Este modelo permite determinar los costos de operación asociados al consumo de recursos de los vehículos y el tiempo de viaje de los usuarios, esto para una condición físico-geométrica del camino (tramo de vía) y una flota vehicular representativa del parque vehicular local.
- 2.117 Dentro de las componentes de los costos de operación vehicular se considera: combustible, lubricantes, repuestos y mano de obra en mantención.
- 2.118 Dado que este modelo fue desarrollado y calibrado en países con características distintas a la realidad chilena, fue necesario adaptarlo para su uso en Chile.
- 2.119 Dentro de los objetivos específicos de este estudio se encuentran los siguientes:
- Recopilación de antecedentes sobre los principales modelos de costos de operación vehicular actualmente utilizados a nivel nacional e internacional.
 - Realizar un análisis comparativo entre los modelos COPER y VOC-HDM-4.
 - Validar y determinar el alcance de las expresiones incluidas en el VOC-HDM-4.
 - Realizar un análisis de sensibilidad a los parámetros del modelo del VOCHDM-4.
 - Seleccionar y caracterizar los vehículos del modelo HDM-4 que más se adaptan a la flota del modelo COPER utilizada en las actuales evaluaciones sociales.
 - Proponer una nueva flota vehicular representativa del parque automotriz nacional actual y los vehículos del modelo HDM-4 que mejor se adapten a ella.

- Calibrar el modelo VOC-HDM-4, en condiciones de flujo libre, para la flota vehicular definida en este estudio.
 - Analizar la factibilidad de considerar costos de operación en condiciones de congestión.
- 2.120 Como parte del estudio se analizan las funciones para la estimación de consumo de combustible, neumáticos, repuestos y lubricantes, las cuales dependen de las características geométricas de la ruta en particular.
- 2.121 Para la calibración al caso chileno de las funciones de cada una de las componentes señaladas, se realizaron mediciones y encuestas en las que se obtuvo rendimientos promedio por tipo de vehículo.

Comentarios

En este estudio es importante destacar que las funciones calibradas en cada una de las componentes de costo se basan en datos de operación vehicular recogidos principalmente en la zona central de Chile, por lo que no necesariamente reflejarán de manera directa los costos de otras zonas del país.

Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana, Sectra, 2010

- 2.122 El objetivo principal de este estudio fue la estimación de la demanda actual por transporte de carga, como también la actualización y estimación de los modelos de demanda por transporte de carga que permiten proyectar estos flujos en el mediano y largo plazo.
- 2.123 Los objetivos específicos, en tanto, fueron los siguientes:
- Estimación de vectores de generación y atracción de carga (actual y futura) a nivel comunal para aquellas cargas de mayor importancia en los flujos de transporte.
 - Estimación de matrices de transporte de carga (actual y futura) a nivel comunal para un conjunto de productos que permiten explicar los flujos de transporte que se desarrollan en el territorio bajo análisis (I a X región).
 - Caracterización de la oferta de transporte, realizando un catastro físico y operacional de la red relevante de transporte de carga productiva.
 - Diagnóstico del sistema de transporte de carga.
- 2.124 Como parte del estudio se analizan las funciones de tarifas de transporte carretero y los costos de operación por tipo de vehículo, estimados en estudios previos.
- 2.125 A partir de este análisis se propone mantener el enfoque de modelación de EstraSur, estimando modelos no lineales para las tarifas. Para actualizar estos modelos se realizó un levantamiento de tarifas para distintos pares OD para movilizar cargas peligrosas, abarrotes y transporte internacional.

Comentarios

- 2.126 Este estudio no entrega información adicional a los estudios ya señalados en cuanto a costos de operación. Sin embargo, la información de demanda de carga y sus proyecciones serán considerados como base para el análisis crítico que se haga respecto a ella y que permita apoyar la definición de proyectos a evaluar en

etapas posteriores. El nivel de desagregación en cuanto a zonas y productos es adecuado para realizar análisis regionales y por par origen destino.

Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera, Ministerio de Fomento, España, 2010

- 2.127 Este observatorio tiene como objetivo servir de orientación a los distintos agentes que intervienen en la contratación de los servicios de transporte de mercancías por carretera (transportistas, cargadores y operadores de transporte), en la determinación de las condiciones económicas de los contratos y convenios que suscriban dentro del normal desarrollo de sus respectivas actividades.
- 2.128 Los ítems que considera en la estimación de los costos directos anuales del transporte de mercancías por carretera son los siguientes:
- Amortización
 - Financiación
 - Personal de conducción
 - Seguros del vehículo
 - Costos Fiscales
 - Dietas del conductor
 - Combustible
 - Neumáticos
 - Mantenimiento
 - Reparaciones

Comentarios

- 2.129 Tal como ya se había mencionado en un estudio anterior, este observatorio de costos es un referente mundial en cuanto a seguimiento de costos de transporte. La estructura de costo definida se estima para los camiones utilizados en el transporte de las cargas más representativas y por lo tanto sus resultados pueden ser utilizados como herramienta de validación.
- 2.130 Además se presentan las metodologías utilizadas en la estimación de cada componente, las cuales serán contrastadas con las utilizadas en estudios desarrollados en el país.

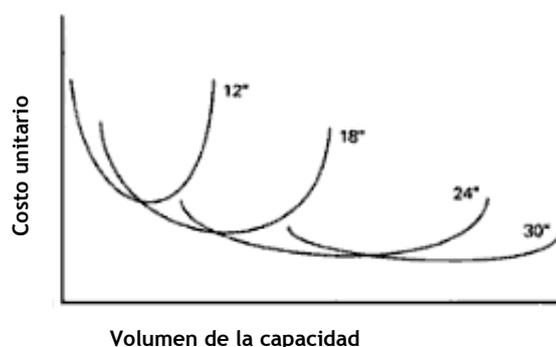
Revisión antecedentes estudios de modo de transporte por ducto

- 2.131 Para este modo no se han realizado estudios en el sector público que caractericen la oferta y su operación a nivel nacional. Por este motivo, el consultor recurrió a información de operadores privados o estudios internacionales que permitieron realizar una aproximación a los costos de este modo. A continuación se presenta parte de la información obtenida.

Logística: Administración de la Cadena de Suministro, Ronald H. Ballou

- 2.132 Las compañías de transporte por ducto, o las compañías dueñas de los ductos, poseen tanto los ductos, como los terminales y los equipos de bombeo. Esto produce que los costos fijos sean una gran proporción de los costos totales, por lo tanto, para que los ductos sean competitivos deben funcionar con altos volúmenes de carga.
- 2.133 Los costos variables incluyen principalmente la energía para mover el producto y los costos relacionados con la operación de las estaciones de bombeo. Los requerimientos de energía varían de manera considerable dependiendo de la capacidad de la línea y del diámetro del ducto. Las pérdidas por fricción y por tanto la potencia de bombeo se incrementa con la circunferencia de los ductos, y el volumen aumenta en el área transversal. Como resultado, los costos por ton-km disminuyen sustancialmente con mayores ductos si existe la suficiente capacidad para su uso. Las características generales de estos costos se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 2.2 COSTOS DE TRANSPORTE POR DUCTO SEGÚN DIÁMETRO Y VOLUMEN



Fuente: Logística: administración de la cadena de suministro Escrito por Ronald H. Ballou

Comentarios

- 2.134 Este estudio no entrega información específica de costos, sin embargo es un buen referente para conocer los factores que afectan los costos de operación de este modo.

Mejores Prácticas de Transporte Intermodal en las Américas: Estudio de Casos de Exportaciones del Mercosur al NAFTA, CEPAL, 2001

- 2.135 En este estudio se realiza una comparación entre ducto y modo carretero para el caso de Minera Escondida.

- 2.136 Esta minera construyó una carretera con acceso directo a Puerto Coloso con un trazado paralelo al mineroducto, lo cual permitió realizar una comparación de requerimientos, en materia de equipos y de costos de transporte, entre la operación carretera y la puesta en práctica del ducto.
- 2.137 Como resultado del estudio, se obtuvo que para transportar 7.092 ton de concentrado de mineral, la inversión estimada en equipo de transporte carretero sería de unos US\$14.160.000, con una vida útil de unos 15 años, versus US\$17.000.000 estimados para el costo de construcción de un ducto con una vida útil de 12 años.
- 2.138 En términos de costos operacionales, el costo por tonelada transportada en camión se estimó en US\$ 3,06, el cual sería más de 50 veces superior al costo de transporte por ducto declarado por Escondida de US\$ 0,06 por 170 km.
- 2.139 Por la capacidad de volumen transportado, por la continuidad de operación que permite un funcionamiento las 24 horas del día y por la confiabilidad del sistema, estimada en un 99%, el estudio concluyó que el transporte de pulpa de mineral por ducto es claramente superior a cualquier otro modo de transporte. Señalando además que es una modalidad de bajo costo de construcción e instalación, ya que la inversión está estimada en unos US\$100.000 por kilómetro incluidas las estaciones de válvulas y bombeos, y una vida útil de unos 10 a 12 años.

Comentarios

- 2.140 Este estudio es el único que se obtuvo respecto a valores de costos de operación de ductos, por lo que a pesar de no contar con los valores desagregados por componentes, posee un valor referencial del costo total que será utilizado como base y sobre el cual se aplicarán las proporciones de las componentes de costos que se encuentren en referencias internacionales.

Conclusión revisión antecedentes

- 2.141 Como primera conclusión de la revisión de antecedentes se puede señalar la existencia de un claro desbalance en cuanto a la información de costos por modo. Sólo en el caso del modo camión, se cuenta con información detallada respecto a los valores de las componentes de costo de operación. Para el modo ferroviario en tanto, existen un par de estudios en que se han realizado estimaciones de componentes de costos de acuerdo al nivel de desagregación que se espera en este estudio. Sin embargo para el modo marítimo y ducto no existe información respecto a las componentes de la estructura de costo.
- 2.142 Las comparaciones realizadas entre modos que se han desarrollado en estudios anteriores, han sido a nivel de tarifas, entre los modos marítimo y carretero, y a nivel de costos de operación del operador de transporte, entre el modo carretero y ferroviario. El resto de los análisis de comparación han sido realizados sólo a nivel cualitativo.
- 2.143 Dentro de los valores que se destacan y que pueden ser utilizados como referencia para validar los datos obtenidos para los modos ferroviario y camión se encuentran los siguientes:

TABLA 2.3 RANGO COSTOS OPERACIÓN CAMIÓN POR COMPONENTE

Componente	Valor min (\$/ton-km)	Valor max (\$/ton-km)	Diferencia %
Adquisición flota	4,0	5,7	43%
Combustible	10,8	14,6	35%
Neumáticos	1,1	1,5	36%
Mantenimiento	2,8	3,6	29%
Conductores	4,6	10,4	126%
Otros personal	0,7	1,6	129%
Peajes	0,0	4,3	-
Otros gastos	1,5	4,9	227%
Perm Circ, Rev.Tec. y Seg	1,5	3,4	127%
Gastos generales	0,4	1,0	150%
Total	28,2	48,9	73%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados estudio Análisis de la Competitividad entre el Transporte caminero y Ferroviario respecto al Acceso a Puertos, Subtrans, 2010.

TABLA 2.4 RANGO COSTOS OPERACIÓN FERROCARRIL POR COMPONENTE

Componente	Valor min (\$/ton-km)	Valor max (\$/ton-km)	Diferencia %
Combustibles	3,8	9,1	139%
Lubricantes	0,2	0,4	100%
Peaje variable	3,1	3,1	0%
Personal	1,1	3,8	245%
Mantenimiento de locomotoras y carros	2,7	4,2	56%
Depreciaciones	1,6	5,7	256%
Contingencias	0	2,2	
Otros costos fijos (PF + canon)	1	3,6	260%
Otros costos directos (GAV y G op)	1,2	4,4	267%
Total	14,8	33,9	129%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados estudio Análisis de la Competitividad entre el Transporte caminero y Ferroviario respecto al Acceso a Puertos, Subtrans, 2010.

- 2.144 Como se puede observar los rangos de costos son amplios, más aún en el caso ferroviario. Sin embargo, es la información más detallada con que se cuenta para el caso chileno.
- 2.145 Otro valor que podría servir de referencia es el estimado en el estudio “Consultoría para la elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clusters de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados”. En este estudio se realiza un análisis de competitividad entre los modos carretero y ferroviario acotado al costo total de transporte de un contenedor de 40 pies seco y refrigerado. Los valores presentados son los siguientes:

TABLA 2.5 COSTOS TOTALES PRIVADOS ENTRE CAMIÓN Y FERROCARRIL

Modo transporte	Costo privado seco	Costo privado refrigerado
Camión	1,26 (USD/km-C)	1,80 (USD/km-C)
Ferrocarril	0,44 (USD/km-C)	0,53 (USD/km-C)

Fuente: Elaboración propia en base a resultados estudio Consultoría para la elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clusters de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados, consejo de Innovación, 2010.

- 2.146 Respecto a los antecedentes internacionales en tanto, se encontraron estudios a nivel de tarifas y de costos de operación del operador de transporte (carretero y ferroviario). En este último caso se observó la dificultad de obtención de los

valores de los ítems de costos para modos distintos al carretero, ante lo cual se realizaron simplificaciones o estimaciones gruesas a partir de datos públicos.

- 2.147 Finalmente, en cuanto a información de demanda de carga y análisis de proyectos futuros, es posible encontrar variada información para todos los modos, a excepción del ducto. Los proyectos y sugerencias derivadas de los estudios base, serán analizadas y consideradas en la propuesta de proyectos del capítulo final de este estudio.

3 Estructura de costo propuesta

- 3.1 Para definir la metodología a utilizar para la comparación de costos entre los distintos modos, fue necesario tener en consideración que ésta dependerá de quien realiza la comparación. Así, si es el usuario quien compara los modos, serán las tarifas, mientras que si es el operador, serán los costos de operación asociados al transporte.
- 3.2 Considerando los objetivos del estudio, la estimación a nivel de costos de operación pareció ser la más adecuada, ya que deja fuera las imperfecciones de mercado que pudiesen estar contenidas en las tarifas. Sin embargo, de acuerdo a los estudios analizados, no existe información de costos para todos los modos con el nivel de desagregación (infraestructura, operación, mantención) deseado.
- 3.3 A pesar de los problemas de falta de información detectados, el consultor propuso para el desarrollo de este estudio, una estructura de costos de acuerdo a los costos de operación del operador de transporte, la cual permite realizar una comparación objetiva de los modos, dejando fuera las distorsiones que pudiesen existir en el pago por uso de infraestructura. Esta componente, así como los costos de mantención de infraestructura son incorporados en la sección correspondiente a la evaluación de proyectos.
- 3.4 Para poder definir la estructura propuesta, fue necesario analizar cada ítem y componente del costo de operación de cada modo y determinar las posibles homologaciones que permitieran con posterioridad realizar la comparación entre ellos. Adicionalmente, se tuvo en consideración la disponibilidad de información, ya sea de los estudios de base o de otras fuentes que pudo obtener el consultor.
- 3.5 Dado que existen características particulares de operación de cada modo, se procuró incorporar sólo aquellas componentes de costo en que existiese claridad respecto a su contenido, dejando un ítem de *otros costos de operación*, para incluir todos aquellos gastos que no hubiesen sido considerados en los ítems anteriores.
- 3.6 Finalmente existe una componente asociada a los gastos de manipulación de la carga, que también fue dejada fuera de los costos de operación, debido a que este valor es pagado generalmente por el dueño de la carga y no por el operador de transporte.
- 3.7 Dentro de los modos analizados, se destaca que en el caso del ducto, no existe información de base que permita realizar una propuesta explícita respecto a su estructura de costo. Sin embargo, el consultor procuró recoger información de fuentes privadas o de estudios internacionales, que permitiesen la estimación de los ítems de costos propuestos para los otros modos.
- 3.8 A continuación se presenta en desglose de cada componente de costo sugerida, así como su descripción y fuente de obtención para cada modo.

TABLA 3.1 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURA DE COSTO

Ítem	Componente	Modo							
		Camión		Ferroviario		Cabotaje		Ducto	
		Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente
Combustible		Se calcula en función del rendimiento promedio de los vehículos y precio del combustible	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Se calcula en función del rendimiento promedio de los vehículos y precio del combustible	Estudio Operatren Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos, Subtrans, 2010 Fuentes directas.	Fuel Oil y IFO por día por tipo de nave.	Su consumo es parte de la descripción del buque.	Consumo de agua y energía para las bombas.	No existe información en estudios de base. Fuentes directas
Costos circulación	Seguros del vehículo	Seguro obligatorio y adicionales	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Seguro sobre el valor del equipo	Memoria FEPASA Análisis y desarrollo Metodología de Evaluación Ferroviaria	Seguro sobre el valor del equipo (casco y máquinas)	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a información de armadores.		No existe información en estudios de base. Fuentes directas
	Derechos de circulación	Permiso de circulación, revisión técnica.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Información de plantas de revisiones técnicas	Canon (costo acceso vías)	Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga, Región de Valparaíso (EFE). Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga, Región del Biobío (EFE).	Faros y balizas, depende del tonelaje de registro de la nave.	Directemar		No existe información en estudios de base. Según operadores mineros el valor del seguro corresponde al 5% del costo directo en construcción.
Mantenimiento vehículo	Neumáticos	Su consumo depende de su vida útil, precio unitario y kilómetros recorridos.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	No aplica		No aplica			No aplica

Ítem	Componente	Modo							
		Camión		Ferroviario		Cabotaje		Ducto	
		Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente
	Lubricantes	Su consumo depende de las características del vehículo y de los km recorridos	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Consumo de lubricantes, grasas y aceites en Locomotoras y carros.	Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Gasto por día de funcionamiento dependiente del tipo de nave.	Su consumo es parte de la descripción del buque.		La infraestructura no necesita lubricantes.
	Servicios de mantenimiento y otros materiales	Varía entre las prácticas y políticas de mantenimiento de cada empresa, siendo en promedio un 8,25% de los costos y gastos realizados por las empresas de transporte carretero.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	En general depende de algunas características del equipo y sus servicios.	Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos, Subtrans, 2010. Manual de Recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario. Operatren	Costo principal: Carena, correspondiente a la mantención en dique. Depende del tipo de buque y su tráfico.	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a experiencia del consultor y consultas con armadores locales.		Según operadores mineros la mantención corresponde al 1% del costo directo de construcción
Personal	Conductores/ tripulación	Las estructuras de remuneración presentan alta variabilidad, por lo que se utiliza un monto representativo del costo mensual que los conductores representaban para las empresas de transporte.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	Corresponde al gasto en maquinista y ayudantes	Memorias Anuales de los Ferrocarriles Públicos y Privados Información directa de las empresas Análisis y desarrollo Metodología de Evaluación Ferroviaria	Corresponde al gasto en oficiales y tripulantes.	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a experiencia del consultor y consultas con armadores locales.		No existe información en estudios de base.
	Personal de operación	Dentro de esta categoría se encuentran los despachadores de	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional. Análisis de la Competitividad	Corresponde al personal de operación de	Memorias Anuales de los Ferrocarriles Públicos y Privados	Corresponde a los ítems de pilotaje y	Se obtendrá de tarifas de operadores		Corresponde al personal de operación del

Ítem	Componente	Modo							
		Camión		Ferroviario		Cabotaje		Ducto	
		Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente	Descripción	Fuente
		patios e inspectores de terreno.	entre el Transporte Caminero y Ferroviario respecto del Acceso a Puertos.	patio ferroviario	Información directa de las empresas Operatren.	practicaje	portuarios		ducto distribuido en turnos para vigilar la carga de manera continua (en base a consulta a operadores)
Depreciación de flota		Se utiliza información del valor de vehículos, vida útil, valor residual y kilometraje recorrido anual.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Depreciación lineal de acuerdo a tipo de equipo.	Memorias Anuales de los Ferrocarriles Públicos y Privados. Información directa de las empresas.	Depreciación lineal de acuerdo a tipo de nave. Valor residual corresponde a chatarra.	Directemar Publicaciones especializadas		Información directa a empresas, Estudios ambientales, EIA y DIA.
Costos de gestión y administración		Este ítem considera el personal de gestión y administración, arriendo oficinas. Hardware y software de sistemas informáticos, sistemas satelitales de seguimiento vehicular, insumos de oficina, contadores, abogados, etc.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Este ítem considera el personal de gestión y administración, así como otros gastos.	Manual de Recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario, propone un rango que fue actualizado con información directa del consultor. Memorias de empresas operadoras	Este ítem considera el personal de gestión y administración, arriendo de oficinas, así como otros gastos.	No existe información, pero se estimó en base a información de operadores.		Información directa de los operadores.
Otros gastos de operación		Escolta, pesajes, gastos en ruta, otros costos operacionales no incluidos en los ítems anteriores.	Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional.	Supervisión, gasto en ruta, otros costos operacionales no incluidos en los ítems anteriores.	No existe información, pero se estimó como un porcentaje del gasto total de operación. Análisis y desarrollo Metodología de Evaluación Ferroviaria.	Gastos en ruta, comunicaciones, otros costos operacionales no incluidos en los ítems anteriores.	No existe información en los estudios de base, se estimó en base a experiencia del consultor.		No existe información en estudios de base.

4 Definición de tipologías y ámbitos para el análisis de costos

- 4.1 Son múltiples los factores que pueden tener influencia en las componentes del costo operacional definido en la sección anterior, más aún si se consideran las características particulares de cada modo. Sin embargo, más allá de las particularidades, interesa definir elementos comunes que delimiten la operación de cada uno de ellos y que permitan definir un nivel de agregación adecuado para la comparación.
- 4.2 Por otra parte, a mayor nivel de desagregación, mayor requerimiento de información, lo cual implica altos costos de levantamiento de información, dificultad en su actualización y pérdida de confiabilidad por la mayor probabilidad de error en la toma de datos. Todo lo anterior sin considerar la disposición de las empresas a entregar información, la cual en general es baja dada las implicancias económicas que creen puede tener entregar los datos solicitados.
- 4.3 Así, para la definición de la tipología de costos del presente estudio, se consideró un nivel de agregación que permitiese captar de manera representativa los principales movimientos de carga en Chile, teniendo en cuenta la información disponible y su facilidad de actualización.
- 4.4 Un primer nivel de agregación tiene que ver con las cargas a transportar. Para esto se consideraron las siguientes tipologías:
- Carga general seca
 - Carga general refrigerada
 - Granel líquido
 - Granel sólido
- 4.5 Con esta agregación, los principales productos transportados en Chile pueden ser asociados a alguna de estas categorías, facilitando así la comparación entre modos.
- 4.6 Por otra parte, fue necesario definir una zonificación que permitiera representar las principales características de los costos de operación asociado al movimiento de carga en el país. De acuerdo a la información analizada, el consultor estimó que la zonificación utilizada en el estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”, poseía un nivel de agregación suficiente para los objetivos del presente estudio, definiéndose las zonas de la siguiente manera:

- █ Norte: En y entre las regiones XV y I a IV. Movimiento longitudinal y transversal.
- █ Centro: En y entre las regiones RM, V y VI. Movimiento longitudinal y transversal.
- █ Sur: En y entre las regiones VII a X y XIV. Movimiento longitudinal y transversal.
- █ Norte-Centro
- █ Sur-Centro
- █ Norte-Sur
- █ Austral: En y entre las regiones XI y XII

4.7 De acuerdo a esta zonificación, los modos sobre los cuales se realizará la comparación es la siguiente:

Zona	Modo			
	Camión	Ferrocarril	Nave	Ducto
Norte	✓	✓	X	✓
Centro	✓	✓	X	✓
Sur	✓	✓	X	✓
Norte-Centro	✓	✓	✓	✓
Centro-Sur	✓	✓	✓	✓
Norte-Sur	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

- 4.8 En la tabla anterior se puede notar que el modo naviero se considerará sólo en los viajes de larga distancia, debido a la poca representatividad de los viajes de corta y media distancia. De igual forma la zona austral se ha dejado fuera de este análisis debido a la falta de modos competitivos.
- 4.9 Una vez definidas las categorías de productos y las zonas de análisis, se procedió a determinar un vehículo modelo por modo, que cumpliera con las condiciones necesarias para el transporte de estas cargas y las restricciones de cada zona.
- 4.10 A continuación se presenta el análisis realizado para la definición del vehículo tipo por modo de transporte.

Vehículos modelo modo ferroviario

- 4.11 Para definir un “tren modelo”, es decir un tren que representara adecuadamente a los ferrocarriles que operan hoy en Chile, se analizaron las características de los ferrocarriles de las distintas zonas del país, observándose diferencias importantes entre los equipos de la zona norte y zona centro-sur.
- 4.12 En el caso de la zona norte las locomotoras que operan son las siguientes:

TABLA 4.1 PARQUE LOCOMOTORAS DIESEL ZONA NORTE

Ferrocarril	Cantidad	Potencia
Arica La Paz	6	1350 HP
Tocopilla al Toco (SQM)	3	1200 HP
FCAB	50	1400 HP
Ferronor	27	1400 HP

Fuente: Elaboración propia en base a estudio Diagnóstico del Modo de Transporte Ferroviario, Subtrans 2007

- 4.13 De acuerdo a la información de la tabla anterior, la moda de las locomotoras actuales de la zona norte, corresponde a una locomotora diesel de 1400 HP.
- 4.14 En la zona centro-sur, en tanto, y a partir de la información del estudio “Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga Región de Valparaíso”, EFE 2008, se obtienen las siguientes características para el parque de locomotoras diesel que opera en esta zona.

TABLA 4.2 PARQUE LOCOMOTORAS DIESEL ZONA CENTRO SUR

Ferrocarril	Cantidad	Potencia
FEPASA	23	2300 HP
	14	1800 HP
	5	1600 HP
	1	1300 HP
	2	1190 HP
TRANSAP	4	2300 HP
	2	2800 HP
	4	3000 HP

Fuente: Elaboración propia en base a estudio Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga Región de Valparaíso, EFE 2008

- 4.15 En este caso, la locomotora tipo corresponde a una locomotora diesel con una potencia de 2300 HP.

4.16 Para definir el tren tipo es necesario asociar una capacidad de arrastre a las locomotoras anteriores, así como el tipo de carros a arrastrar. Las capacidades de arrastre son definidas por gradiente (pendiente del terreno), curvatura y peso de la carga, por lo que varían de acuerdo a la zona en que circula el ferrocarril. De acuerdo a las pautas de arrastre⁷ de FCAB y FEPASA, es posible asociar una capacidad de arrastre promedio a las locomotoras tipo de la zona norte y zona centro-sur, tal como se señala a continuación:

- Zona Norte. Locomotora diesel de 1400 HP con capacidad de arrastre medio de 600 ton (carga+tara), considerando subida y bajada.
- Zona Centro Sur. Locomotora diesel de 2300 HP con capacidad de arrastre medio de 1200 ton (carga+tara)

4.17 En cuanto al tipo de carro a considerar, se han definido los siguientes carros modelos en base al tipo de carga a transportar. Se destaca que en el caso de graneles, fue necesario distinguir carros por zona, dado que existen estanques de distinta capacidad y por lo tanto de distinto peso. La tara y capacidad de carga del carro determinará el peso por eje y por lo tanto el tipo de vía por la cual puede circular.

TABLA 4.3 TIPOS DE CARROS SEGÚN CARGA A TRANSPORTAR

Tipo de carga	Tipo de carro	Tara	Capacidad (ton)
Carga general seca	Carro plano	12	30
Carga general refrigerada	Carro Plano con contenedor refrigerado	15	30
Granel sólido	Carro estanque granelero Sur	22	50
	Carro tolva granelero Norte	18	30
Granel líquido	Carro estanque Sur	28	70
Granel líquido	Carro estanque Norte	20	40

Fuente. Elaboración propia en base a consultas a operadores

4.18 Finalmente, considerando tipo de locomotora, capacidad de arrastre y tipo de carro, se determinó la capacidad de carga para cada uno de los trenes modelos definidos.

⁷ Estas pautas definen la capacidad máxima de carga bruta que puede remolcar una locomotora en un sector determinado.

TABLA 4.4 CAPACIDAD DE CARGA A TRANSPORTAR POR TREN TIPO

Tren tipo	Capacidad de arrastre (ton)	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)
Locomotora 1400 HP	600	Carro plano	420
		Carro tolva granelero Norte	360
		Carro estanque Norte	400
Locomotora 2300 HP	1.200	Carro plano	840
		Carro plano con contenedor refrigerado	780
		Carro tolva granelero Sur	800
		Carro estanque Sur	840

Fuente: Elaboración propia

Vehículos modelo modo marítimo

- 4.19 La definición de naves modelo a utilizar por tipo de carga a transportar, se obtuvo en base a la revisión de la flota actual existente para el cabotaje nacional. En el Boletín Estadístico Marítimo 2010, desarrollado por Directemar, se encuentra el listado completo de las naves de los armadores nacionales y de bandera chilena al 31 de diciembre del 2009.
- 4.20 Dicho listado incluye información relevante como el año de construcción, las medidas principales (tonelaje dead weight (TDW), tonelaje de registro grueso (TRG), tonelaje de registro neto (TRN), eslora, manga y puntal), dotación, y el servicio al cual están asignadas.
- 4.21 De acuerdo a la legislación chilena, todas ellas pueden realizar cabotaje, sin embargo no todas trafican en nuestra costa nacional.
- 4.22 Para definir las naves modelo se seleccionaron naves especializadas en el transporte de cargas definidas en este estudio. Así para carga general se seleccionaron aquellas naves que permiten el transporte de contenedores. Para carga a granel, se seleccionaron naves para el transporte de sal y para cargas de granel líquido, naves que realizan transporte de ácido sulfúrico. Las naves que cumplían con estas especificaciones fueron las siguientes.

TABLA 4.5 NAVES DISPONIBLES POR TIPO DE CARGA

Tipo de carga	Nave	Año	Tamaño (TDW*)
Carga general en contenedores	CONDOR	1998	8.675
	CORCOVADO	1984	6.025
Carga granel (sal)	DON LEANDRO	1975	26.993
	DON RAUL	1984	37.724
	HUASCO	1977	16.658
	ALAMO	1981	25.438
	LAUREL	1985	26.528
	LINGUE	1989	26.973
	MAPOCHO	1999	21.184
Carga granel líquido (ácido sulfúrico)	ALPACA	2010	33.755
	VICUÑA	2008	22.062
	GUANACO	2003	21.081
	BOW PACIFICO	1982	18.657

Fuente: Elaboración propia en base a Boletín Estadístico Marítimo 2010, desarrollado por Directemar.
 *TDW: Ton de peso muerto. Es el peso de la carga más el combustible que lleva la embarcación cuando está completamente cargada.

4.23 De acuerdo a estos antecedentes, se ha decidido usar las siguientes naves tipo para la estimación de costos:

- Carga general: nave multipropósito (MPP), 8.000 DWT, año 2000
- Carga granel: nave granelera, 27.287 DWT, año 1998
- Carga granel líquido: nave tanque IMO 2-3, 25.148 DWT, año 2003

Vehículos modelo modo camión

- 4.24 En el caso del transporte carretero, se analizó la información de los estudios de base, en los que se definen distintas configuraciones de camiones. En el estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”, por ejemplo, se definieron los siguientes 12 tipos de vehículos.
- Camiones plataforma plana
 - Camiones carrocería furgón o cortinas
 - Camiones tolva
 - Camiones con carrocería especializada
 - Tractor semiremolque plano
 - Tractor semiremolque furgón o cortinas
 - Tractor semiremolque refrigerado
 - Tractor semiremolque estanque
 - Tractor semiremolque plataforma baja
 - Tractor semiremolque tolva
 - Tractor con transportador de automóviles
 - Tractor semiremolque especializado
- 4.25 Sin embargo, para los objetivos de este estudio, en que se desea comparar los distintos modos disponibles, se consideró sólo la utilización de los camiones de mayor tamaño y con mayor capacidad de carga, ya que la comparación entre naves, ferrocarriles, camiones y ductos sólo tiene sentido con volúmenes importantes de carga.
- 4.26 Así, los vehículos modelo escogidos por tipo de carga son los siguientes:

TABLA 4.6 TIPOS DE CARROS SEGÚN CARGA A TRANSPORTAR

Tipo de carga	Tipo de vehículo	Capacidad (ton)
Carga general seca	Tractor semiremolque plano	25
Carga general refrigerada	Tractor semiremolque refrigerado	25
Granel sólido	Tractor semiremolque tolva	25
Granel líquido	Tractor semiremolque estanque	25

Fuente. Elaboración propia en base a información obtenida del estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”.

- 4.27 Las capacidades señaladas en la tabla anterior corresponden a las estimadas para esos vehículos en el estudio señalado.

Vehículos modelo modo Ducto

- 4.28 En el caso del ducto, éste sólo puede ser considerado para las categorías de carga de graneles sólidos y líquidos. De acuerdo a la información recogida, los graneles sólidos son transportados por ducto principalmente para productos mineros como mineral, concentrado de cobre y de molibdeno. Para realizar el transporte, se realiza una mezcla con agua para formar una pulpa que en la mayoría de los casos se desliza por efecto de la fuerza gravitacional.
- 4.29 En la siguiente tabla se muestran las características de los principales mineroductos que operan en el país.

TABLA 4.7 CARACTERÍSTICAS MINERODUCTOS EN CHILE

Minera	Nivel (msnm)		Largo (Km)	Pendiente Promedio (%)	Diámetro tubería (pulg)	Caudal (m ³ /hr)	Material	Sólidos (%)
	Partida	Descarga						
Collahuasi	4400	0	200	2,2	7	111	concentrado	60
Escondida	3084	0	170	1,8	9	296	concentrado	65
Escondida	3159	0	179	1,8	6 y 7	125	concentrado	65
Esperanza	S/I*	S/I	120	S/I	190 mm	S/I	S/I	S/I
Pelambres	1600	0	120	1,3	7	141	concentrado	60
Andina	3000	1100	21,5	8,8	4 inicio 2,5	Max 27	concentrado	48
Andina	3000	1100	21,5	8,8	4 inicio 3	38,2	concentrado	48
Andina	3000	1100	21,5	8,8	6	124	concentrado	48
Disputada	3500	1000	56	4,5	20 y 24	2300	mineral	50 a 60

*S/I: Sin información

Fuente: <http://www.metalurgia.uda.cl/apuntes/ptapia/mecanica%20II/Transporte%20hidr%C3%A1ulico.pdf>

- 4.30 De acuerdo a lo anterior, se observa que:
- Existen pendientes necesarias en todos los ductos para movilizarse mayoritariamente por fuerza gravitacional. Las pendientes promedio en el centro son más altas que en el norte.
 - El diámetro de un concentrado o un mineroducto difiere entre sí por lo que sería efectivo tratarlos de forma distinta.
- 4.31 Así, un **concentrado de 6 a 9 pulgadas de diámetro** puede ser representativo para el transporte de concentrado en el norte.

- 4.32 En el caso de graneles líquidos, la mayor utilización en el caso chileno corresponde al transporte de combustibles, el cual es realizado principalmente por SONACOL⁸. La red de oleoductos de SONACOL cuenta con una extensión total de 465 km y se compone de siguiente manera:
- Quintero - Concón Línea 1 : 21,5 kilómetros
 - Quintero - Concón Línea 2 : 23 kilómetros
 - Concón - Maipú Línea 1 : 134 kilómetros
 - Concón - Maipú Línea 2 : 134 kilómetros
 - San Fernando - Maipú : 135 Kilómetros
 - Maipú - Aeropuerto : 17,5 Kilómetros
- 4.33 En la tabla de la siguiente página se presenta la estructura de propiedad de los oleoductos por tramo, el tipo de producto transportado y sus respectivas capacidades.
- 4.34 Como se puede observar gran parte de los oleoductos son propiedad de SONACOL, cuyos ductos se concentran en el centro del país. En este caso, es de especial importancia la propiedad y uso de los oleoductos, ya que la estructura propietaria de esta empresa está compuesta por las principales compañías distribuidoras de combustibles líquidos, junto a ENAP. Adicionalmente, la otra red de oleoductos, que conecta la refinería ex-Petrox con la planta de almacenamiento en San Fernando, es de propiedad de ENAP Refinerías S.A.
- 4.35 Considerando las características de los oleoductos señalados, así como la información que se logró recopilar, se definieron los siguientes ductos para la modelación de estimación de costos:
- Ducto de 10 pulgadas entre Ventanas y Santiago
 - Ducto de 8 pulgadas entre Molina y San Fernando

⁸ Sociedad Nacional de Oleoductos, Sonacol fue fundada por Copec, Enap y Esso Chile con el fin de desarrollar la red de transporte de combustibles que el país necesitaba.

TABLA 4.8 OLEODUCTOS: PROPIEDAD, PRODUCTO Y CAPACIDAD (AÑO 2004)

	Propietario	Origen	Destino	Diámetro	Capacidad de bombeo(m ³ /h)	Productos transportados
Sica-Sica	YPFB	Sica Sica (Bolivia)	Arica	12,7"	199	Petróleo crudo y Fuel oil
Salinas - Con Cón	SONACOL	Salinas	Con Cón.	8"	240	Combustibles líquidos
Con Cón - Salinas	SONACOL	Con Cón	Salinas	8"	120	Fuel oil
Con Cón - Maipú	SONACOL	Con Cón	Maipú	10"	437	LPG y combustibles líquidos
Maipú - Maipú	SONACOL	Emalco (Maipú)	Compañías (Maipú)	10", 8" y 6"	150	LPG y combustibles líquidos
Maipú - Aeropuerto AMB	SONACOL	Maipú	Aeropuerto AMB	6"	110	Kerosene de aviación
San Fernando - Maipú	SONACOL	San Fernando	Maipú	6"	71	Combustibles líquidos
San Fernando - San Fernando	ENAP	San Fernando (Emalco)	San Fernando (Cías.)	6"	130	Combustibles líquidos
San Vicente - San Vicente.	ENAP	San Vicente (Petrox)	San Vicente (Cías.)	16"	1.080	Combustibles líquidos
San Vicente. - San Vicente F.O.	ENAP	San Vicente (Petrox)	San Vicente (Cías)	20"	1.200	Fuel oil
San Vicente - Maipú	SONACOL / ENAP	San Vicente	Maipú	10", 8" y 6"	140	Combustibles líquidos
San Vicente - San Fernando	ENAP	San Vicente	San Fernando	10" y 8"	170	Combustibles líquidos y LPG
San Vicente - Linares	ENAP	San Vicente	Linares	10" y 8"	200	Combustibles líquidos y LPG
San Vicente - Chillán	ENAP	San Vicente	Chillán	10" y 8"	240	Combustibles líquidos
Estensoro - Pedrals	YPF	Neuquén (Argentina)	Talcahuano	16"	750	Petróleo crudo
Bandurria	ENAP Magallanes	Frontera chileno - argentina	Planta Cullen	4"	25	Combustible líquidos
Cullen - Percy	ENAP Magallanes	Planta Cullen	Terminal Percy	4"	32	Combustible líquidos
Percy - Cabo Negro	ENAP Magallanes	Terminal Percy	Cabo Negro	6"	32	Combustible líquidos
Posesión - Cabo Negro	ENAP Magallanes	Planta Posesión	Cabo Negro	8"	63	Combustible líquidos
Gasolinoducto	ENAP Magallanes	Cabo Negro	Gregorio	4"	30	Gasolina
Cullen- Clarenia	ENAP Magallanes	PlantaCullen	Terminal Clarenia	8"	79	Petróleo crudo
B.R.C. - Planta Cullen	ENAP Magallanes	Batería de Recepción	Planta Cullen	10 3/4" -8"	104	Petróleo crudo
Flamenco - Cullen	ENAP Magallanes	Flamenco	Planta Cullen	6"	33	Petróleo crudo
Victoria Sur - Estancia Nueva	ENAP Magallanes	Victoria Sur	Estancia Nueva	6"	33	Petróleo crudo
Daniel - Gregorio	ENAP Magallanes	Daniel	Terminal Gregorio	10 3/4"	146	Petróleo crudo
Dungeness - Daniel	ENAP Magallanes	Dungeness	Daniel	6" - 4 1/2"	50	Petróleo crudo

Fuente: <http://www.cne.cl/cnewww/opencms/hidrocarburos/gas/cuadro10.php>

5 Análisis y validación de costos

Estimación componentes de costos de operación ferrocarril

- 5.1 A continuación se presenta un análisis de los costos unitarios de operación del transporte ferroviario, indicándose la metodología de cálculo de cada componente, así como los resultados de aplicación del modelo. Respecto a este último punto, la falta de información y la reserva de los ferrocarriles comerciales referente a los gastos operacionales y de administración, implicó realizar simplificaciones que permitieran su evaluación.
- 5.2 El ámbito considerado en el estudio considera ferrocarriles comerciales y no comerciales⁹. Dentro de los primeros se encuentran FEPASA, TRANSAP, FCAB, FERRONOR, FCALP, este último sin operaciones comerciales en este momento, pero en proceso de rehabilitación, y dentro de los privados, ferrocarriles como los de CODELCO Teniente, Chuquicamata, Salvador, SQM, SOMICH, CMP, etc., los cuales son utilizados sólo para las operaciones de su empresa.

Combustible

- 5.3 El consumo de combustible de una locomotora depende entre otros factores de la potencia, velocidad, carga, pendientes, curvas, etc. Dada esta multiplicidad de variables, y considerando los alcances de este estudio, se debe fijar un número medio que refleje en términos generales un valor adecuado para las tipologías de costo definidas.
- 5.4 Como primera aproximación al consumo medio de una locomotora se encuentran las especificaciones técnicas, que en general cuentan con información como la siguiente:

■ Locomotora GM modelo 26T:

- Ancho de vía: 1.688 mm
- Disposición de ejes: CoCo
- Potencia nominal: 1.875 kw (2.547 CV)
- Peso en servicio: 120 ton
- Velocidad máxima: 146 km/h
- Esfuerzo tractor en el arranque: 31.800 kg
- Esfuerzo tractor continuo: 28.100 kg
- Radio mínimo de curva: 105 m
- Capacidad de combustible: 4.500 l
- Consumo medio: 4,43 l/km
- Autonomía: 950 km
- Combustible: gasóleo
- Longitud entre topes: 20.700 mm
- Distancia entre pivotes boogies: 12.400 mm
- Distancia entre boogies: 2.000 + 2.000 mm

⁹ Los ferrocarriles comerciales se refieren a aquellos que permiten el transporte de cargas de manera abierta, a diferencia de los no comerciales, quienes sólo transportan cargas de la empresa a la cual pertenecen.

- 5.5 Este tipo de información puede ser útil como validación de los datos obtenidos, ya que se debe considerar que las locomotoras chilenas son reacondicionadas y por lo tanto sus rendimientos pueden diferir de las características técnicas originales. Por otra parte, y también como herramienta de validación, se cuenta con la información recogida por el “Observatorio de Ferrocarril en España”, en donde se indica un consumo medio de 4,5 l/km, para una locomotora de 2.500 HP y un tren de 800 ton de carga.
- 5.6 En cuanto a los estudios chilenos se encuentran “OperaTren” y “Manual de recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario” desarrollados por SECTRA durante los años 2003 y 2010, respectivamente.
- 5.7 En esta materia OperaTren define una metodología de consumo basada en la resistencia vertical y horizontal al movimiento, para lo cual define 26 tipos de arcos, desde aquellos que potencian el movimiento como tramos descendentes, hasta aquellos que ofrecen la mayor resistencia como grandes pendientes de ascenso observadas en cerros. En dicho estudio se calibraron funciones de consumo por tipo de arco que dependen del tonelaje de carga, tara y velocidad, cuyos parámetros son expuestos en el Manual Ferroviario. Con esta información es posible definir un arco tipo y obtener el costo (\$/ton-km) del consumo promedio de la locomotora recomendada.
- 5.8 Finalmente se encuentra el estudio “Análisis de la competitividad entre el transporte caminero y ferroviario respecto al acceso a puertos”, Subtrans 2010, en el cual se considera un consumo promedio de 6,6 l/km para efectos de las evaluaciones que se realizan.
- 5.9 Sin embargo, a pesar de la información existente, el consultor recurrió a consultas con los operadores ferroviarios, con el fin de validar los datos anteriores y obtener un rendimiento diferenciado por tipo de tren definido. De estas consultas se obtuvo que las locomotoras tipo (1400 y 2300 HP) presentan consumos medios entre los 4 y 7 l/km en trenes cargados. Al diferenciar por zona, se estimó un consumo medio de 5 l/km para las locomotoras del norte (4 l/km bajada y 6 l/km subida), y de 7 l/km para las locomotoras de la zona centro sur.
- 5.10 Así, de acuerdo a los consumos recién señalados y a la capacidad de carga de los trenes modelos definidos, se obtuvieron los costos de consumo de combustible señalados en la siguiente tabla.

TABLA 5.1 COSTOS UNITARIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR TREN TIPO

Tren tipo	Capacidad de arrastre (ton)	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Rendimiento (l/km)	Costo km (\$/km)*	Costo ton-km (\$/ton-km)
Locomotora 1400 HP	600	Carro plano	420	5	2.500	6
		Carro tolva granelero Norte	360	5	2.500	6,9
		Carro estanque Norte	400	5	2.500	6,3
Locomotora 2300 HP	1.200	Carro plano	840	7	3.500	4,2
		Carro plano con contenedor refrigerado	780	7	3.500	4,5
		Carro tolva granelero Centro-Sur	800	7	3.500	4,4
		Carro estanque Centro-Sur	840	7	3.500	4,2

Fuente: Elaboración propia. * Para efectos de análisis preliminar se ha considerado el precio del diesel en 500\$/l.

- 5.11 Los valores anteriores fueron validados con la ejecución “OperaTren”, a partir de un arco tipo. Como resultado, se obtuvo un costo de consumo de 5,8\$/ton-km, valor que se encuentra dentro de los consumos unitarios estimados señalados en la tabla anterior.

Costos de circulación

Seguros

- 5.12 Para determinar los montos en seguros, se utilizó información de la Memoria Anual 2009 de FEPASA en donde se tienen los siguientes bienes asegurados:

- Póliza de incendio de locomotoras, choque, vuelco y descarrilamiento, perjuicios por paralización, daños por sismo, incluyendo daños por granizos y rayos, por un monto asegurado de MUS\$ 69.885.
- Póliza de incendio de inmuebles por UF 186.524.
- Póliza de responsabilidad civil de la empresa, por un monto de MUS\$ 10.000.
- Póliza de vehículos motorizados, por el valor comercial de éstos. Además este seguro incluye responsabilidad civil en exceso de UF 1.500 por vehículos livianos y UF 2.400 por vehículos pesados.
- Póliza de transporte terrestre de contenedores, por un monto máximo indemnizable de UF 48.000 en el agregado o por evento.
- Póliza de seguros de vida, incluyendo muerte por accidente, invalidez parcial y permanente, por UF 501.225.

- Póliza de transporte terrestre cabotaje de bobinas de acero, por un monto asegurado de UF 20.000 por tren.
 - Póliza de incendio (terrorismo nacional), por MUS\$ 1.500.
 - Póliza de equipos móviles, por UF 44.045.
- 5.13 El costo anual de estos seguros durante el año 2009 fue de \$30.554.000. Si consideramos los 1.328 millones de ton-km transportadas durante ese año por FEPASA, se obtiene un costo por ton-km de **0,023 \$/ton-km**.

Derechos de circulación

- 5.14 Otro costo asociado a la circulación, es el canon de acceso ferroviario que afecta a TRANSAP y FEPASA o a cualquier otro operador que quisiera circular por las vías férreas de EFE. Este canon corresponde al valor que paga cada porteador por tener un año de acceso a la red ferroviaria. La fórmula de cálculo, obtenida del informe “Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga Región de Valparaíso”, EFE 2008, es la siguiente:

$$\text{Canon} = (60000 + (N-1) \cdot 20000) / N \quad (\text{UF/año})$$

Donde N corresponde al número de porteadores que utilizan las vías de EFE, en este caso N=2 (TRANSAP y FEPASA).

- 5.15 Considerando las ton-km movilizadas en el año 2009 por TRANSAP y FEPASA (354 millones¹⁰ y 1.328 millones¹¹ ton-km respectivamente) y un valor de la UF de \$21.500, se obtiene un costo promedio de canon de acceso de **1,02 \$/ton-km**.
- 5.16 Los otros ferrocarriles comerciales como FERRONOR y FCAB no pagan este canon por ser dueños de la vía, por lo que este valor se considerará sólo en los ferrocarriles de la zona centro-sur.

Mantenimiento

Mantenimiento de locomotoras

- 5.17 Para obtener un costo aproximado que sirva como referencia y al no existir documentación de costos directos de mantención del equipo rodante, en algunos países y en Chile, se utiliza y acepta la relación que la práctica ha contrastado entre el valor de compra de las locomotoras y los costos de mantenimiento que anualmente requieren.
- 5.18 En menor medida, algunos ferrocarriles manejan valores de mantenimiento por km recorrido de cada locomotora, no obstante esta situación solo es efectiva si los recorridos son fijos o permanentes como el caso de TRANSAP con el transporte de ácido sulfúrico.
- 5.19 En Chile una práctica común de los ferrocarriles comerciales es realizar tres o cuatro tipos de mantenimiento programado, por ejemplo:

¹⁰ Estimación a partir de información de Memoria EFE 2009.

¹¹ Memoria FEPASA 2009.

- Mantenimiento de término de viaje
 - Mantenimiento cada 20.000 km
 - Mantenimiento cada 100.000 km
 - Overhaul (reparación y puesta a punto) cada 400.000 km
- 5.20 Sin embargo, la compra de locomotoras nuevas no es una práctica utilizada comúnmente en Chile. Es más habitual la compra de locomotoras reacondicionadas o las dadas de baja, que luego son reacondicionadas.
- 5.21 En relación a referencias de estudios chilenos sobre costos de mantenimiento, se rescatan los siguientes:
- “Manual de recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario” (Manual Ferroviario), SECTRA 2010.
 - OperaTren, SECTRA 2003.
- 5.22 En el primero de ellos, sólo se exponen las siguientes cifras:
- Costo mantenimiento vehículos diesel con capacidad de carga de 800 ton y tara de 400 ton: 0,05714 UF/ tren - km
 - Costo mantenimiento vehículos diesel con capacidad de carga de 1.600 ton y tara de 800 ton: 0,10756 UF/ tren - km
- 5.23 Por su parte, en el estudio OperaTren, se establece un costo lineal de mantenimiento para una locomotora en función de su potencia, donde:
- $$\text{Costo de mantenimiento} = 0,7 + 0,0005 * \text{HP (US\$/loc-km)}$$
- 5.24 Si aplicamos esta ecuación a las locomotoras modelo definidas en este estudio, y consideramos el valor de 1 US\$ en \$500, obtenemos un costo de mantenimiento de 700\$/loc-km para la locomotora de 1400 HP y de 925\$/loc-km para la locomotora de 2300 HP.
- 5.25 Para validar estos resultados se consultó a los operadores ferroviarios, quienes indicaron que la relación costo mantención y valor compra locomotora en Chile, es normalmente entre un 6 y 8 % del valor de la locomotora.
- 5.26 Estos porcentajes coinciden con lo reportado en el estudio “Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Ferrocarril” en donde se utiliza una relación del 4 % del valor de compra de una locomotora eléctrica y del 7 % para las diesel. El valor de compra de la locomotora diesel se estima en 3 millones de euros y se considera una producción media de alrededor de 100.000 km/año por locomotora. A partir de estos valores, y con un precio del euro de \$700, se obtiene un costo de mantención de 1.470\$/km.
- 5.27 Sin embargo, tal como se había señalado, en Chile se adquieren locomotoras refaccionadas que en el caso de las de 2300 HP, bordean un valor de compra de 1.500.000 US\$ de acuerdo a información entregada por operadores de FEPASA y TRANSAP. Con este valor y asumiendo un valor de compra de 1.200.000 US\$ para locomotoras diesel de 1400 HP, podemos obtener los siguientes gastos anuales en mantenimiento aplicando el porcentaje de costo de mantención:

TABLA 5.2 COSTOS ANUALES MANTENIMIENTO LOCOMOTORAS

Tren tipo	Precio compra (US\$)	Costo (\$/año)*	
		6%	8%
Locomotora 1400 HP reacondicionada	1.200.000	36.000.000	48.000.000
Locomotora 2300 HP reacondicionada	1.500.000	45.000.000	60.000.000

Fuente: Elaboración propia. *1 USD=\$500

- 5.28 Ahora, si consideramos un promedio de 100.000 km anuales recorridos por locomotora¹², así como la capacidad de carga de cada tren modelo, se obtienen los siguientes costos de mantención en \$/ton-km.

TABLA 5.3 COSTOS UNITARIOS MANTENIMIENTO LOCOMOTORAS

Tren tipo	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/ton-km) operadores		Costo mantención (\$/ton-km) OperaTren
			6%	8%	
Locomotora 1400 HP	Carro plano	420	0,9	1,1	1,7
	Carro tolva granelero Norte	360	1,0	1,3	1,9
	Carro estanque Norte	400	0,9	1,2	1,8
Locomotora 2300 HP	Carro plano	840	0,5	0,7	1,1
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	0,6	0,8	1,2
	Carro tolva granelero Centro-Sur	800	0,6	0,8	1,2
	Carro estanque Centro-Sur	840	0,5	0,7	1,1

Fuente: Elaboración propia.

- 5.29 Tal como se puede observar, en todos los casos el costo de mantenimiento de locomotoras estimado por OperaTren, es mayor que el estimado a partir del porcentaje de compra de la locomotora. Sin embargo se ha optado por mantener el costo mayor y asumir que dicho valor incluye cualquier costo oculto relacionado con el mantenimiento, tales como: remolques por fallas de locomotoras, transportes de personal para la atención de las averías y uso de locomotora de reemplazo que cubra la locomotora averiada.

¹² Este kilometraje se estimó en base a la experiencia del consultor

Mantenimiento de equipo remolcado

- 5.30 Para la determinación y cálculo de los costos de mantenimiento del equipo remolcado, se utilizó una metodología similar a la anterior, considerando las diferencias propias entre el equipo tractor y remolcado.
- 5.31 Teniendo en cuenta que el equipo tractor cuenta con motor diesel, generadores eléctricos, motores de tracción, compresores para el freno y sala de comando, parece razonable suponer que el costo del mantenimiento del equipo remolcado debiera ser inferior.
- 5.32 El equipo remolcado cuenta generalmente con cuatro sistemas que estructuran un carro: choque tracción, rodado, freno y estructura, siendo este último el que principalmente los diferencia¹³.
- 5.33 En general el mantenimiento del equipo rodante se reduce principalmente a las revisiones de inicio de viaje y a un mantenimiento correctivo, más que a uno preventivo, por lo que son las piezas de desgaste, los elementos de mas recambio en el equipo, como las zapatas de freno y llantas de ruedas.
- 5.34 El estudio OperaTren establece que el mantenimiento de un coche de 30 ton de capacidad es de 0,05 US\$/coche-km, y para uno de 50 ton es de 0,06 US\$/coche-km. Interpolando dichos valores para las toneladas de los carros de los trenes modelo, obtenemos los siguientes resultados:

TABLA 5.4 COSTOS UNITARIOS MANTENIMIENTO CARROS

Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo mantención (\$/km) OperaTren	Costo mantención (\$/ton-km)
Carro plano	30	25	0,83
Carro tolva granelero Norte	30	25	0,83
Carro estanque Norte	40	28	0,69
Carro plano	30	25	0,83
Carro plano con contenedor refrigerado	30	25	0,83
Carro tolva granelero Centro-Sur	50	30	0,60
Carro estanque Centro-Sur	70	35	0,50

Fuente: Elaboración propia.

¹³ Tal como se hizo en la definición de trenes modelo donde se consideraron plataformas planas, estanques y tolvas.

Lubricantes

- 5.35 El consumo de lubricantes se obtuvo del estudio “Análisis de la competitividad entre el transporte caminero y ferroviario respecto al acceso a puertos”, Subtrans 2010, en el que se consideró 1 litro de lubricante cada 300 kilómetros, con un valor promedio de \$8.000 por litro. Esto entrega un costo de 27\$/km, el cual aplicado a las toneladas transportadas por tren modelo arroja los siguientes resultados.

TABLA 5.5 COSTOS UNITARIOS LUBRICANTES

Tren tipo	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo lubricantes*	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1400 HP	Carro plano	420	27	0,06
	Carro tolva granelero Norte	360	27	0,07
	Carro estanque Norte	400	27	0,07
Locomotora 2300 HP	Carro plano	840	27	0,03
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	27	0,03
	Carro tolva granelero Centro-Sur	800	27	0,03
	Carro estanque Centro-Sur	840	27	0,03

Fuente: Elaboración propia. *Valor obtenido del estudio “Análisis de la competitividad entre el transporte caminero y ferroviario respecto al acceso a puertos”, Subtrans 2010.

Honorarios personal**Tripulación**

- 5.36 La tripulación en los ferrocarriles chilenos está compuesta mayoritariamente por un maquinista y un ayudante.
- 5.37 De acuerdo a los antecedentes de FEPASA, FCAB, EFE y TRANSAP, la tripulación tienen un ingreso promedio cercano a los 3.000 US\$/mes, considerando sueldo y primas mensuales.
- 5.38 El sueldo líquido de un maquinista oscila entre los \$ 800.000 y \$ 1.200.000, dependiendo, de las jornadas y sobre jornadas laboradas durante el mes. Por su parte el ayudante recibe aproximadamente el 50 % del valor del maquinista.
- 5.39 Sobre el sueldo líquido se deben considerar los costos de previsión, salud, seguros, vacaciones, provisión por años de servicios, elementos de seguridad y viáticos¹⁴.

¹⁴ Se ha considerado un viático medio de \$ 10.000 durante 12 días en el mes, equivalente a 3 viajes semanales.

Así, para efectos de este estudio, se estimó un sueldo bruto para el maquinista de \$1.520.000 y para el ayudante de \$820.000.

- 5.40 Luego, si consideramos un promedio de 100.000 km anuales recorridos por locomotora y las toneladas de los trenes modelo, obtenemos los siguientes costos por honorarios.

TABLA 5.6 COSTOS UNITARIOS HONORARIOS TRIPULACIÓN

Tren tipo	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Costo tripulación	
			(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1400 HP	Carro plano	420	281	0,7
	Carro tolva granelero Norte	360	281	0,8
	Carro estanque Norte	400	281	0,7
Locomotora 2300 HP	Carro plano	840	281	0,3
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	281	0,4
	Carro tolva granelero Centro-Sur	800	281	0,4
	Carro estanque Centro-Sur	840	281	0,3

Fuente: Elaboración propia.

Personal de Operaciones

- 5.41 El personal de operaciones corresponde normalmente al personal asociado a las maniobras de patio y a la movilización de los trenes.

Maniobras

- 5.42 La determinación del personal de maniobras depende de un sin número de variables, tales como: si existe o no locomotora de patio, del tipo de carga, si es de varios tipos o de uno solo, si son trenes origen destino sin o con maniobras intermedias, etc.
- 5.43 De acuerdo a lo señalado por los operadores ferroviarios y la experiencia del consultor, en los patios con mas producción, como en Santiago FEPASA, Talcahuano FEPASA, Los Lirios TRANSAP, San Antonio FEPASA, Antofagasta y Mejillones FCAB, Chinchorro Arica FCAP (cuando operaba), Baquedano FERRONOR y Tocopilla SQM, el equipo de maniobras se compone de un jefe de patio, 2 armadores o palanqueros y un maquinista de locomotora de patio. En el resto la dotación varía de acuerdo a la demanda del patio.
- 5.44 La tasa de atención de trenes por turno, también es una variable que depende de diversos factores. Sin embargo, es posible asumir de manera conservadora que el personal de patio puede atender la maniobra de 4 trenes por turno.

5.45 Los sueldos estimados para este personal son los siguientes:

- Jefe de patio: 1.400.000 (\$/mes)
- Palanquero*: 840.000 (\$/mes)
- Maquinista: 1.050.000(\$/mes)

*Se requieren 2 palanqueros en esta operación

Movilización

5.46 Para el caso de la movilización en los puestos de mando, generalmente se trabaja con un jefe de turno y un controlador de tráfico por turno, los cuales pueden atender del orden de 12 trenes simultáneamente.

5.47 Sólo en el caso de EFE, dado que existe también movimiento de trenes de pasajeros, existen 3 controladores para el sector Alameda Temuco y otro controlador para el sector Temuco Puerto Montt. En Concepción existe además, otra central de control para los trenes urbanos de pasajeros y de carga. En Merval, en tanto, el personal destinado a control de tráfico corresponde a un jefe de turno y a un controlador de tráfico.

5.48 Para efectos de la modelación de costos, se asumirá de manera conservadora que el personal de movilización puede atender como media hasta 10 trenes por turno.

5.49 La estimación de sueldos brutos para el personal de movilización es la siguiente:

- Jefe de turno: 1.400.000 (\$/mes)
- Controladores: 700.000 (\$/mes)

5.50 Finalmente, si consideramos un promedio de 100.000 km anuales¹⁵ recorridos por locomotora, así como la capacidad de carga de cada tren modelo, se obtienen los siguientes costos de honorarios de personal de operación.

TABLA 5.7 COSTOS UNITARIOS UNITARIOS HONORARIOS PERSONAL OPERACIÓN

Tren tipo	Tipo de carro	Costo personal maniobra		Costo personal movilización	
		(\$/km)	(\$/ton-km)	(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1400 HP	Carro plano	99	0,24	25	0,06
	Carro tolva granelero	99	0,27	25	0,07
	Carro estanque Norte	99	0,25	25	0,06
Locomotora 2300 HP	Carro plano	99	0,12	25	0,03
	Carro plano con contenedor refrigerado	99	0,13	25	0,03
	Carro tolva granelero	99	0,12	25	0,03
	Carro estanque Centro-	99	0,12	25	0,03

Fuente: Elaboración propia.

¹⁵ Estimación realizada de acuerdo a experiencia del consultor

Depreciación

- 5.51 Para determinar la depreciación de equipos fue necesario asumir un costo de compra, su vida útil y un valor residual.
- 5.52 Para la estimación de precios de compra se utilizó la información entregada por operadores. La vida útil en tanto, se obtuvo del “Manual de Recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario”, SECTRA 2010, en donde se sugiere considerar una vida útil del equipo tractor diesel y remolcado de carga, ambos reconstruidos, de 20 años, mientras que para equipos nuevos la vida útil sugerida es de 40 años.
- 5.53 Considerando un valor residual correspondiente al 10 % del valor comercial del equipo, una utilización de 100.000 y 75.000¹⁶ km/año para locomotoras y carros, respectivamente, se tienen los siguientes costos de depreciación:

TABLA 5.8 COSTOS UNITARIOS DEPRECIACIÓN CARROS

Tipo de carro	Precio compra (\$)	Costo depreciación	
		(\$/km)	(\$/ton-km)
Carro plano	24.000.000	7,2	0,24
Carro tolva granelero Norte	36.000.000	10,8	0,36
Carro estanque Norte	50.000.000	15,0	0,38
Carro plano con contenedor refrigerado	30.000.000	9,0	0,30
Carro tolva granelero Centro-Sur	40.000.000	12,0	0,24
Carro estanque Centro-Sur	70.000.000	21,0	0,30

Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ Dado que los carros tienen una utilización menor que las locomotoras, se asumió que los km recorridos son aproximadamente un 75% de los km recorridos por una locomotora

TABLA 5.9 COSTOS UNITARIOS DEPRECIACIÓN LOCOMOTORAS

Locomotora	Tipo de carro	Capacidad de carga (ton)	Precio compra locomotora (US\$)	Vida útil locomotora (años)	Valor residual (US\$)	Costo depreciación	
						(\$/km)	(\$/ton-km)
Locomotora 1400 HP	Carro plano	420	1.200.000	20	1.200	270	0,64
	Carro tolva granelero Norte	360	1.200.000	20	1.200	270	0,75
	Carro estanque Norte	400	1.200.000	20	1.200	270	0,68
Locomotora 2300 HP	Carro plano	840	1.500.000	20	1.500	338	0,40
	Carro plano con contenedor refrigerado	780	1.500.000	20	1.500	338	0,43
	Carro tolva granelero Centro-Sur	800	1.500.000	20	1.500	338	0,42
	Carro estanque Centro-Sur	840	1.500.000	20	1.500	338	0,40

Fuente: Elaboración propia. Se consideró 1USD=\$500

Costos de gestión y administración

- 5.54 En el estudio “Análisis de la Competitividad entre el Transporte caminero y Ferroviario respecto al Acceso a Puertos”, Subtrans, 2010, se estiman los costos de operación de ferrocarriles que abastecen a 4 puertos chilenos, siendo el valor unitario de los costos de gestión, administración y otros gastos operacionales, equivalente a 2,8 \$/ton-km.
- 5.55 Sin embargo, SECTRA indica en el “Manual de recomendaciones para el análisis técnico y evaluación social de proyectos de transporte ferroviario”, que los costos asociados a este ítem corresponden al 5 % de los gastos operacionales. Estos gastos consideran: gastos de energía, personal de trenes y los costos de mantenimiento del equipo rodante. De acuerdo a este criterio, el costo de gestión y administración equivaldría a:

TABLA 5.10 COSTOS GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Locomotora	Tipo de carro	Costo gestión y administración (\$/ton-km)
Locomotora 1400 HP	Carro plano	0,47
	Carro tolva granelero Norte	0,55
	Carro estanque Norte	0,49
Locomotora 2300 HP	Carro plano	0,33
	Carro plano con contenedor refrigerado	0,35
	Carro tolva granelero Centro-Sur	0,33
	Carro estanque Centro-Sur	0,31

Fuente: Elaboración propia

- 5.56 Se consideró que este resultado representa de manera más adecuada el costo de este ítem, dado que los resultados del estudio señalado anteriormente, incluían otros gastos de operación que no fueron posible de aislar.

Otros gastos de operación

- 5.57 Tal como se señaló en el ítem anterior, esta componente de costo tiene asociado un 3% de los costos operacionales de acuerdo a lo indicado en el Manual Ferroviario de SECTRA. Realizando un análisis similar, al del ítem anterior se obtienen los siguientes valores:

TABLA 5.11 OTROS GASTOS DE OPERACIÓN

Locomotora	Tipo de carro	Costo otros gastos de operación (\$/ton-km)
Locomotora 1400 HP reacondicionada	Carro plano	0,33
	Carro tolva granelero Norte	0,39
	Carro estanque Norte	0,34
Locomotora 2300 HP reacondicionada	Carro plano	0,25
	Carro plano con contenedor refrigerado	0,27
	Carro tolva granelero Centro-Sur	0,25
	Carro estanque Centro-Sur	0,23

Fuente: Elaboración propia

Resumen costo operación ferrocarril

5.58 En la siguiente tabla se presentan los resultados consolidados de costos de operación por ferrocarril tipo.

TABLA 5.12 RESUMEN COSTO UNITARIO OPERACIÓN FERROCARRIL (\$/TON-KM)

Componente de costo	Tren modelo Norte \$/ton-km			Tren modelo Centro Sur \$/ton-km			
	Locomotora 1400 HP carro plano	Locomotora 1400 HP Carro tolva granelero	Locomotora 1400 HP Carro estanque	Locomotora 2300 HP Carro plano	Locomotora 2300 HP Carro plano contenedor refrigerado	Locomotora 2300 HP Carro tolva granelero	Locomotora 2300 HP Carro estanque
Combustible	6,0	6,9	6,3	4,2	4,5	4,4	4,2
Costos circulación	0,02	0,02	0,02	1,05	1,05	1,05	1,05
Mantenimiento	2,6	2,9	2,5	2,0	2,1	1,8	1,6
Honorarios	1,0	1,1	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Depreciación	4,0	5,1	4,2	7,1	8,2	4,3	3,9
Costos de gestión y administración	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3
Otros gastos de operación	0,3	0,6	0,4	0,7	0,7	0,5	0,3
Total	14,4	17,1	14,9	15,6	17,2	12,7	11,9

Fuente: Elaboración propia

5.59 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de los trenes modelo tal como se muestra a continuación:

TABLA 5.13 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN FERROCARRIL

Componente de costo	Tren modelo Norte			Tren modelo Centro Sur			
	Locomotora 1400 HP carro plano	Locomotora 1400 HP Carro tolva granelero	Locomotora 1400 HP Carro estanque	Locomotora 2300 HP Carro plano	Locomotora 2300 HP Carro plano contenedor refrigerado	Locomotora 2300 HP Carro tolva granelero	Locomotora 2300 HP Carro estanque
Combustible	41,3%	40,7%	41,9%	26,8%	26,1%	34,5%	35,1%
Costos circulación	0,2%	0,1%	0,2%	6,7%	6,1%	8,2%	8,8%
Mantenimiento	17,8%	16,7%	16,8%	12,6%	11,9%	14,1%	13,8%
Honorarios	6,7%	6,6%	6,8%	3,1%	3,0%	4,0%	4,1%
Depreciación	27,8%	29,7%	28,2%	45,8%	47,9%	33,6%	32,6%
Costos de gestión y administración	3,3%	3,2%	3,3%	2,1%	2,1%	2,6%	2,6%
Otros gastos de operación	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%
Total*	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.*Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales

5.60 De la tabla anterior se puede observar como la inclusión del canon en los gastos de circulación de los trenes que circulan en la zona centro sur, implican un cambio importante en la composición porcentual. De igual forma, el mayor número de carros considerados en los trenes de la zona sur, muestra aumentos de costos relevantes en la componente depreciación.

Estimación componentes de costos de operación camión

- 5.61 Tal como se señaló en la revisión de antecedentes, los valores de las componentes de costos serán obtenidas principalmente del estudio “Análisis económico del transporte de carga nacional”. A continuación se presentan las estimaciones de cada componente.

Combustible

- 5.62 El costo de consumo de combustible por tipo de camión se muestra a continuación:

TABLA 5.14 COSTOS UNITARIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR CAMIÓN TIPO

Tipo de vehículo	Capacidad (ton)	Rendimiento medio (km/l)	Consumo combustible (\$/km)	Consumo combustible (\$/ton-km)
Tractor semiremolque plano	25	2,3	217	8,7
Tractor semiremolque refrigerado	25	2,25	222	8,9
Tractor semiremolque tolva	25	2	250	10
Tractor semiremolque estanque	25	2,25	222	8,9

Fuente. Elaboración propia en base a información obtenida del estudio “Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional”. Para efectos de análisis preliminar se ha considerado el precio del diesel en \$500/l.

Costos circulación

- 5.63 En el caso de los camiones los costos de circulación se encuentran compuestos de: seguros, revisión técnica y permiso de circulación. Para la determinación del monto de los seguros se actualizó el costo presentando en el estudio de referencia (180.000 \$/mes), mientras que el permiso de circulación se estimó de acuerdo a su monto legal (3 UTM). Los valores de revisiones técnicas se obtuvo de consultas realizadas a plantas en distintas regiones del país. De este análisis se observó una gran variación en los precios, pero no una correlación clara con la zona, tal como se muestra a continuación.

TABLA 5.15 PRECIO REVISIONES TÉCNICAS 2011

Ciudad	Costo revisión tractor (\$/vez)	Costo revisión remolque (\$/vez)
Arica	18.600	11.150
La Serena	14.900	8.700
Valparaíso	18800	11300
San Bernardo	6650	4100
Paine	13.480	7.950
Talca	13350	8050
Chillán	5.100	3.050
Puerto Montt	10.500	6.250
Promedio	12.673	7.569

Fuente. Elaboración propia

- 5.64 Por este motivo se decidió utilizar un valor promedio tanto para tractor como remolque.
- 5.65 De acuerdo a esto, y considerando un kilometraje anual promedio de 100.000, se obtiene un costo de **24,2 \$/km** y **1,0 \$/ton-km**.

Mantenimiento

- 5.66 El costo de mantenimiento se compone del costo de lubricantes, neumáticos y servicios de mantenimiento. Dichos valores se encuentran en el estudio base de referencia, siendo los resultados los siguientes:

TABLA 5.16 COSTOS UNITARIOS DE MANTENCIÓN POR CAMIÓN TIPO

Tipo de vehículo	Capacidad (ton)	Costo mantención (\$/km)	Costo mantención (\$/ton-km)
Tractor semiremolque plano	25	63,6	2,5
Tractor semiremolque refrigerado	25	75,1	3,0
Tractor semiremolque tolva	25	80,4	3,2
Tractor semiremolque estanque	25	72,0	2,9

Fuente. Elaboración propia en base a información obtenida del estudio "Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional". Para efectos de análisis preliminar se ha considerado 100.000 km anuales recorrido por camión

Honorarios**Tripulación**

- 5.67 En el caso de vehículos de carga interurbana, la tripulación del camión se compone de un conductor. En empresas de más de 25 vehículos, se utiliza un 10% más de conductores adicionales al número de vehículos de la flota. Considerando los sueldos del estudio señalado se obtiene un costo de **90\$/km y 3,6\$/ton-km.**

Depreciación

- 5.68 La depreciación fue estimada en función del precio de compra de los vehículos modelos, su vida útil (1.000.000 km) y su valor residual (20% valor de compra).

TABLA 5.17 COSTOS UNITARIOS DEPRECIACIÓN POR CAMIÓN TIPO

Tipo de vehículo	Capacidad (ton)	Costo depreciación (\$/km)	Costo depreciación (\$/ton-km)
Tractor semiremolque plano	25	33	1,3
Tractor semiremolque refrigerado	25	55	2,2
Tractor semiremolque tolva	25	44	1,7
Tractor semiremolque estanque	25	48	1,9

Fuente. Elaboración propia en base a información obtenida del estudio "Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional". Para efectos de análisis preliminar se ha considerado 100.000 km anuales recorrido por camión.

Costos de gestión y administración

- 5.69 El personal administración se considera en empresas de más de 25 vehículos en 6 personas con un sueldo de 500.000 \$/mes (2009).
- 5.70 Por otra parte los gastos generales y gerenciamiento para empresas de más de 25 vehículos se estimó en 2.000.000 \$/mes (2009).
- 5.71 En base a estos resultados se obtuvo un total de **25\$/km y 1,0\$/ton-km.**

Otros gastos de operación

- 5.72 En este ítem se consideran viáticos de 5.000\$/día lo cual equivale a **17\$/km y 0,7\$/ton-km.**

Resumen costo operación camión

- 5.73 En la siguiente tabla se presentan los resultados consolidados de costos de operación por camión tipo.

TABLA 5.18 RESUMEN COSTO UNITARIO OPERACIÓN CAMIÓN (\$/TON-KM)

Componente de costo	Costos operación camiones tipo \$/ton-km			
	Tractor semiremolque plano	Tractor semiremolque refrigerado	Tractor semiremolque tolva	Tractor semiremolque estanque
Combustible	8,7	8,9	10,0	8,9
Costos circulación	1,0	1,0	1,0	1,0
Mantenimiento	2,5	3,0	3,2	2,9
Honorarios	3,6	3,6	3,6	3,6
Depreciación	1,3	2,2	1,7	1,9
Costos de gestión y administración	1,0	1,0	1,0	1,0
Otros gastos de operación	0,7	0,7	0,7	0,7
Total (\$/ton-km)	18,8	20,4	21,2	20,0

Fuente: Elaboración propia

- 5.74 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de los camiones modelo tal como se muestra a continuación:

TABLA 5.19 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN CAMIÓN

Componente de costo	Tractor semiremolque plano	Tractor semiremolque refrigerado	Tractor semiremolque tolva	Tractor semiremolque estanque
Combustible	46,2%	43,6%	47,1%	44,5%
Costos circulación	5,1%	4,7%	4,6%	4,8%
Mantenimiento	13,5%	14,8%	15,1%	14,4%
Honorarios	19,2%	17,8%	17,0%	18,1%
Depreciación	7,0%	10,8%	8,2%	9,7%
Costos de gestión y administración	5,4%	4,9%	4,7%	5,0%
Otros gastos de operación	3,6%	3,3%	3,2%	3,4%
Total *	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia. *Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales

- 5.75 De la tabla anterior se puede observar que nuevamente el combustible es el ítem de mayor peso en la composición de costos, seguido del ítem honorarios y mantenimiento.

Estimación componentes de costos de operación nave

- 5.76 En el transporte naviero coexisten varios actores que interactúan entre sí, sin embargo para efectos de este análisis, se consideraron dos principales: Armador y Fletador.
- 5.77 El Armador puede ser el dueño y operador de la nave o sólo su operador, pero desde el punto de vista de costos con respecto a usuario de transporte, no hay diferencia, pues en síntesis, es el que realiza el transporte.
- 5.78 El Fletador, en tanto, es el usuario de transporte, es decir el que tiene la carga bajo su control. Este puede ser o no dueño de ella, pero para estos efectos, tampoco hay diferencia, pues en definitiva el Fletador es el que paga el flete.
- 5.79 En el transporte marítimo, los costos se expresan generalmente en relación a la nave y en términos de una cifra de costo diario, por ejemplo: el costo de combustible se expresa en la cantidad de combustible que gasta el buque navegando por día, y luego esa cantidad se multiplica por el valor del combustible. En este estudio, los costos se calcularon a partir de estos criterios y luego se transformaron a las unidades \$/Km y \$/ton-Km, con el fin de realizar la comparación con otros modos de transporte.
- 5.80 Los costos son posibles de clasificar en costos de la nave, gastos de la carga y gastos de puerto, y su ámbito se refiere a lo que indican estos mismos nombres. Para efectos de este análisis nos centraremos en los primeros de ellos, por ser éstos los que representan los costos de operación del operador.
- 5.81 Para estimar los costos de la nave de acuerdo a la estructura definida, se recurrió a los ítems de costo que en el sector marítimo se denominan Running Costs. Éstos se componen de:
- Tripulación
 - Víveres y pertrechos
 - Mantenimiento, reparaciones y repuestos
 - Provisión para carena (dique)
 - Lubricantes
 - Gastos Inspección, Certificaciones y Clasificación
 - Seguros (C&M, P6I)
 - Faros y balizas¹⁷
 - Misceláneos y Administración de operaciones (Superintendentes).
- 5.82 En la siguiente tabla se muestran valores típicos de running costos para los distintos tipos de naves definidas en el estudio.

¹⁷ El ítem "Faros y Balizas" normalmente es parte de los gastos de puerto, pero en este caso se ha preferido incluirlo entre los Running Costs, pues en el caso de cabotaje con bandera chilena, la tarifa cobrada por Directemar es de USD0,90 por cada tonelada de registro grueso de la nave (TRG) y se paga una vez al año, por lo tanto es válido distribuir este costo de forma diaria independientemente de los viajes, pues si la nave no está trabajando, de igual forma está siendo afectada por este costo diariamente.

TABLA 5.20 RUNNING COSTS, DIARIOS POR MODELO DE NAVE TÍPICA

Nave tipo	Capacidad (DWT)	Running Costos (USD/día)
Nave carga general	8.000	5.064
Nave carga granel	27.287	8.306
Nave carga granel líquido	25.148	9.016

Fuente: Elaboración propia.

- 5.83 A partir de estos valores y las naves modelos, se construyó un modelo de simulación de tráfico en la costa chilena, que permite hacer comparaciones con los otros modos de transporte. Este modelo se aplicó al tráfico de carga general en contenedores, graneles sólidos (sal) y graneles líquidos (ácido sulfúrico), para lo cual se consideraron los tráficos típicos y naves reales similares a las que mueven en Chile.
- 5.84 El modelo supone ciertas cantidades de cargas que se embarcan y descargan en puertos asociados a los pares Origen Destino (O/D) modelados. Estas cantidades, en cuanto a la carga general, se establecieron en base a las “Tasas de transferencia” establecidos en los estudios de base (“Diagnóstico del modo de transporte marítimo”, 2007 y estadísticas sobre orígenes y destinos, cantidades y tipos de cargas que prepara Directemar). En el caso de los graneles, se consideraron viajes “full cargo” en un sentido, asumiendo un puerto de embarque y uno de descarga, en el caso de granel sólido, y un puerto de embarque y dos de descarga para el granel líquido. Esta diferencia se debe a que con la modelación se buscó replicar los movimientos reales que la realizan hoy las naves, en donde los graneles sólidos se mueven principalmente entre un par OD, mientras que los graneles líquidos, como el combustible y el ácido sulfúrico, descargan producto en más de un puerto.
- 5.85 Para la simulación del transporte de carga general, se consideró que ésta sería transportada en contenedores de 40 pies por ser el equipo más comúnmente usado en los tráficos. No se hizo distinción entre contenedores secos y reefers (refrigerados), dado que para efectos de los costos de operación de la nave no hay diferencias relevantes entre unos y otros. Distinto es el caso desde el punto de vista del usuario, pues este paga costos y tarifas mayores en el caso de los reefers.
- 5.86 Sólo para efecto de poder comparar con otros medios, se supuso que la nave trabaja a plena capacidad (full cargo). Por otra parte, con el fin de representar de manera realista los tiempos, tanto en puerto como navegando, se supusieron los siguientes pares origen-destino:
- Centro-Norte: San Antonio-Antofagasta
 - Centro-Sur: San Antonio-Lirquén
 - Sur-Norte: Puerto Montt-Antofagasta
- 5.87 Para el transporte de granel líquido, en tanto, se supuso el transporte de ácido sulfúrico entre San Antonio y Mejillones, mientras que para granel sólido, se simuló el transporte de sal entre Patillos y San Vicente.

- 5.88 Finalmente, para cada nave tipo definida y de acuerdo al par O/D simulado, se estimaron los siguientes kilómetros anuales recorridos por cada una de ellas:

TABLA 5.21 KM ANUALES NAVES MODELO

Nave tipo	Movimiento	Km año
Nave carga general	Centro-Norte	81.351
	Centro-Sur	39.747
	Sur-Norte	118.830
Nave carga granel seca	Norte-Sur	76.200
Nave carga granel líquido	Centro Norte	76.476

Fuente: Elaboración propia.

- 5.89 Esta estimación se realizó a partir de los tiempos de transporte y de estadía en puerto, de acuerdo al tráfico modelado para cada nave. Los tiempos y distancias considerados por par O/D, son los siguientes:

TABLA 5.22 PARÁMETROS PAR O/D NAVES MODELO

Nave tipo	Movimiento	Par O/D	Km viaje	Días navegando	Días en puerto*
Nave carga general	Centro-Norte	San Antonio-Antofagasta	1.130	2,12	2,95
	Centro-Sur	San Antonio-Lirquén	404	0,76	2,95
	Sur-Norte	Puerto Montt-Antofagasta	2.178	4,08	2,62
Nave carga granel seca	Norte-Sur	Patillos-San Vicente	1.809	3,54	5,13
Nave carga granel líquido	Centro Norte	San Antonio-Mejillones	1.232	2,22	3,66

Fuente: Elaboración propia. * se calcula en base a tasas de transferencia y nave con carga completa

Combustibles (Bunkers)

- 5.90 Los combustibles de las naves típicas usadas para el modelo son IFO 380 y MDO.
- 5.91 El primero es usado normalmente en el motor principal y el segundo en los motores auxiliares que dan movimiento a los generadores eléctricos.
- 5.92 La descripción de la nave incluye los consumos tanto navegando como en puerto, desglosado por tipo de combustible y expresado en términos de toneladas métricas por día. Algunos combustibles se comercian en metros cúbicos, pero para igualar la medida de rendimiento, se ha hecho la conversión y se han expresado todos en ton.
- 5.93 El consumo puede variar levemente si se navega por agua dulce o salada, por mar abierto o aguas interiores, pero como en Chile los puertos son todos oceánicos, no se ha hecho diferencia alguna. De igual forma, en Chile los vientos predominantes son desde el SSW, pero para efectos de estos cálculos y considerando que el tráfico teórico se ha hecho en base a viajes redondos consecutivos, no se han segregado los consumos northbound/southbound (hacia el norte o hacia el sur), sin embargo se ha considerado este efecto aplicando una cierta reducción a la velocidad de diseño de la nave.
- 5.94 Los consumos de combustibles utilizados en la modelación son los siguientes:

TABLA 5.23 CONSUMOS DE COMBUSTIBLE NAVES MODELO

Nave tipo	Movimiento	Consumo IFO navegando (ton/día)	Consumo IFO en puerto (ton/día)	Consumo MDO navegando (ton/día)	Consumo MDO en puerto (ton/día)
Nave carga general	Centro-Norte	11,5	0	0	1,5
	Centro-Sur	11,5	0	0	1,5
	Sur-Norte	11,5	0	0	1,5
Nave carga granel seca	Sur-Norte	21,5	2,5	0,2	0,6
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23,0	2,5	0,2	3

Fuente: Elaboración propia.

- 5.95 El costo de combustible se calcula en base al gasto por día, es decir una nave consume , por ejemplo: 11,50 ton de IFO por día navegando a una velocidad promedio de 12 nudos. Esto a un precio de USD682 por ton (marzo 2011), resulta en USD7.843 por día de gasto en combustibles IFO. De la misma forma se calculan las cifras cuando la nave está en puerto.
- 5.96 Por otra parte, de acuerdo a los pares origen/destino señalados, y las tasas de transferencia actuales en puertos, se obtuvo los siguientes tiempos de navegación y estadía en puerto:

TABLA 5.24 TIEMPOS DE NAVEGACIÓN Y ESTADÍA EN PUERTO

Nave tipo	Movimiento	Días navegando	Días en puerto
Nave carga general	Centro-Norte	2,12	2,95
	Centro-Sur	0,76	2,95
	Sur-Norte	4,08	2,61
Nave carga granel	Sur-Norte	3,54	5,13
Nave carga granel líquido	Centro Norte	2,22	3,66

Fuente: Elaboración propia.

5.97 Los costos de combustibles considerados son los siguientes:

TABLA 5.25 COSTOS DE COMBUSTIBLES USD/TON

Combustible	Precio (USD/ton)
IFO	682
MDO	972

5.98 En la siguiente tabla se presentan los resultados de costos de consumo de combustible por nave, asumiendo 100% de ocupación de la nave (full cargo).

TABLA 5.26 COSTOS UNITARIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR NAVE TIPO

Nave tipo	Movimiento	Capacidad (ton)	Consumo combustible (\$/km)	Consumo combustible (\$/ton-km)
Nave carga general	Centro-Norte	6.786	9.260	1,36
	Centro-Sur	6.786	12.699	1,87
	Sur-Norte	6.786	8.219	1,21
Nave carga granel	Sur-Norte	25.000	17.771	0,71
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23.000	21.171	0,92

Fuente: Elaboración propia. * Para efectos de análisis preliminar se ha considerado el precio del dólar en \$500.

Costos circulación*Seguros de la nave: Casco y Máquina, P&I*

- 5.99 Los seguros de casco y máquinas cubren la nave y sus equipos y son básicamente primas fijas sobre el valor asegurado.
- 5.100 Los seguros P&I (Protection and Indemnity), son formas de asegurar la responsabilidad civil principalmente frente a terceros que el Armador suscribe con grupos de otros armadores en cualquier parte del mundo (P&I Clubs). En otras palabras, es una mutualidad cuyo fin es afrontar conjuntamente, los riesgos que conlleva el transporte marítimo.
- 5.101 El armador contribuye con una cuota periódica calculada de acuerdo al riesgo que presenta su operación, tomando en cuenta diversos factores tales como comportamiento y tasa de accidentes, zonas de tráfico, tipos de cargas, tipo de nave y sus características, etc. Este mismo criterio se aplica en el cálculo de las primas de “casco y maquinaria” (H&M).
- 5.102 Para una nave típica multipropósito (MPP), como la que se ha usado como modelo, en tráfico de cabotaje de baja exposición al riesgo, y operando con cargas generales en contenedores, se ha estimado un **costo anual de USD150.000** por concepto de prima de seguros de casco y maquinarias. El costo estimado de “Protection and Indemnity Club”, basado en las mismas premisas, se ha estimado en **USD65.000 anuales**. Para los casos de ácido sulfúrico y sal, las cifras son mayores por la naturaleza de la carga y por ser naves más grandes o mucho más sofisticadas. Estas cifras se han estimado basadas en consultas hechas a Brokers de P&I Clubs, liquidadores de seguros y reclamos marítimos, y empresas navieras locales.

TABLA 5.27 COSTOS MEDIOS DIARIOS DE SEGUROS POR NAVE TIPO

Nave tipo	Capacidad (ton)	Costo seguros (\$/día)
Nave carga general	6.786	294.521
Nave carga granel	25.000	390.411
Nave carga granel líquido	23.000	479.452

Fuente: Elaboración propia.

Faros y Balizas

- 5.103 Es el costo que cobra la Directemar a cada nave que trafica por las costas chilenas. La cifra a cobrar se calcula de acuerdo al tonelaje de registro grueso de la nave multiplicada por una cifra en USD. Para las naves chilenas que hacen cabotaje la cifra son **USD0.90 por cada tonelada** de registro bruto por año.

TABLA 5.28 COSTOS MEDIOS DIARIOS DE FAROS Y BALIZAS POR NAVE TIPO

Nave tipo	Capacidad (ton)	Costo faros y balizas (\$/día)
Nave carga general	6.786	8.941
Nave carga granel	25.000	22.306
Nave carga granel líquido	23.000	19.597

Fuente: Elaboración propia.

Gastos Inspección, Certificaciones y Clasificación

- 5.104 Las certificaciones permiten asegurar que la nave opera bajo ciertos estándares de calidad en cuanto a materiales y diseños que la hacen segura para circular en tráficos marítimos determinados. Estas certificaciones las emiten organismos internacionales supervisores del cumplimiento de las referidas normas de construcción y diseño. Si la nave cumple con los estándares definidos por la casa clasificadora, esta emite el certificado que acredita esta condición.
- 5.105 De acuerdo a consultas realizadas a armadores locales y a inspectores de casas clasificadoras se ha estimado un **gasto anual de USD20.000** para la nave MPP de carga general, **USD40.000** para la nave granelera para sal y **USD50.000** para la nave tanquera para ácido sulfúrico a granel.

TABLA 5.29 COSTOS MEDIOS DIARIOS DE INSPECCION Y CERTIFICACIÓN POR NAVE TIPO

Nave tipo	Capacidad (ton)	Gastos inspección y Certif. (\$/día)
Nave carga general	6.786	27.397
Nave carga granel	25.000	54.795
Nave carga granel líquido	23.000	68.493

Fuente: Elaboración propia.

- 5.106 Considerando los costos anteriores y los km recorridos por movimiento analizado, se obtienen los siguientes resultados de costos de circulación por nave.

TABLA 5.30 COSTOS UNITARIOS DE CIRCULACIÓN POR NAVE TIPO

Nave tipo	Movimiento	Capacidad (ton)	Costo circulación (\$/km)	Costo circulación (\$/ton-km)
Nave carga general	Centro-norte	6.786	1.484	0,2
	Centro-sur	6.786	3.038	0,4
	Sur norte	6.786	1.016	0,1
Nave carga granel seca	Sur-Norte	25.000	2.239	0,1
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23.000	2.709	0,1

Fuente: Elaboración propia.

Mantenimiento

Mantenimiento, Reparaciones y Repuestos.

- 5.107 Son los costos de materiales destinados a mantener la nave en condición eficiente y operativa tales como pinturas y materiales destinados a la mantención preventiva de la nave y sus equipos. Incluye partes y piezas para los motores, generadores, equipos salvavidas, navíos de las maniobras de carga y descarga, cables y espías, etc.
- 5.108 De acuerdo a consultas realizadas a empresas navieras locales este costo se estima en **USD150.000 anuales** para la nave MPP, **USD300.000** para la nave de graneles sólidos debido a su mayor tamaño y **USD500.000** para la nave de graneles líquidos, debido a su tamaño y a su mayor complejidad.

TABLA 5.31 COSTOS MEDIOS DIARIOS DE MANTENCION POR NAVE TIPO

Nave tipo	Capacidad (ton)	Gastos Mant. Reparac. Y Respuestos (\$/día)
Nave carga general	6.782	205.479
Nave carga granel	25.000	410.959
Nave carga granel líquido	23.000	684.932

Fuente: Elaboración propia.

Provisión para dique (carena)

- 5.109 La carena es la mantención periódica y de gran magnitud que se hace a una nave en un dique o astillero. Es corriente que las naves del tipo y tonelaje como una que operaría en cabotaje, entre a dique cada dos años y medio aproximadamente. Así, la provisión de costo que se hace es de **USD140.000** anuales para la nave MPP y de **USD800.000** en las naves de graneles sólidos y líquidos. Estas cifras se han estimado consultando con armadores locales y considerando las naves del tamaño y especificaciones definidas para la evaluación.

TABLA 5.32 COSTOS MEDIOS DIARIOS CARENA POR NAVE TIPO

Nave tipo	Capacidad (ton)	Carena (\$/día).
Nave carga general	6.782	191.781
Nave carga granel	25.000	1.095.890
Nave carga granel líquido	23.000	1.095.890

Fuente: Elaboración propia.

Lubricantes

- 5.110 Son los aceites y grasas lubricantes del motor principal y de los motores y generadores auxiliares. Se ha estimado, de acuerdo a consultas realizadas con armadores, un gasto anual en **USD70.000** para la nave MPP, y en **USD150.000** para las naves de graneles sólidos y líquidos.

TABLA 5.33 COSTOS MEDIOS DIARIOS LUBRICANTES POR NAVE TIPO

Nave tipo	Capacidad (ton)	Gastos lubricantes (\$/día)
Nave carga general	6.782	95.890
Nave carga granel	25.000	205.479
Nave carga granel líquido	23.000	205.479

Fuente: Elaboración propia.

- 5.111 Considerando los costos anteriores y los km recorridos por movimiento analizado, se obtienen los siguientes resultados de mantenimiento por nave.

TABLA 5.34 COSTOS UNITARIOS DE MANTENCIÓN POR NAVE TIPO

Nave tipo	Movimiento	Capacidad (ton)	Costo mantención (\$/km)	Costo mantención (\$/ton-km)
Nave carga general	Centro-norte	6.786	1.352	0,2
	Centro-sur	6.786	2.768	0,41
	Sur norte	6.786	926	0,14
Nave carga granel	Sur-Norte	25.000	2.953	0,12
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23.000	4.250	0,18

Fuente: Elaboración propia.

Honorarios

Tripulación

- 5.112 Se refiere a los costos en remuneraciones y gastos asociados al personal que trabaja a bordo de la nave. Esta cifra se ha estimado de acuerdo a la tripulación señalada en las normativas vigentes. Estas normativas las impone la autoridad marítima (Directemar) y consisten en un número mínimo de oficiales y tripulantes, todos de nacionalidad chilena.
- 5.113 La cifra incluye el costo por relevos que se estima en un 30% del costo de tripulación. El concepto “relevos” consiste en el tripulante de reemplazo que debe asumir el puesto del que falta, normalmente e por vacaciones, permisos, licencias, etc.
- 5.114 Los valores de las remuneraciones brutas se han obtenido de entrevistas y consultas con empresas operadoras. Las remuneraciones también son diferentes dependiendo del tipo de nave, tanto en número como en condición del contingente.
- 5.115 El listado de remuneraciones brutas por cargo se muestra en las tablas siguientes.

TABLA 5.35 COSTOS MENSUALES TRIPULACIÓN NAVE MPP

Tripulación	US\$/mes
Capitán	7.400
1er. Piloto	5.600
2do. Piloto	4.200
3er Piloto	2.700
Jefe Máquinas	6.800
1er Ing.	5.500
2do. Ing.	3.200
3er Ing.	2.700
Contramaestre	3.000
Reparador	1.800
Marineros de cubierta (2)	3.400
Marineros máquina (2)	3.400
Cocinero	1.800
Muchacho de cámara	900

Fuente: Elaboración propia en base a información de armadores locales

TABLA 5.36 COSTOS MENSUALES TRIPULACIÓN NAVE GRANEL SOLIDO

Tripulación	US\$/mes
Capitán	8.000
1er. Piloto	6.000
2do. Piloto	3.600
3er Piloto	3.000
Jefe Máquinas	5.800
1er Ing.	3.600
2do. Ing.	3.000
3er Ing.	2.400
Electricista	1.700
Contramaestre	3.000
Reparador	1.800
Marineros cubierta (3)	5.100
Pañolero	1.700
Bombero	1.700
Marineros de máquina (2)	3.400
Cocinero	1.800
Muchacho cámara	900

Fuente: Elaboración propia en base a información de armadores locales

TABLA 5.37 COSTOS MENSUALES TRIPULACIÓN NAVE GRANEL LIQUIDO

Tripulación	US\$/mes
Capitán	8.400
1er. Piloto	6.600
2do. Piloto	3.200
3er Piloto	1.700
Jefe Máquinas	8.000
1er Ing.	4.500
2do. Ing.	2.200
3er Ing.	1.700
Electricista	1.700
Contramaestre	3.000
Reparador	1.800
Marineros cubierta (3)	5.100
Pañolero	1.700
Bombero	1.700
Marineros máquina (2)	3.400
Cocinero	1.800
Muchacho de cámara	900

Fuente: Elaboración propia en base a información de armadores locales

Personal de operaciones (Superintendentes).

- 5.116 La Administración de operaciones se refiere a los gastos en personal que coordina los movimientos de las naves con los otros estamentos que actúan en puertos, terminales, etc. Normalmente se refieren a la remuneración de un Superintendente y ayudantes. Este cargo es muy necesario en tráficó de carga general, pues hay innumerables asuntos que atender entre la nave, el puerto y el conjunto de asuntos relacionados con las operaciones que generalmente suscitan las cargas misceláneas. En el caso de los graneles esta situación es mucho más sencilla, pues de partida el dueño de la carga es uno sólo y la operación es siempre mecanizada, por lo tanto esta coordinación la hace el agente portuario sin necesidad de apoyos adicionales.

- 5.117 El monto de este costo se ha estimado en **USD120.000 anuales**, correspondiente al pago de remuneraciones y gastos generados por el Superintendente de Operaciones en los puertos donde recalca la nave MPP.
- 5.118 En la siguiente tabla se presentan los resultados de costos de personal por nave, para lo cual se asumió que el Superintendente de Operaciones puede atender la flota promedio de 3 naves considerada por Armador.

TABLA 5.38 COSTOS UNITARIOS EN PERSONAL POR NAVE TIPO

Nave tipo	Movimiento	Capacidad (ton)	Costo en personal (\$/km)	Costo en personal (\$/ton-km)
Nave carga general	Centro-norte	6.786	5.319	0,78
	Centro-sur	6.786	10.887	1,60
	Sur norte	6.786	3.642	0,54
Nave carga granel	Sur-Norte	25.000	5.783	0,23
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23.000	5.854	0,25

Fuente: Elaboración propia.

Depreciación

- 5.119 Las naves que se han usado como modelo son naves reales y por lo tanto es posible estimar con mayor precisión su valor de compra. Los valores considerados son los siguientes:
- Nave MPP **USD7.000.000**
 - Nave granel sólido **USD18.000.000**
 - Nave granel líquido **USD33.000.000.**
- 5.120 Estas cifras se obtienen de las publicaciones de compraventas de naves en el mundo. En este caso específico, se ha consultado la publicación de Cotzias Shipping Group. (Grecia), en donde además, se indican los cierres de negocios en compraventa y precios de chatarra, necesarios para la estimación del valor residual de las naves.
- 5.121 Para determinar el valor de compra se ha considerado como inversión inicial los precios de naves parecidas en cuanto a tonelaje, especificaciones y año de construcción. El valor residual en tanto, corresponde al precio de la chatarra en que se vende el buque dado de baja, para lo cual se ha utilizado el precio promedio transado en los mercados habituales y el tonelaje ligero de las naves.

- 5.122 Para efectos de este estudio se consideró una vida útil de 36 años¹⁸ para los tres tipos de naves consideradas. Como lo usual es que las naves dedicadas al cabotaje en Chile sean de segunda mano, la depreciación se realizó respecto a los años restantes de vida útil de las naves consideradas. De hecho, las naves que trafican en la costa chilena son todas mayores de 10 años y en el rango 11-20 años se encuentra el 66% de ellas. El tercio restante está en el rango 21-30 años¹⁹.
- 5.123 En la siguiente tabla se presentan los resultados de costos de depreciación por nave.

TABLA 5.39 COSTOS UNITARIOS DE DEPRECIACIÓN POR NAVE TIPO

Nave tipo	Movimiento	Capacidad (ton)	Costo depreciación (\$/km)	Costo depreciación (\$/ton-km)
Nave carga general	Centro-norte	6.786	1.181	0,17
	Centro-sur	6.786	2.418	0,36
	Sur norte	6.786	809	0,12
Nave carga granel	Sur-Norte	25.000	4.014	0,16
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23.000	6.634	0,29

Fuente: Elaboración propia.

Costos de gestión y administración

- 5.124 Debido a la naturaleza de los tráficos analizados, las estructuras administrativas presentan ciertas diferencias entre ellas. A continuación se indican estas estructuras cuyo costo se ha estimado de acuerdo a la información entregada por armadores locales.

¹⁸Tabla vida útil SII http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm

¹⁹ Diagnóstico del Modo de Transporte Marítimo, Subtrans, 2008

TABLA 5.40 COSTOS ADMINISTRACIÓN NAVE MPP

Personal administración	\$/mes
Gerente	4.000.000
Jefe Adm.	2.000.000
Contable	500.000
Jefe Operaciones	2.000.000
Jefe Técnico	1.500.000
Jefe Com.	2.000.000
Secr. Adm.	500.000

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.41 COSTOS ADMINISTRACIÓN NAVE GRANEL SÓLIDO

Personal administración	\$/mes
Gerente	4.000.000
Jefe Adm.	2.000.000
Contable	500.000
Jefe Operaciones	2.000.000
Jefe Técnico	1.500.000
Sec. Adm.	500.000

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 5.42 COSTOS ADMINISTRACIÓN GRANEL LÍQUIDO

Personal administración	\$/mes
Gerente	4.500.000
Jefe Adm.	2.000.000
Contable	500.000
Jefe Operaciones	3.000.000
Jefe Técnico	2.000.000
Sec. Adm.	500.000

Fuente: Elaboración propia.

- 5.125 A lo anterior se ha sumado el gasto de un mes adicional como provisión de imprevistos y vacaciones, y sobre ello se ha calculado como gasto administrativo en arriendo, papelería, comunicaciones, etc., un 50% de dicho subtotal.
- 5.126 En la siguiente tabla se presentan los resultados de costos de gestión y administración por nave, considerando que el Armador posee una flota de 3 naves.

TABLA 5.43 COSTOS UNITARIOS DE GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN POR NAVE TIPO

Nave tipo	Movimiento	Capacidad (ton)	Costo administración (\$/km)	Costo administración (\$/ton-km)
Nave carga general	Centro-norte	6.786	999	0,1
	Centro-sur	6.786	2.044	0,3
	Sur norte	6.786	684	0,1
Nave carga granel	Sur-Norte	25.000	896	0,04
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23.000	1.062	0,0

Fuente: Elaboración propia.

Otros gastos de operación

- 5.127 Corresponde a gastos misceláneos que se generan en las operaciones portuarias. Se ha estimado en **USD 62.500 anuales** para el caso de la nave MPP y en **USD182.000** para el granel sólido y líquido. Estas cifras se basan en opiniones recogidas entre operadores navieros.
- 5.128 Además se incluyen los gastos en víveres y pertrechos, los cuales se han estimado en **USD58.400** para el caso de la nave MPP y en **USD73.000** para el granel sólido y líquido. Por último, se incorporan en este ítem los costos en puerto asociados a la nave y que no consideran gastos de infraestructura.
- 5.129 Los gastos presentados en este ítem consideran una sola nave en operación y con los niveles de costos que eso significa. En la realidad, un armador nacional de cabotaje también opera en tráficos internacionales y por lo tanto las tarifas que pague por los servicios recibidos, muy probablemente corresponderán a contratos a largo plazo y con un número de naves mucho mayor que el dedicado exclusivamente al cabotaje. Como se ha dicho, el modelo de determinación de costos se ha hecho en esta forma sólo para permitir un común denominador que sea una base válida de comparación con los costos de los otros medios de transporte. La composición de este ítem, así como su valor en algunos puertos, es la siguiente:

TABLA 5.44 GASTOS OPERACIONALES EN PUERTO ASOCIADOS A NAVE MPP

Item	Costo en Puerto Antofagasta (USD)	Costo en Puerto Lirquén (USD)	Costo en Puerto San Antonio (USD)	Costo en Puerto Montt (USD)
Harbour Pilotage (in/out)	1.146	1.146	1.146	8.206 ¹
Authorities (Autoridades recepción/despacho nave)	400	400	500	400
Tugboat services (in/out) - (Remolcadores)	5.888	6.125	5.888	6.950
Launches - (lanchas amarradoras)	1.000	1.800	1.146	1.600
Linesmen (in/out) - (Amarradores)		1.200	560	700

¹Incluye: Local Pilotage Ancud-P.Montt-Ancud (way in & out), Pilots viaticums + insurance (way in & out), Ancud calling expenses (all in 2 times) (way in & out), Harbour Pilotage (in/out) - (Practicage en P.Montt).

TABLA 5.45 GASTOS OPERACIONALES EN PUERTO ASOCIADOS A NAVE GRANEL SÓLIDO

Item	Costo en Puerto Patillo (USD)	Costo en Puerto San Vicente (USD)
Harbour Pilotage (in/out)	1.272	1.272
Authorities (Autoridades recepción/despacho nave)	1.500	400
Tugboat services (in/out) - (Remolcadores)	18.840	12.250
Launches - (lanchas amarradoras)	1.200	1.800
Linesmen (in/out) - (Amarradores)	850	1.200

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 5.46 GASTOS OPERACIONALES EN PUERTO ASOCIADOS A NAVE GRANEL LÍQUIDO

Ítem	Costo en Puerto Mejillones (USD)	Costo en Puerto San Antonio (USD)
Harbour Pilotage (in/out)	1.033	1.182
Authorities (Autoridades recepción/despacho nave)	400	500
Tugboat services (in/out) - (Remolcadores)	11.775	9.420
Launches - (lanchas amarradoras)	1.000	1.146
Linesmen (in/out) - (Amarradores)		560

Fuente: Elaboración propia.

5.130 En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos por tipo de nave.

TABLA 5.47 COSTOS UNITARIOS DE OTROS GASTOS OPERACIONALES POR NAVE TIPO

Nave tipo	Movimiento	Capacidad (ton)	Otros gastos operacionales (\$/km)	Otros gastos operacionales (\$/ton-km)
Nave carga general	Centro-Norte	6.786	852	0,1
	Centro-Sur	6.786	1.771	0,3
	Sur Norte	6.786	623	0,1
Nave carga granel	Sur-Norte	25.000	1.940	0,1
Nave carga granel líquido	Centro Norte	23.000	1.844	0,1

Fuente: Elaboración propia.

Resumen costo operación nave

5.131 En la siguiente tabla se presentan los resultados consolidados de costos de operación por nave tipo.

TABLA 5.48 RESUMEN COSTO UNITARIO OPERACIÓN NAVES (\$/TON-KM)

Componente de costo	Costos operación naves tipo				
	\$/ton-km				
	Nave carga general mov Centro-Norte	Nave carga general mov Centro-Sur	Nave carga general mov Sur-Norte	Nave carga granel mov Norte-Sur	Nave carga granel líquido mov Centro-Norte
Combustible	1,4	1,9	1,2	0,7	0,9
Costos circulación	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1
Mantenimiento	0,3	0,7	0,2	0,3	0,4
Personal	0,8	1,6	0,5	0,2	0,3
Depreciación	0,2	0,4	0,1	0,2	0,3
Costos de gestión y administración	0,2	0,3	0,1	0,04	0,05
Otros gastos de operación (*)	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
Total (\$/ton-km)	3,1	5,5	2,4	1,6	2,1

Fuente: Elaboración propia. Puede que algunos totales no cuadren exactamente debido a que la suma incluye cifras con aproximación de decimales.

5.132 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de las naves modelo tal como se muestra a continuación:

TABLA 5.49 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN NAVES

Componente de costo	Nave carga general mov Centro-Norte	Nave carga general mov Centro-Sur	Nave carga general mov Sur-Norte	Nave carga granel mov Norte-Sur	Nave carga granel líquido mov Centro-Norte
Combustible	43,5%	34,0%	49,8%	43,5%	43,4%
Costos circulación	7,0%	8,1%	6,2%	5,5%	5,6%
Mantenimiento	10,4%	12,1%	9,2%	20,1%	19,4%
Personal	25,0%	29,1%	22,1%	14,2%	12,0%
Depreciación	5,5%	6,5%	4,9%	9,8%	13,6%
Costos de gestión y administración	4,7%	5,5%	4,1%	2,2%	2,2%
Otros gastos de operación	4,0%	4,7%	3,8%	4,7%	3,8%
Total *	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia. *Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales

5.133 Es importante destacar que los costos recién obtenidos no son comprables directamente con los costos de operación de los otros modos analizados, debido a que el uso de naves implica un costos adicional asociado al acercamiento desde el origen de la carga y la entrega en el destino final. Estos movimientos desde/hacia puerto pueden ser realizados en cualquiera de los 3 modos y por lo tanto el costo de operación de transporte entre el par O/D analizar tendrá variadas alternativas.

Estimación componentes de costos de operación ducto

- 5.134 El transporte por ductos o mineroductos se sustenta en el transporte hidráulico de sólidos o fluidos líquidos, que permite transportar grandes cantidades a gran distancia y de manera continua. La fuerza que moviliza los fluidos corresponden al transporte gravitacional, transporte por bombeo o una mezcla de ellos.
- 5.135 Algunas de sus ventajas son:
- Fiabilidad del sistema, eficiencia energética, ya que permite operación continua, mejores tiempos de entrega y todo tipo de clima.
 - Es adaptable a cualquier topografía, comportándose bien en grandes desniveles.
 - Bajos costos de operación, ya que requiere mínima mano de obra.
 - Genera un menor impacto ambiental, con un uso más eficiente de la tierra y con menores emisiones en comparación con otros medios.
- 5.136 Implementar este tipo de sistemas depende de algunos factores que son importantes de considerar al momento de la construcción tales como el diámetro, las presiones de funcionamiento, la distancia y el terreno. Otros factores, que pueden implicar aumento en los costos de construcción son el clima, los costos de mano de obra, el grado de competitividad de las empresas contratantes, las normas de seguridad que apliquen, densidad de población y los derechos de paso. Todos estos factores pueden variar significativamente de una región a otra²⁰.
- 5.137 Sin embargo, la escasez de información respecto a este modo ha dificultado la obtención de costos desagregados de acuerdo a la estructura propuesta para la comparación entre modos.
- 5.138 Los valores con que se cuenta para el caso chileno corresponden a los reportados por Minera Escondida en el año 2001. El mineroducto construido presentaba las siguientes características:
- Largo: 170 km
 - Costo de construcción (incluyendo válvulas y bombeo): USD17.000.000
 - Vida útil: 12 años.
 - Costos operación (\$/ton-km): 0,17
- 5.139 En el caso de los oleoductos, en tanto, se obtuvo información de ENAP respecto de la estructura de precios en donde una de las componentes corresponde al uso del oleoducto. La publicación se realiza mensualmente en la página web de ENAP, existiendo la siguiente composición al 31 de marzo de 2011:

²⁰ The challenges of further cost reductions for new supply options (pipeline, lng, gtl), año 2003. Japón

TABLA 5.50 ESTRUCTURA DE PRECIOS ENAP

	Gasolinas	Diesel
Precio ENAP puesto en Concón	57,6%	77,4%
Oleoducto Concón/Maipú	0,9%	1,1%
Impuesto Específico	30,4%	6,6%
IVA	11,1%	14,9%
Precio Venta a Mayoristas	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia en base a información ENAP

- 5.140 Si se considera un precio de gasolina de 650 \$/l y de diesel de \$500 \$/l , se obtiene un gasto por uso del oleoducto Concón/Maipú que varía entre 5,9 y 5,5 \$/l. Sin embargo estos valores no corresponden a costos de operación sino que al pago realizado por la ENAP al operador del ducto (SONACOL). Por lo que puede ser considerado sólo como referencia.
- 5.141 Por otra parte de acuerdo a información de PEMEX²¹, los gastos en operación del oleoducto corresponden a 0,004 USD/km, lo cual también puede ser considerado como referencia.
- 5.142 Dada la falta de información respecto a las componentes de costos de operación del ducto, se consideró obtener la ponderación de cada una de ellas a través de entrevistas con operadores.
- Tipos de ducto**
- 5.143 Existen diversos tipos de ductos y de esto también dependen los costos para construirlos y operarlos.
- 5.144 En los costos de construcción influyen el precio y forma del terreno por el cual va a pasar el ducto (servidumbre), diámetro, pendientes, cantidad de bombas, estaciones de disipación de energía, tipo de recubrimientos y tecnología necesaria según el tipo de carga a transportar, las presiones de funcionamiento y la distancia. Otros factores, que pueden implicar aumento en los costos de construcción son el clima, los costos de mano de obra, el grado de competitividad de las empresas contratantes, las normas de seguridad que apliquen, densidad de población y los derechos de paso.
- 5.145 Por otra parte, los costos de operación varían de acuerdo al tipo de energía que movilice la carga dentro del ducto, lo cual dependerá del tipo de carga y la cantidad y potencia de las bombas necesarias.
- 5.146 En la siguiente tabla, y considerando la información recién expuesta, se presentan las características que describen cada ducto modelado.

²¹ Pagina WEB: <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionID=137&catID=12060>

TABLA 5.51 CARACTERISTICAS DE LOS DUCTOS SELECCIONADOS

Tipo de Ducto	Diámetro (pulgadas)	Longitud	Velocidad (m/s)	Capacidad (ton/hora)	Vida Útil (años)
Concentrado	9	180	6,3	94	10-15
Granel Liquido	10	133	12,5	570	30-100
Granel Liquido	8	71,5	6,3	185	30-100

Fuente: Elaboración propia en base a información Sonacol, y mineras

Combustibles

- 5.147 En el caso de los ductos con mineral o concentrado, no se requiere mayor energía dado que la fuerza gravitacional mueve la pulpa dentro del ducto. Sin embargo, el transporte de agua en el sentido contrario, sí genera un gasto considerable en energía eléctrica.
- 5.148 De acuerdo a información proporcionada por operadores de ductos, se ha determinado que el costo de la energía necesaria para subir un metro de altura un metro cúbico de agua es aproximadamente \$0,7, considerando un precio de energía de 65\$/KW-hr²².
- 5.149 Dada la escasez de agua en la zona Norte, el agua utilizada en el ducto corresponde a agua de mar desalinizada. El costo de desalinización reportado por expertos se estima entre los 50 y 70 centavos de dólar el m3.
- 5.150 En el caso de los ductos de la zona centro el valor de la energía se asumió en 45\$/KW-hr, correspondiente a precios del Sistema Interconectado Central (SIC).

Costos de circulación

- 5.151 Como parte de este ítem se pueden considerar los seguros asociados al ducto, que en el caso de la minería, representa el 5% de los costos directos de construcción.
- 5.152 Según información de operadores de oleoductos el costo del seguro por KM es de \$2.129.032.

Mantenimiento

- 5.153 La mantención de los ductos depende del tipo de carga, ya que una carga con mayor roce produce desgaste en las tuberías reduciendo su vida útil y generando mayores mantenciones y revisiones programadas para evitar daños.
- 5.154 En el caso de los oleoductos se tiene la siguiente información.

²² Fuentes: Reporte Sector Eléctrico SIC-SING, 2010, Systeop. BOLETÍN TÉCNICO N° 38 Informe mensual de operación eléctrica SING, Mayo de 2011, Acenor.

TABLA 5.52 COSTOS REFERENCIALES DE MANTENCIÓN DE OLEODUCTOS

Ítem	Total(\$/Km de ducto)
Revisión computarizada de los ductos	215.054
Otras mantenciones	537.634
TOTAL	753.688

- 5.155 En cambio, el gasto asociado en las mantenciones en minería es más alto por el roce de la pulpa. Este mantenimiento considera revisión periódicas de ductos (cada 5 años) con tecnología robótica que consiste en enviar con el fluido sensores que dan cuenta del estado interno de los ductos. También es necesario reemplazar algunos tramos particulares que tienen mayor desgaste dado el diseño del trazado y también se realizan rotaciones en las tuberías. Según información de operadores el costo de mantención corresponde a un 1% del total de costos directos de construcción. Eso en \$/Km corresponde a **\$1.316.418 por Kilómetro de mineroducto**.

Honorarios

Tripulación

- 5.156 En los oleoductos los operadores cuentan con salas de monitoreo remotas donde pueden controlar varios ductos a la vez. En operaciones terrestres se realizan monitoreos periódicos de las servidumbres, revisiones y control de válvulas y estaciones disipadoras de energía. Según información de operadores, se estima un total de 19 personas por cada 100 kilómetros de oleoductos o gaseoducto
- 5.157 La relación entre la cantidad de operarios o técnicos con personal de jefatura oscila entre 15 y 18 operarios por 1 encargado.
- 5.158 En la siguiente tabla se presenta un valor referencial de las remuneraciones para los operarios y jefatura de un de oleoductos

TABLA 5.53 COSTOS POR HONORARIOS EN OLEODUCTOS

Personal	Remuneración (\$/mes)
Técnicos en operación	600.000
Ingeniero operación	1.800.000

- 5.159 En los mineroductos en tanto, de acuerdo a información entregada por operadores, los costos por honorarios de técnicos es de 2.500 USD, mientras que los costos de jefatura alcanzan a 7.200 USD por mes.

TABLA 5.54 COSTOS HONARIOS (\$/TON-KM)

Tipo de vehículo	Costo honorarios (\$/ton-km)
Ducto, 9 pulg	\$ 3,46
Ducto, 8 pulg	\$ 0,94
Ducto, 10 pulg	\$ 0,33

Depreciación

- 5.160 Según fuentes internacionales estiman precios referenciales en la construcción de los ductos que depende del diámetro y la extensión de los ductos²³. Se estima el valor en 33.900 USD/pulg-milla²⁴.
- 5.161 El costo considerado en la construcción de los ductos fue estimado según precios actuales declarados en nuevos proyectos con similares características e información directa de operadores.
- 5.162 Dado que las componentes de costo estimadas a lo largo del estudio, no consideran infraestructura, se estimó para efectos de depreciación, sólo aquellos ítems de construcción asociados con el equipo, dejando fuera terrenos y movimientos de tierra.
- 5.163 La vida útil considerada fue obtenida a partir de información entregada por los operadores, así como la reportada en estudios de impacto ambiental de concentraductos y oleoductos. Según esta información destaca la menor vida útil de los concentraductos (15 años) ya que el roce de la carga es mayor que en el caso de los oleoductos (40 años vida útil).
- 5.164 Así, en el caso del ducto de la zona norte, se consideró un costo anual de depreciación de \$379.128.431, correspondiente al 24% de los costos totales de construcción, mientras que para los oleoductos, se utilizó un costo anual de \$282.625.000 para el ducto de 10 pulgadas, y de \$ 130.533.333 para el ducto de 8 pulgadas. Estos últimos valores fueron obtenidos utilizando como referencia los costos incurridos en la construcción de la línea de 21 km con origen en Concón y destino Quintero perteneciente a la empresa SONACOL²⁵.

Costos de gestión y administración

- 5.165 Los costos de gestión y administración dependen del tipo de carga. En el caso de los graneles líquidos la administración es fundamental debido a que la empresa se basa en el transporte de combustibles por su red de ductos. Sin embargo, el ducto para transporte de concentrado o mineral, es parte del proceso minero influyendo en un bajo porcentaje en la gestión general de la mina.

²³ <http://www.natgas.info/html/gaspipelines.html>

²⁴ Fuente MIT, University of Kansas A GIS-Based Model for CO2 Pipeline Transport and Source- Sink Matching Optimization, año 2006

²⁵ Construcción tercer y cuarto oleoducto Quintero - Concón, Declaración de Impacto Ambiental, agosto de 2009

- 5.166 Los costos de este ítem se obtuvieron de información entregada por los operadores, estimándose en 90.000.000 \$/año para el mineroducto, 170.880.000 \$/año para el oleoducto de 8 pulgadas y 319.200.000 \$/año para el oleoducto de 10 pulgadas.

Resumen costo operación ducto

- 5.167 A continuación se presenta los costos unitarios de operación de ductos. A continuación se presenta la tabla con los resultados.

TABLA 5.55 RESUMEN DE COSTO UNITARIO DE OPERACIÓN DUCTO (\$/TON-KM)

Componente de costo	Concentraducto 9 pulg. Norte transversal	Oleoducto 8 pulg. Centro longitudinal	Oleoducto 10 pulg. Centro transversal
Combustible	2,0	0,6	0,1
Costos circulación	1,8	0,2	0,1
Mantenimiento	1,6	0,5	0,2
Personal	3,5	0,9	0,3
Depreciación	2,6	1,1	0,4
Costos de gestión y administración	0,6	1,5	0,5
Otros gastos de operación	-	-	-
Total *	12,0	4,8	1,6

Fuente: Elaboración propia

- 5.168 En base a estos resultados es posible obtener la composición de costos para cada uno de los tipos de ductos. Los resultados se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 5.56 COMPOSICIÓN COSTO UNITARIO OPERACIÓN DUCTO (%)

Componente de costo	Concentraducto 9 pulg. Norte transversal	Oleoducto 8 pulg. Centro longitudinal	Oleoducto 10 pulg. Centro transversal
Combustible	16,8%	11,6%	8,8%
Costos circulación	15,0%	4,6%	4,3%
Mantenimiento	13,3%	9,7%	9,5%
Personal	28,85	19,6%	20,5%
Depreciación	21,2%	23,6%	26,8%
Costos de gestión y administración	5,0%	30,9%	30,2%
Otros gastos de operación	-	-	-
Total *	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.*Pueden que los totales no sumen 100% debido a diferencias por aproximación a decimales

- 5.169 Para esta muestra de ductos se puede apreciar la gran diferencia en la composición de costos, principalmente en lo que respecta a gastos de administración, lo cual se explica por los mayores costos de administración que posee Sonacol debido a su gran red de ductos.

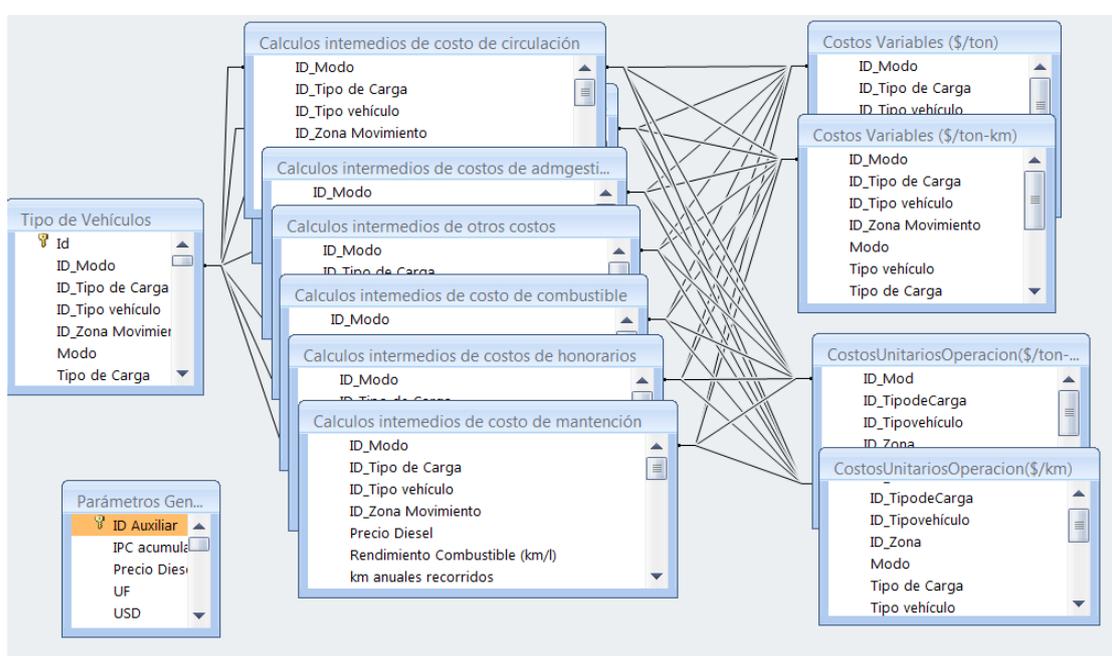
6 Sistematización de la información de costos

- 6.1 Para sistematizar la información de costos presentada en este estudio, se diseñó un base de datos en MS Access 2007, la cual cuenta con las características que se detallan a continuación.

Diseño de base de datos

- 6.2 El diseño de la base de datos se basó en las componentes consideradas en la definición de tipologías de costos, conformándose así las relaciones que se muestran en la figura siguiente.

FIGURA 6.1 DIAGRAMA DE RELACIONES



Fuente: Elaboración propia

- 6.3 Como se puede observar las entidades fundamentales corresponden a *Modo* (4 tipos), *Zona Movimiento* (9 zonas) y *Tipo de Carga* (4 tipos). Estas tres entidades definen a su vez un único *Tipo de Vehículo*, el cual tiene asociado múltiples parámetros.
- 6.4 Por otra parte la base de datos cuenta con una tabla de *Parámetros Generales* que son comunes a todas las entidades señaladas.
- 6.5 A partir de los parámetros incluidos en la tabla de *Tipo de Vehículo* y los *Parámetros Generales*, se estiman las componentes de costo de manera individual, generándose las tablas correspondientes. Finalmente se crean las tablas de *Costos Unitarios de Operación* tanto en \$/km como en \$/ton-km, así como las tablas de *Costos Fijos y Variables de Operación* en \$/año y \$/ton-km, respectivamente.

Poblamiento base de datos

- 6.6 Dadas las características particulares de cada modo, la estimación de cada componente de costo presenta una gran cantidad de parámetros, lo cuales fueron incorporados en la tabla *Tipo de Vehículos*. Originalmente se pensaba considerar parámetros que pudiesen estar asociados a las entidades originales como zona, tipo de carga o modo, sin embargo, al analizar los datos, los parámetros estaban asociados principalmente a combinaciones de estas tres entidades, la cuales quedan representadas por el tipo de vehículo.
- 6.7 Los parámetros considerados son los siguientes:

FIGURA 6.2 PARÁMETROS TIPO DE VEHÍCULO

Parámetros de la tabla TIPO DE VEHÍCULOS	Parámetros de la tabla TIPO DE VEHÍCULOS
% de agua según ton secas, en el transporte por ducto	Costo anual inspección/clasificación/certificación (USD/año), en el transporte por nave
% de recuperación del agua, en el transporte por ducto	Costo anual lubricantes (USD/año), en el transporte por nave
% relevos de personal, en el transporte por nave	Costo anual Mantenimiento (\$), en el transporte por ducto
% sobre el costo total de energía, personal y mantención, en el transporte por ferrocarril	Costo anual Mantenimiento (USD), en el transporte por nave
% sobre gasto total operación, en el transporte por ferrocarril	Costo anual P&I (USD/año), en el transporte por nave
Agua consumida (m3), en el transporte por ducto	Costo anual seguro casco y máquina (USD/año), en el transporte por nave
Cannon acceso EFE (\$), en el transporte por ferrocarril	Costo anual Seguros (\$), en el transporte por ducto
Cantidad de derechos de agua (para 1 l/s), en el transporte por ducto	Costo anual servicios mantenimiento (\$/km), en el transporte por nave
Cantidad de personal de mantenimiento, en el transporte por camión	Costo construcción (\$), en el transporte por ducto
Capacidad carga carro (ton), en el transporte por ferrocarril	Costo de la energía (\$), en el transporte por ducto
Capacidad de carga (ton), en el transporte por Camión	Costo del agua (\$), en el transporte por ducto
Consumo Combustible (l/km), en el transporte por camión y ferrocarril	costo desalinizar el agua (\$), en el transporte por ducto
Consumo de subir 1 m3 un metro de altura kWh, en el transporte por ducto	Costo lubricantes base 2009 (\$/km), en el transporte por camión
Consumo diario en puerto IFO (ton/día), en el transporte por nave	Costo mensual Honorarios administración (\$/mes), en el transporte por ducto
Consumo diario en puerto MDO (ton/día), en el transporte por nave	Costo mensual Honorarios Superintendente (USD/mes), en el transporte por nave
Consumo diario navegando IFO (ton/día), en el transporte por nave	Costo mensual Honorarios tripulación (USD/mes), en el transporte por nave
Consumo diario navegando MDO (ton/día), en el transporte por nave	Costo mensual Seguros base 2009, en el transporte por camión
Costo anual carena (USD/año), en el transporte por nave	Costo neumáticos base 2009 (\$/km), en el transporte por camión
Costo anual Depreciación, en el transporte por ducto	Costos Mantención (\$/km), en el transporte por nave

Parámetros de la tabla TIPO DE VEHÍCULOS

Días en Puerto, en el transporte por nave
Días en Puerto al año, en el transporte por nave
Días navegando, en el transporte por nave
Días navegando al año, en el transporte por nave
Edad nave (años), en el transporte por nave
Flota de camiones, en el transporte por camión
Gastos generales base 2009 (\$/mes), en el transporte por camión
km anuales recorridos, en el transporte por camión, nave y ducto
km anuales recorridos carro, en el transporte por ferrocarril
km anuales recorridos locomotora, en el transporte por ferrocarril
km viaje, en el transporte por nave
Longitud ducto
Mantenimiento por Km de ducto (\$/km)
Mantenimiento Servidumbres (\$/km), en el transporte por ducto
metros de subida - altura (m), en el transporte por ducto
Número de días trabajados, en el transporte por camión
Número de personas en adm, en el transporte por camión
Otras mantenciones (\$/km), en el transporte por ducto
Otros gastos de administración (\$), en el transporte por nave
Pago anual faro y balizas (USD/año), en el transporte por nave
Pago unitario faros y balizas (USD/TGR), en el transporte por nave
Permiso circulación anual (\$/año), en el transporte por camión
Personal jefatura, en el transporte por ducto
Personal operativo, en el transporte por ducto
Potencia locomotora (HP), en el transporte por ferrocarril
Precio compra carro (\$), en el transporte por ferrocarril
Proporción conductores adicionales, en el transporte por camión
Rendimiento Combustible (km/l), en el transporte por camión

Parámetros de la tabla TIPO DE VEHÍCULOS

Rendimiento lubricante (l/km), en el transporte por ferrocarril
Revisión técnica remolque (\$/rev), en el transporte por camión
Revisión técnica tractor (\$/rev), en el transporte por camión
Revisiones computarizadas (\$/km), en el transporte por ducto
Sueldo bruto controlador (\$/mes), en el transporte por ferrocarril
Sueldo bruto jefe patio (\$/mes), en el transporte por ferrocarril
Sueldo bruto jefe turno (\$/mes), en el transporte por ducto y ferrocarril
Sueldo bruto maquinista (\$/mes), en el transporte por ferrocarril
Sueldo bruto maquinista patio (\$/mes), en el transporte por ferrocarril
Sueldo bruto operario turno (\$/mes), en el transporte por ducto
Sueldo bruto Palanquero (\$/mes), en el transporte por ferrocarril
Sueldo bruto personal mantenimiento base 2009, en el transporte por camión
Sueldo bruto Ayudante (\$/mes), en el transporte por ferrocarril
Tamaño flota (cantidad de camiones), en el transporte por camión
Toneladas de registro de la nave (TGR), en el transporte por nave
Tonelaje liviano (ton), en el transporte por nave
ton-km anuales transportadas en EFE,
Trenes atendidos por turno de control de movilización, en el transporte por ferrocarril
Trenes atendidos por turno en patio,
Valor chatarra (USD/ton), en el transporte por nave
Valor de compra (USD), en el transporte por nave
Valor residual (% del precio de compra), en el transporte por camión
Valor residual (USD), en el transporte por nave
velocidad (m/s), en el transporte por ducto
Viáticos base 2009 (\$/día), en el transporte por camión

Parámetros de la tabla TIPO DE VEHÍCULOS

 Vida Útil (año), en el transporte por ducto y nave

 Vida Útil (años por depreciar), en el transporte por nave

 Vida útil (km) , en el transporte por camión

Parámetros de la tabla TIPO DE VEHÍCULOS

 Vida útil carro (años), en el transporte por ferrocarril

 Vida útil locomotora (años),

- 6.8 Así, el poblamiento de la base de datos se realiza en esta tabla y en la correspondiente a parámetros generales.

Programación de consultas

- 6.9 Además de las consultas base correspondientes al cálculo de las componentes de costo, y al costo total de operación, se programaron las siguientes consultas:

- Para cada tipo de producto ¿cuál es el tipo de vehículo con menor costo marginal por zona?
- ¿Para qué movimientos transversales el ferrocarril es el modo más eficiente?
- Para cada movimiento longitudinal ¿cuál es el modo más eficiente?
- ¿Cuál es el costo de la puesta en marcha (costo fijo de operación) para cada combinación producto zona?

- 6.10 Por otra parte, para una mejor interpretación de los datos numéricos, se programaron gráficos dinámicos, lo cuales permiten la utilización de filtros de los valores de las variables solicitadas. Los gráficos realizados son los siguientes:

- Filtros: zona y tipo de producto. Gráfico: costo unitario de operación por ton-km para cada modo.
- Filtros: zona y tipo de producto. Gasto en combustible por ton-km para cada modo.
- Filtro: modo y tipo de producto. Gráfico: costo unitario de operación por ton-km para cada zona.
- Filtro: modo y zona. Gráfico: costo por ton-km para cada tipo de producto.
- Filtro: zona y tipo de producto. Gráfico: costo fijo de operación anual para cada modo.
- Filtro: zona y tipo de producto. Gráfico: costo variable de operación por ton-km para cada modo.

7 Análisis crítico de la demanda por transporte

- 7.1 Para realizar el análisis de demanda de transporte se recurrió a los resultados obtenidos en el estudio “Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana” Sectra, 2010, en el que se planteó el siguiente objetivo:
- Estimar la demanda actual por transporte de carga, como también la actualización y estimación de los modelos de demanda por transporte de carga que permiten proyectar estos flujos en el mediano y largo plazo.
- 7.2 Para alcanzar ese objetivo se identificaron los siguientes requerimientos específicos:
- Estimar vectores de generación y atracción de carga (actual y futura) a nivel comunal para aquellas cargas de mayor importancia en los flujos de transporte.
 - Estimar matrices de transporte de carga (actual y futura) a nivel comunal para un conjunto de productos que permiten explicar los flujos de transporte que se desarrollan en el territorio bajo análisis.
 - El estudio de demanda por transporte de carga requirió también de la caracterización de la oferta de transporte, particularmente de la infraestructura existente para materializar los flujos sobre el territorio. Lo anterior determinó también como objetivo del estudio el realizar un catastro físico y operacional de la red relevante de transporte de carga productiva.
- 7.3 Con la información recopilada de ese estudio fue posible determinar los productos que experimentarán un mayor crecimiento y por lo tanto mayor demanda de transporte.
- 7.4 Una vez definidos estos productos, se analizan sus principales orígenes y destinos con el fin de determinar las regiones o zonas en las que podría existir mayor impacto por el aumento de movimiento de carga.

Aspectos de agregación espacial y de productos

- 7.5 El estudio “Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana” Sectra, 2010 realizó algunas definiciones propias que deben ser tenidas en cuenta en este estudio. En efecto, para lograr coherencia con la información disponible y realizar una necesaria simplificación del tratamiento de los productos de la economía chilena se definieron agregaciones denominadas “sectores” económicos, que no deben ser confundidos con los sectores económicos definidos en las Cuentas Nacionales de Chile. Los sectores definidos para el estudio en comento son: Forestal, Agropecuario, Agroindustrial, Minero, Pesca e Industria.

- 7.6 El tratamiento del espacio en el análisis y modelación de transporte de carga fue realizado en base a una zonificación ad-hoc del territorio nacional y de los puntos de salida/entrada de productos de comercio exterior. El área de estudio estaba compuesta por 325 comunas, con la mayor división administrativa en las regiones de la zona centro y sur.
- 7.7 Para representar el área de estudio se consideró como primer criterio mantener la división administrativa a nivel de comunas. Criterio que fue modificado para el caso de las comunas de la ciudad de Santiago, donde se realizó una agregación, agrupándolas en 6 zonas comunas. La otra excepción fue desagregar aquellas comunas donde se presentaba una planta o yacimiento productivo de importancia. Bajo estos criterios la zonificación interna quedó determinada por 350 zonas, entre Arica-Parinacota y la región de los Lagos.
- 7.8 En el caso de la zonificación externa se consideraron 14 zonas para representar los flujos provenientes o con destino fuera del área de estudio.

Productos con mayor crecimiento

- 7.9 Para establecer las predicciones de demanda por transporte de carga en el estudio en comento se establecieron “escenarios de proyección”. Estos escenarios se basaron en proyecciones globales de índices económicos y demográficos que dan origen a la predicción de demanda.
- 7.10 Las proyecciones globales consistieron en utilizar predicciones de dos variables: demografía, provista por el Censo 2002, elaboradas a nivel nacional, regional. Provincial y comunal, y PIB, utilizando predicciones del Banco Central (versión Junio 2010).
- 7.11 Adicionalmente a las proyecciones globales, se utilizaron también proyecciones de ingreso comunal, a partir de la encuesta CASEN 2006.
- 7.12 A continuación se resumen los resultados de las proyecciones para los productos definidos en ese estudio:

Crecimientos desagregados por tipo de producto

7.13 En la siguiente tabla es posible apreciar el crecimiento esperado por tipo de producto para el año 2020.

TABLA 7.1 PROYECCIÓN DE CARGA POR PRODUCTO

Producto	Ton 2010	Ton 2020	Crecimiento
			2010-2020
Sal	8.500.000	15.000.000	76,47%
Hierro	13.000.000	23.200.000	78,46%
Otros cultivos industriales	272.831	592.568	117,19%
Beneficio bovino	593.176	1.039.828	75,30%
Carne en vara bovina	411.928	722.103	75,30%
Carne en vara porcina	549.237	962.804	75,30%
Carne de Ave	607.212	1.064.433	75,30%
Beneficio porcino	693.731	1.216.100	75,30%
Ciruela	347.287	565.695	62,89%
Sílice	1.406.203	2.290.557	62,89%
Fertilizantes	3.437.507	5.300.000	54,18%
Tableros y chapas	1.720.865	2.567.479	49,20%
Lubricantes y otros	44.038	77.198	75,30%
Otras frutas	1.446.444	2.296.386	58,76%
Frutas y hort. de consumo interno	1.281.301	1.999.334	56,04%
Bebidas y cervezas	3.274.732	5.305.933	62,03%
Productos metálicos y metalmecánicos	1.067.410	1.689.526	58,28%
Electrodomésticos en general	1.336.232	2.115.025	58,28%
Palta	373.129	552.322	48,02%
Automóviles y maquinarias	270.281	427.808	58,28%
Asfalto, cerámicas, cemento, acero	8.298.916	12.840.761	54,73%
Durazno	568.724	796.237	40,00%

Producto	Ton 2010	Ton 2020	Crecimiento
			2010-2020
Cebada malteada	130.984	189.983	45,04%
Químicos industriales	3.240.363	4.686.749	44,64%
Frutas y hort. de exportación	2.632.621	3.637.088	38,15%
Maíz	3.064.164	4.395.685	43,45%
Productos agroindustriales	681.586	936.705	37,43%
Papeles y cartones	1.570.656	3.104.004	97,62%
Uvas	1.328.030	1.784.762	34,39%
Vinos	893.148	1.200.316	34,39%
Insumos industria del cemento	9.359.862	13.740.758	46,81%
Uvas viníferas y pisqueras	1.477.374	1.938.126	31,19%
Otras hortalizas.	1.608.312	2.085.826	29,69%
Ulexita	670.000	800.000	19,40%
Carbonato de litio	42.578	76.251	79,09%
Leña	9.040.420	11.762.915	30,11%
Astillas	2.846.910	2.999.328	5,35%
Manzana	1.830.652	2.321.433	26,81%
Acido sulfúrico	7.626.000	8.105.467	6,29%
Salmón y Truchas	687.809	791.175	15,03%
Trozos de eucalipto pulpable	6.053.796	7.128.365	17,75%
Pisco, otros licores	58.273	71.369	22,47%
Cobre blister	393.000	640.156	62,89%
Celulosa fibra larga	4.979.637	5.902.372	18,53%
Gas natural y licuado	1.616.433	1.961.240	21,33%
Cobre concentrado	8.629.550	9.852.769	14,17%
Harina de pescado	749.243	886.106	18,27%
Derivados del petróleo	11.979.608	17.146.008	43,13%
Trozos de pino pulpable	16.264.813	17.128.110	5,31%
Tomate Industrial	325.781	359.865	10,46%
Leche desde predio a planta	2.229.397	2.440.712	9,48%

Producto	Ton 2010	Ton 2020	Crecimiento
			2010-2020
Papas y otros tubérculos	1.196.602	1.298.454	8,51%
Remolacha	2.092.343	2.270.439	8,51%
Trigo	2.298.394	2.494.028	8,51%
Abarrotes en general	2.237.818	2.416.581	7,99%
Leche y sus derivados	851.916	908.636	6,66%
Otros pescados y mariscos	3.704.579	4.261.313	15,03%
Otros Graneles Metálicos	78.970	110.910	40,45%
Otros Cereales	671.891	674.877	0,44%
Madera aserrada	4.629.351	4.353.416	-5,96%
Cátodos de cobre	3.601.000	3.014.000	-16,30%
Petróleo crudo nacional	83.550	29.132	-65,13%

Fuente: Elaboración propia en base a estudio “Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana” Sectra, 2010

- 7.14 En la tabla anterior se observa que el mayor crecimiento porcentual de carga se encuentra en la Sal, Hierro y Otros cultivos industriales, no obstante, en términos de toneladas los principales aumentos se darán en Hierro, Sal, Derivados del petróleo y Asfalto, cerámicas, cemento, acero.
- 7.15 Cabe destacar, que en el caso del hierro durante el 2010 la producción total fue de 10.500.000 ton, ingresando nuevos capitales que permitirán a partir del año 2013 aumentar la producción a 18.000.000 ton al año²⁶, con la explotación de la nueva mina Cerro Negro Norte en la tercera región y el aumento en la capacidad de producción del Valle del Huasco. Para el manejo de esta carga se construyó el puerto Punta Totalillo.
- 7.1 Por otra parte, el rubro forestal representado en la tabla anterior por productos como leña, astillas, Trozas de eucalipto pulpable, Celulosa fibra larga, Trozas de pino pulpable y Madera aserrada dan cuenta de la importancia que tiene el rubro forestal en las proyecciones de carga. En el año 2010 estos productos suman 45,5 millones de toneladas y en el 2020 corresponderán a 49 millones de toneladas. Si a esto sumamos la relevancia de Chile en la exportación de celulosa a nivel mundial, los movimientos transversales del sur cobrarán aún más relevancia.

²⁶ Memoria CAP 2010.

Crecimientos desagregados por par Origen-Destino

7.2 A continuación se presentan los resultados para los crecimientos desagregados por origen y destino de carga.

TABLA 7.2 PRINCIPALES AUMENTOS EN TONELADAS DE CARGA GENERADA POR ZONA

Nombre zona	Incremento 2007- 2020 (ton)	Producto
Copiapó	9.061.202	Hierro
Iquique/ Kainita y Loberas	7.596.000	Sal
Freirina/El Algarrobo - Los Colorados	4.305.600	Hierro
Norte y Centro América	2.868.192	Import. Petróleo
Iquique	2.789.980	Sal
Asia y Oceanía	2.603.294	Import. Petróleo
San Pedro de Atacama/SQM Salar S.A.	1.453.632	Fertilizantes
Mejillones	1.369.180	Acido sulfúrico

Fuente: “Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana” Sectra, 2010

TABLA 7.3 PRINCIPALES AUMENTOS EN TONELADAS DE CARGA ATRAIDA POR ZONA

Nombre zona	Incremento 2007- 2020 (ton)	Producto
Asia y Oceanía	14.535.223	Hierro
Norte y Centro América	11.932.218	Sal
Providencia, Vitacura, Las Condes, Lo Barnechea	1.898.476	Sin información
Quilicura, Renca, Cerro Navia, Quinta Normal, Independencia, Recoleta Huechuraba, Conchalí	1.871.109	Sin información
Brasil	1.749.660	Sal y ácido sulfúrico
Cerrillos, Estación Central, Maipú, Pudahuel, Lo Espejo, Pedro Aguirre Cerda, Lo Prado	1.523.630	Sin información
San Joaquín, Macul, San Miguel, La Cisterna, La Granja, San Ramón, El Bosque, La Pintana	1.427.501	Sin información
Puente Alto	1.378.819	Sin información
Tiltil/Planta Cerro Blanco	1.324.332	Insumos (caliza)
Antofagasta	1.279.871	Cobre, caliza
Talcahuano/Cia. Siderúrgica de Huachipato	1.225.205	Hierro

Fuente: “Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana” Sectra, 2010

- 7.3 Similar al caso de generación de carga, se observa que los productos Hierro, Sal y Derivados del petróleo son los que presentan un mayor incremento en términos de tonelaje.
- 7.4 El mismo estudio también presenta una tabla con los mayores flujos de carga movilizada, los que se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 7.4 DIEZ MAYORES FLUJOS DE CARGA PROYECTADA AL AÑO 2020

Origen	Destino	Producto	Flujo 2020 (ton)
Iquique/ Kainita y Loberas	Norte y Centro América	Sal	10.130.193
Freirina/El Algarrobo - Los Colorados (Hierro)	Asia y Oceanía	Hierro	8.348.589
Copiapó	Asia y Oceanía	Hierro	7.385.249
Iquique	Norte y Centro América	Sal	2.532.548
La Serena/El Romeral - El Tofo	Asia y Oceanía	Hierro	2.047.427
Antofagasta/El Way	Antofagasta	Insumos cemento	1.908.489
Freirina/El Algarrobo - Los Colorados (Hierro)	Talcahuano/Cía. Siderúrgica de Huachipato	Hierro	1.478.350
Tilttil/Planta Cerro Blanco	Tilttil/Planta Cerro Blanco	Insumos cemento	1.401.589
Copiapó	Talcahuano/Cía. Siderúrgica de Huachipato	Hierro	1.283.185
Vallenar/La Japonesa (Hierro)	Asia y Oceanía	Hierro	1.227.734

Fuente: "Análisis y Estimación de la Demanda de Carga Interurbana" Sectra, 2010

- 7.5 Se observa en la tabla anterior que los diez mayores movimientos esperados al año 2020 corresponderán al sector minero, con una diversidad de modos de transporte entre los yacimientos y los puertos de embarque (camión, tren, ducto).
- 7.6 Finalmente, el estudio presenta una tabla con los principales pares OD a nivel nacional, la cual permite darse cuenta que la mayoría de los movimientos de origen a destino esperados (en toneladas transportadas) son bajas en relación al total transportado (porcentajes de un dígito), salvo algunas pocas excepciones que corresponden al movimiento interno en Antofagasta, algunos otros destinos mineros y los movimientos marítimos desde la segunda región hacia el puerto de Talcahuano y Siderúrgica Huachipato.

Conclusión

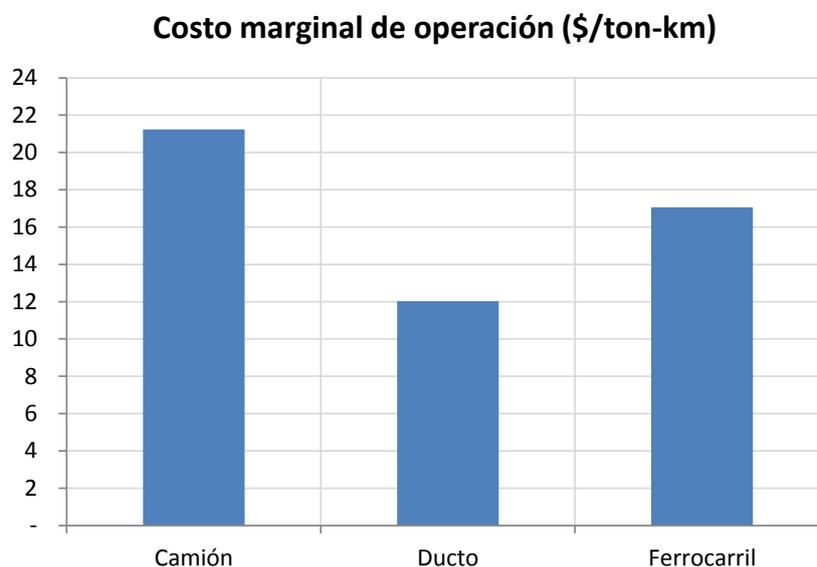
- 7.7 De acuerdo a los resultados recién presentados, se puede concluir que las zonas que podrían requerir proyectos de conectividad debido al mayor aumento de toneladas movilizadas corresponden a la zona norte, donde además existen variadas opciones modales. Se destaca también que destinos extranjeros se encuentran dentro de los principales destinos de carga nacional, lo cual indica la necesidad de analizar la capacidad de la oferta portuaria disponible para el horizonte de proyección, así como optimizar los flujos transversales.

8 Proposición y análisis de proyectos específicos

Análisis competitividad

- 8.1 De acuerdo a los resultados de demanda proyectada presentada en la sección anterior, así como los comentarios recibidos de los actores del movimiento de carga en el país, se escogieron los siguientes flujos transversales como prioritarios:
- Norte: carga granel sólido
 - Centro: carga general seca y refrigerada, y carga granel
 - Sur: carga granel sólido
- 8.2 En el caso de los movimientos longitudinales, se distinguen los siguientes:
- Centro-Sur: carga general refrigerada
 - Norte -sur: granel sólido
 - Centro- norte: granel líquido
- 8.3 A continuación se presenta el análisis de competitividad entre modos para estos movimientos y tipos de productos, considerando los siguientes enfoques:
- Costos marginales de operación
 - Costos fijos y variables de operación
- 8.4 El primero de ellos permite conocer los modos más eficientes para transportar una ton-km adicional, mientras que el segundo permite determinar los modos con menor costo de operación para distintos volúmenes de carga.
- 8.5 Los resultados presentados corresponden a las estimaciones realizadas para cada vehículo tipo operando a plena capacidad. Este último supuesto fue realizado sólo como herramienta de comparación, ya que las tasas de ocupación de cada modo varían de acuerdo a la operación que realicen. Así para análisis de casos particulares de operación, se recomienda corregir las tasas de ocupación de acuerdo a la capacidad esperada de utilización tanto en los trayectos de ida como de regreso²⁷.
- 8.6 Otro factor a considerar en análisis posteriores que se realicen a partir de esta información, es la inclusión de costos de infraestructura y su mantenimiento, ya que los resultados presentados no consideran esta componente.
- Costos marginales de operación***
- 8.7 A continuación se presentan los resultados para los modos analizados en cada uno de los movimientos señalados.

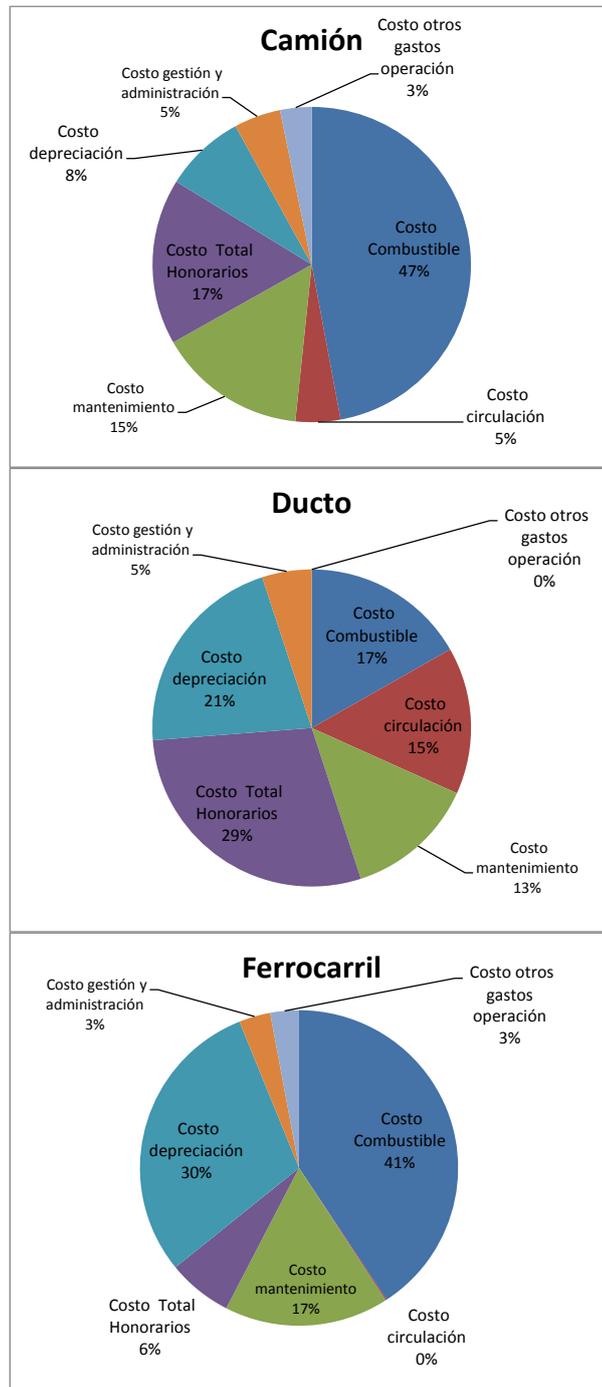
²⁷ Muchas veces el retorno es sin carga, por lo que el costo de transporte debe considerar el viaje de regreso vacío.

*Norte transversal***FIGURA 8.1 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE TRANSVERSAL**

Fuente: Elaboración propia.

- 8.8 En esta imagen se puede observar la superioridad del ducto sobre el ferrocarril y el camión en cuanto al costo de transportar una tonelada adicional de carga. El costo del ducto es de 12,0 \$/ton-km, mientras que el ferrocarril alcanza los 17,06 \$/ton-km y el camión supera los 20 \$/ton-km.
- 8.9 Respecto a la estructura de costo de cada modo, se aprecia que a diferencia del ferrocarril y el camión, la componente mayor relevancia en el caso del ducto, no es combustible sino que corresponde a honorarios.

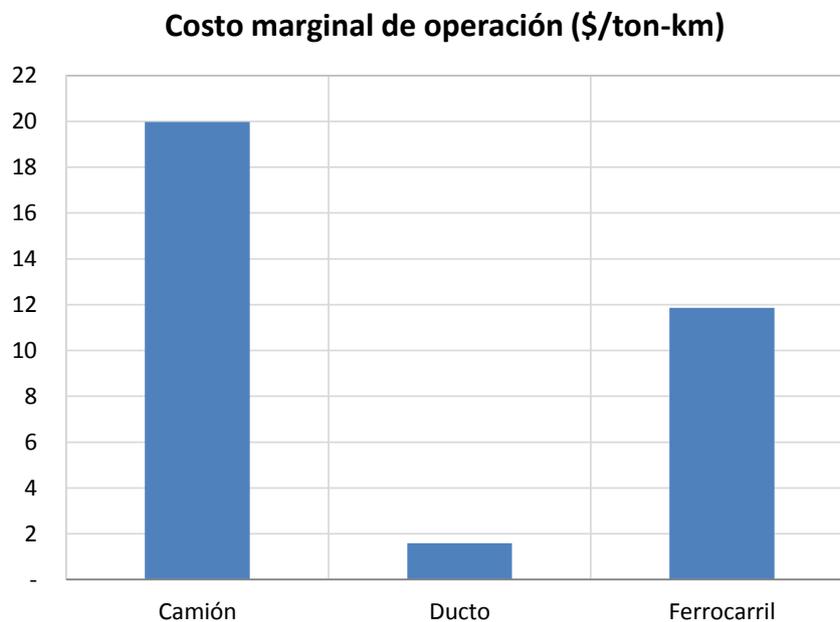
FIGURA 8.2 ESTRUCTURA DE COSTOS MARGINAL OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

*Centro transversal**Granel líquido*

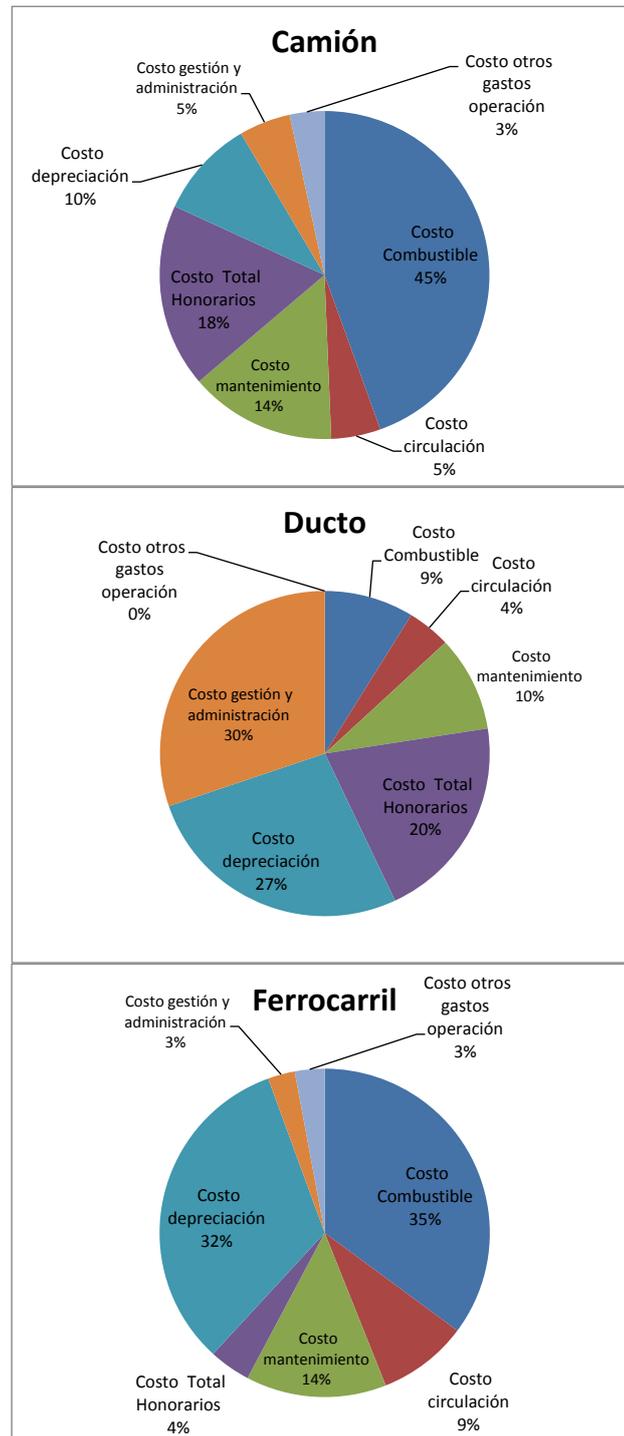
FIGURA 8.3 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL LÍQUIDO CENTRO TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

- 8.10 Para este movimiento podemos distinguir un costo marginal de operación considerablemente menor para el ducto, siendo el costo del camión casi el doble del costo del ferrocarril y siete veces el costo del ducto
- 8.11 En cuanto a la estructura de costo, se observa que la componente honorarios y combustible son las que presentan un mayor impacto en la estructura de costo del camión, mientras que en el ferrocarril, corresponde a la depreciación y combustible.

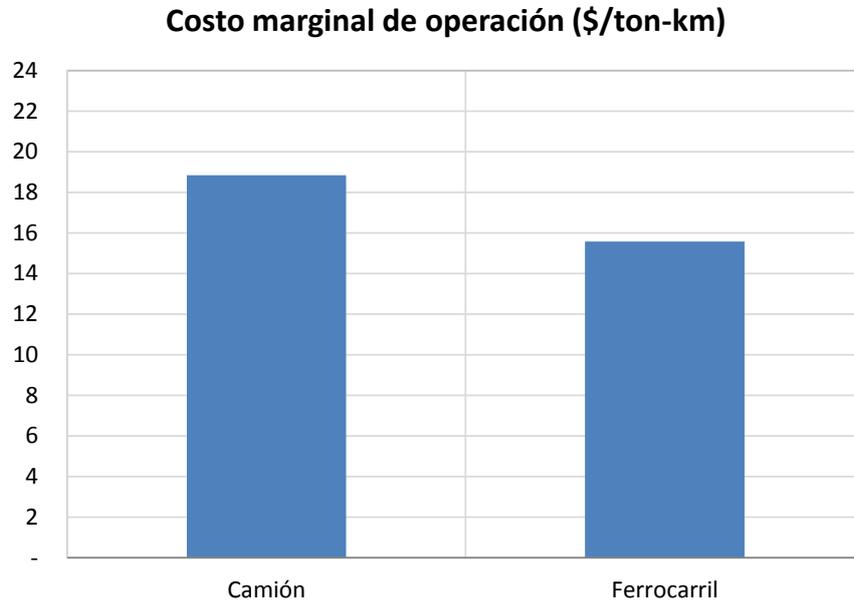
FIGURA 8.4 ESTRUCTURA DE COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL LÍQUIDO CENTRO TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

Carga general seca

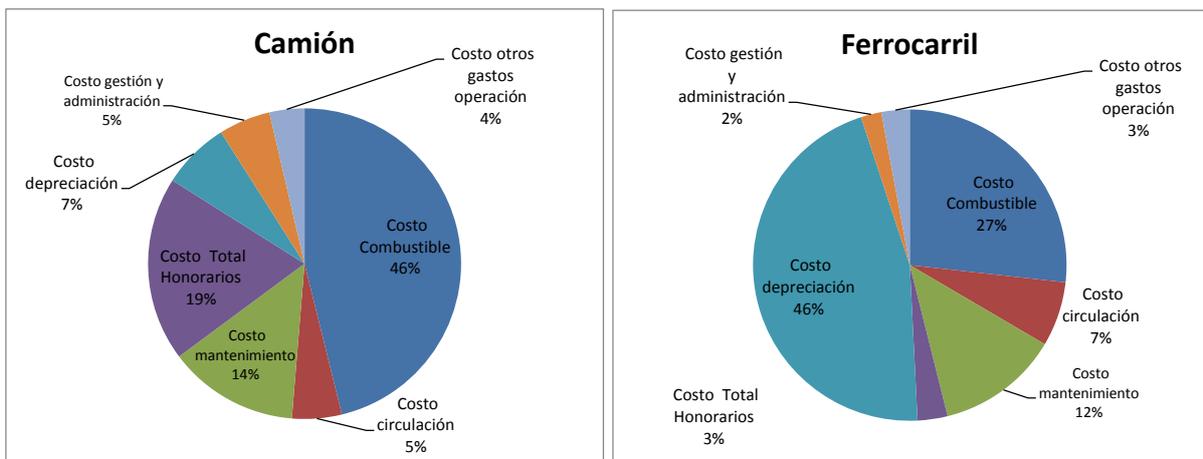
FIGURA 8.5 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL SECA CENTRO TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

- 8.12 Para este movimiento asociado principalmente al transporte de contenedores se observa que el ferrocarril presenta un costo marginal de operación un 20% inferior al camión.
- 8.13 En la siguiente figura se destaca la importancia de la componente depreciación en la estructura de costo del ferrocarril, mientras que en el caso del camión, el mayor porcentaje de costo corresponde a combustible.

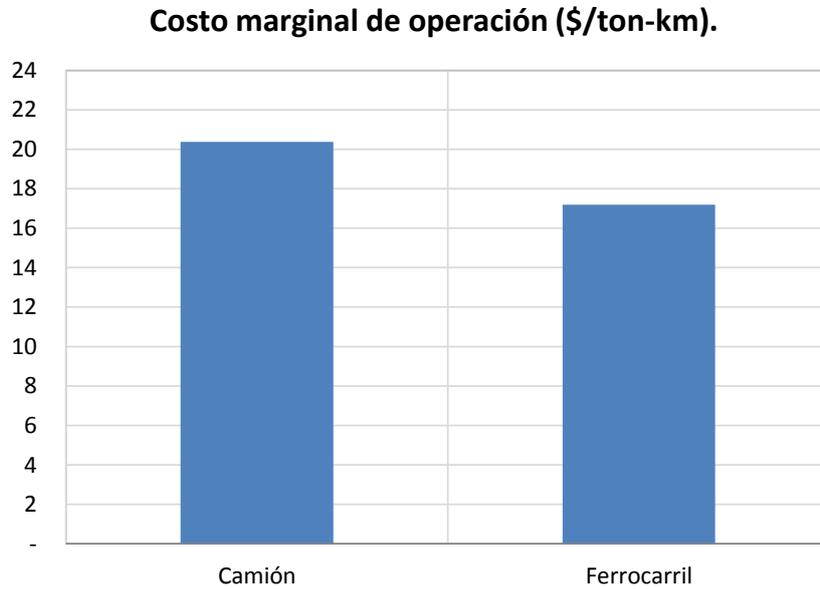
FIGURA 8.6 ESTRUCTURA DE COSTOS MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL SECA CENTRO TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

Carga general refrigerada

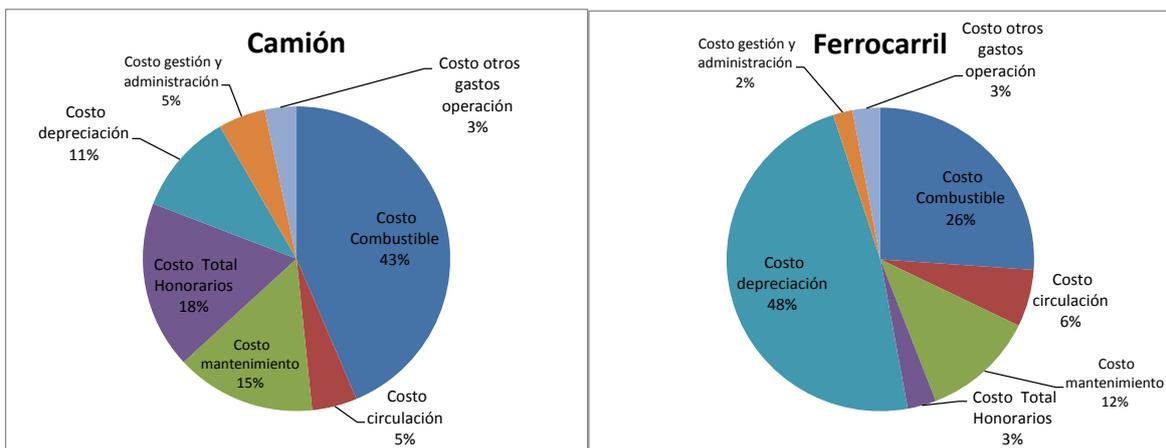
FIGURA 8.7 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL REFRIGERADA CENTRO TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

8.14 En este caso la proporción se mantiene similar a la presentada con el transporte de carga seca, sin embargo tanto los costos del ferrocarril como los del camión presentan un valor superior al registrado con carga seca.

FIGURA 8.8 ESTRUCTURA DE COSTOS MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL REFRIGERADA CENTRO TRANSVERSAL

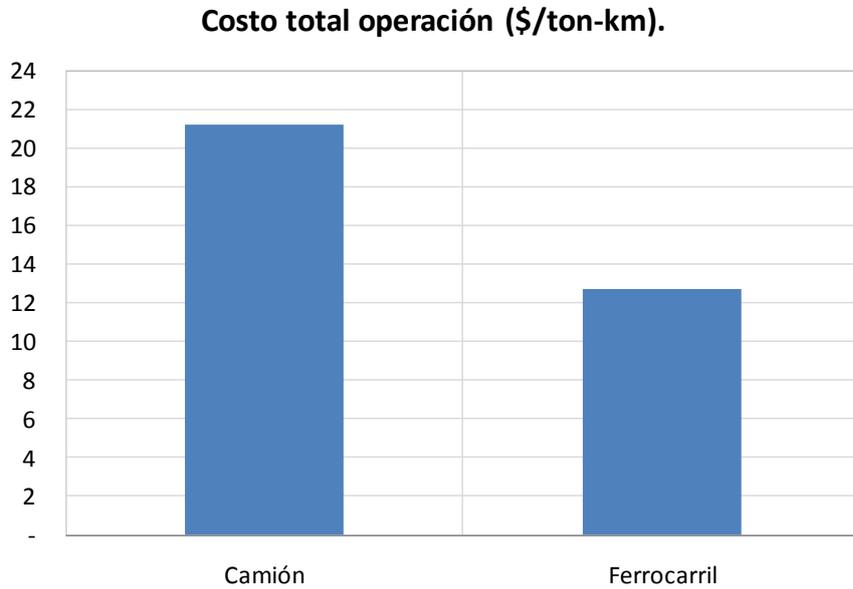


Fuente: Elaboración propia.

Sur transversal

Granel sólido

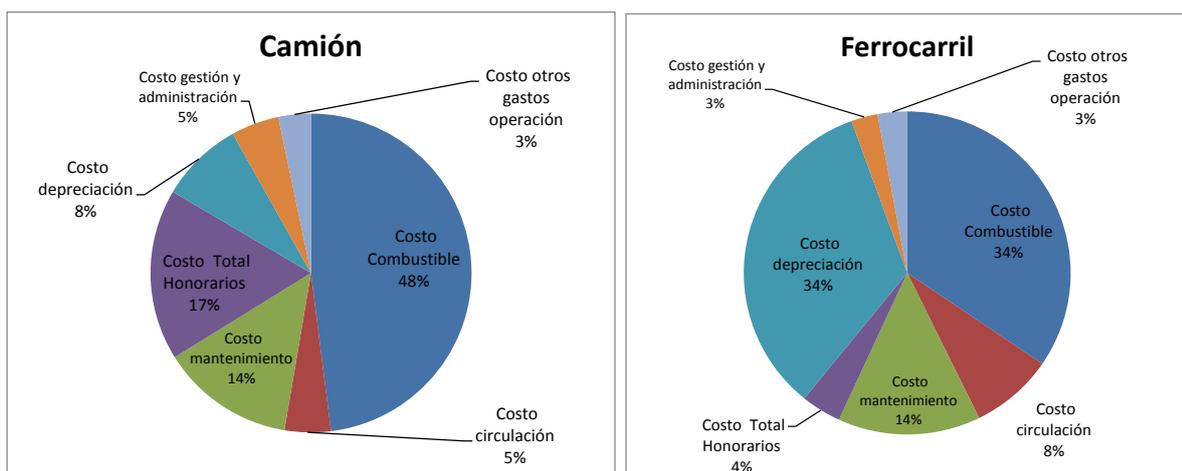
FIGURA 8.9 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO SUR TRANSVERSAL



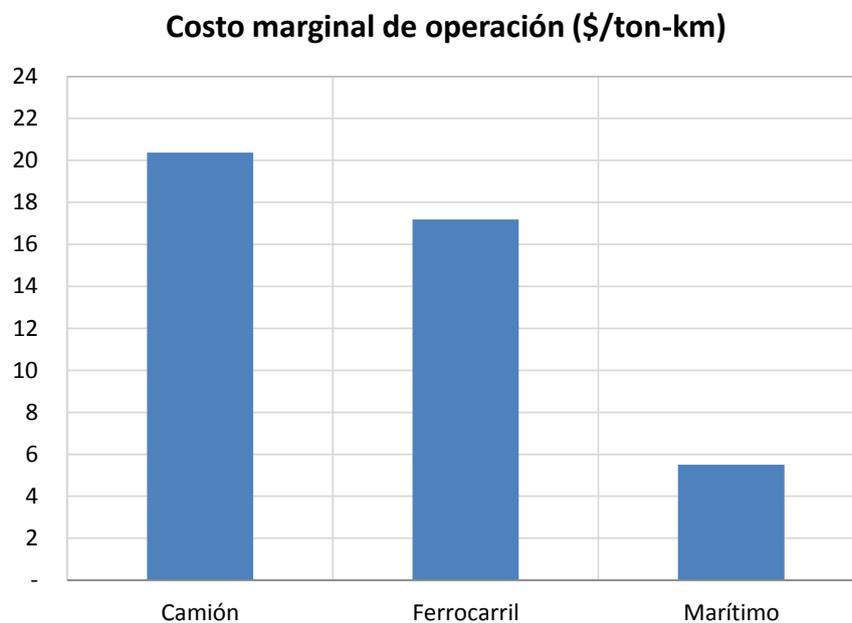
Fuente: Elaboración propia.

8.15 La figura anterior es posible observar que para este tipo de carga, el ferrocarril es aún más eficiente que el caso anterior, siendo un 40% más económico que el camión. Las principales componentes de la estructura de costo se mantienen similares a los casos ya presentados.

FIGURA 8.10 ESTRUCTURA DE COSTOS MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO SUR TRANSVERSAL



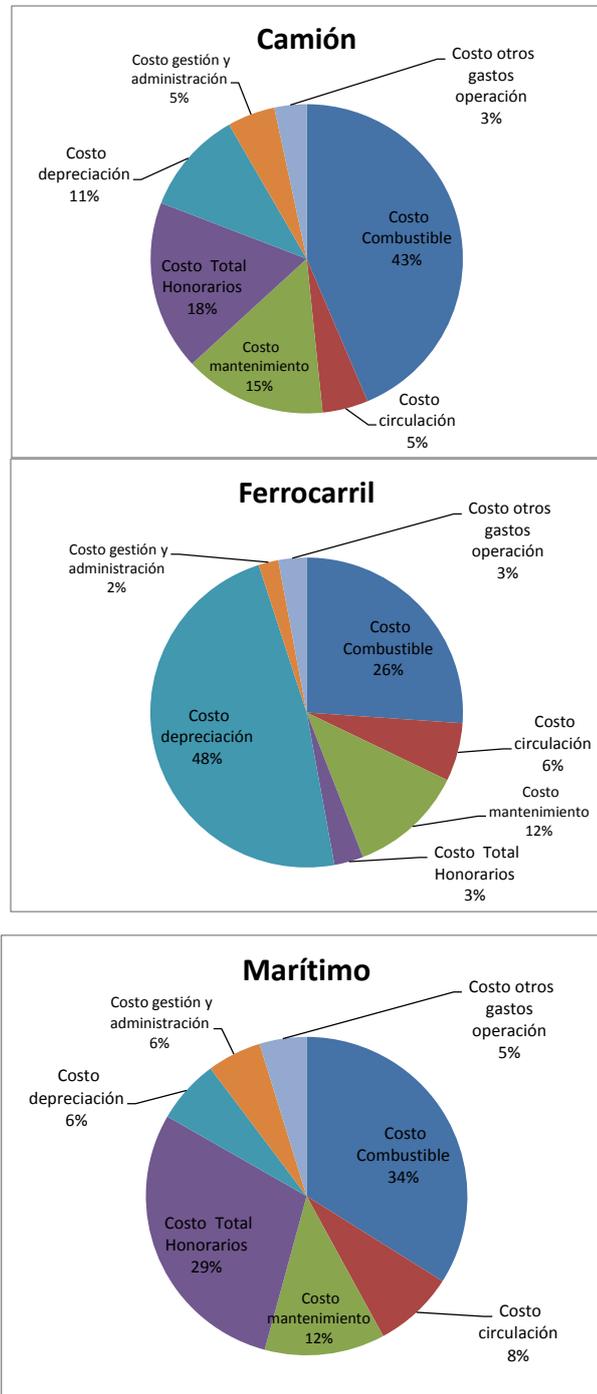
Fuente: Elaboración propia.

Centro-Sur*Carga general refrigerada***FIGURA 8.11 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL REFRIGERADA CENTRO SUR**

Fuente: Elaboración propia.

- 8.16 Este movimiento, que representa a cargas refrigeradas provenientes del sur, como los salmones, se caracteriza por tener 3 modos disponibles siendo el modo marítimo el más eficiente en cuanto a costos unitarios de operación con sólo 5,5\$/ton-km.

FIGURA 8.12 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL REFRIGERADA CENTRO SUR

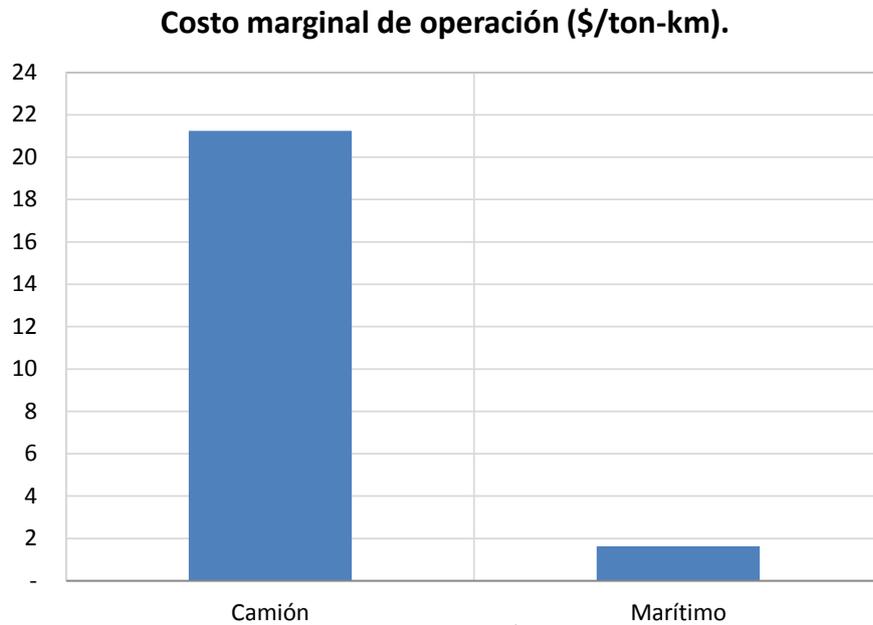


Fuente: Elaboración propia.

Norte- Sur

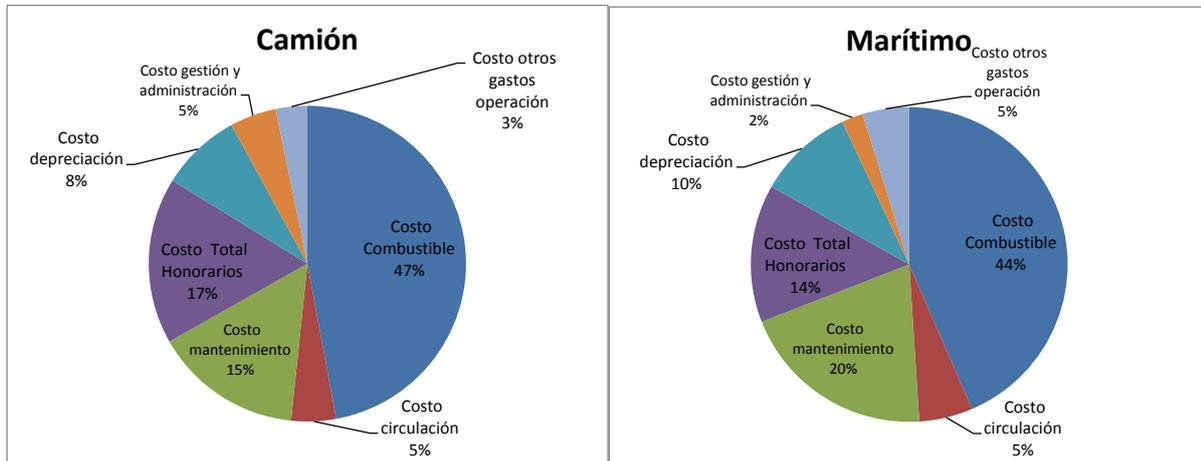
Granel sólido

FIGURA 8.13 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE SUR



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8.14 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE SUR



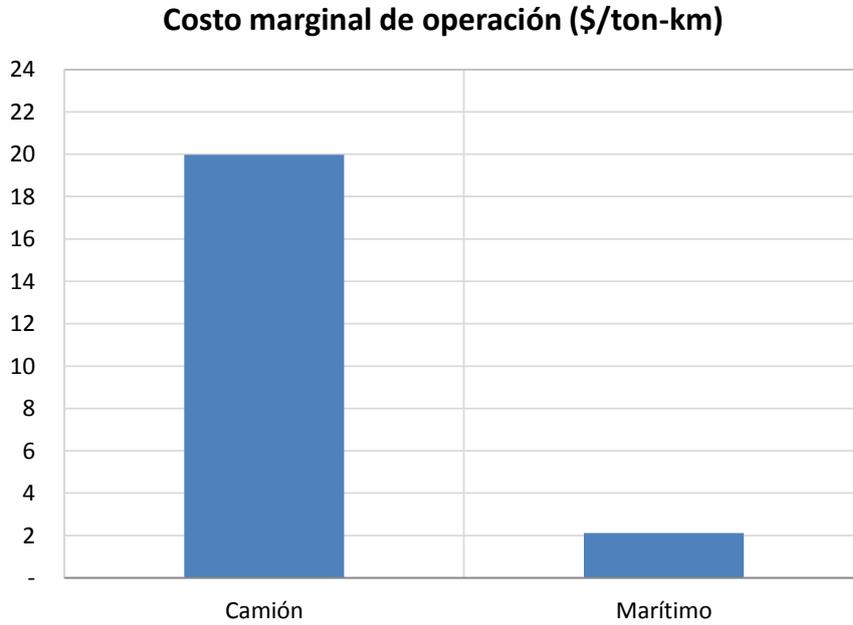
Fuente: Elaboración propia.

8.17 Para este movimiento queda de manifiesto la supremacía del cabotaje sobre el camión, el cual posee un costo de operación 13 veces superior al modo marítimo. Esta diferencia puede explicarse por la gran capacidad de transporte de estas naves (25.000 ton) y a la distancia que implica este movimiento.

Centro-Norte

Granel líquido

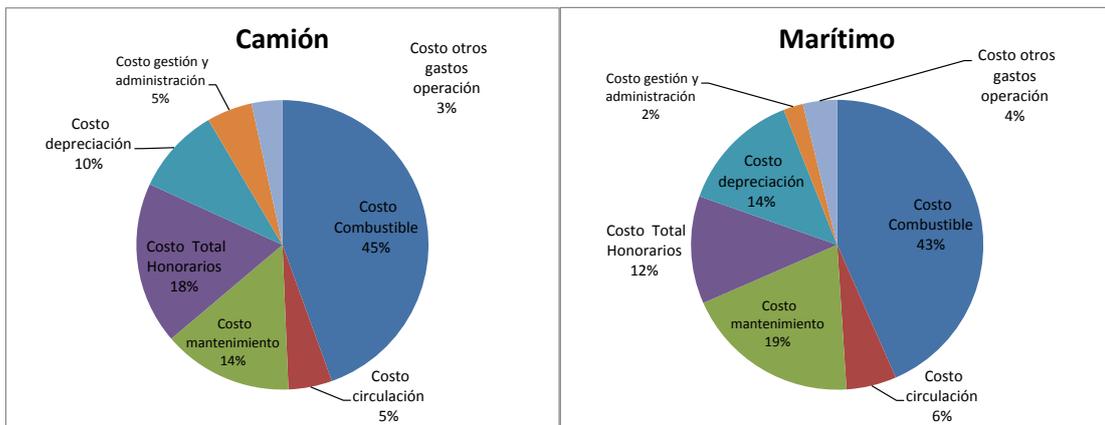
FIGURA 8.15 COSTO MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL LÍQUIDO CENTRO NORTE



Fuente: Elaboración propia.

8.18 En este movimiento, que es usual tanto para el transporte de combustible, como para el de ácido sulfúrico, el modo marítimo se observa como la alternativa con menor costo marginal de operación, alcanzando 1,6\$/ton-km. Se destaca dentro de su estructura de costo, la importancia de los gastos de mantenimiento, los cuales son similares a los de combustible.

FIGURA 8.16 ESTRUCTURA DE COSTOS MARGINAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL LÍQUIDO CENTRO NORTE

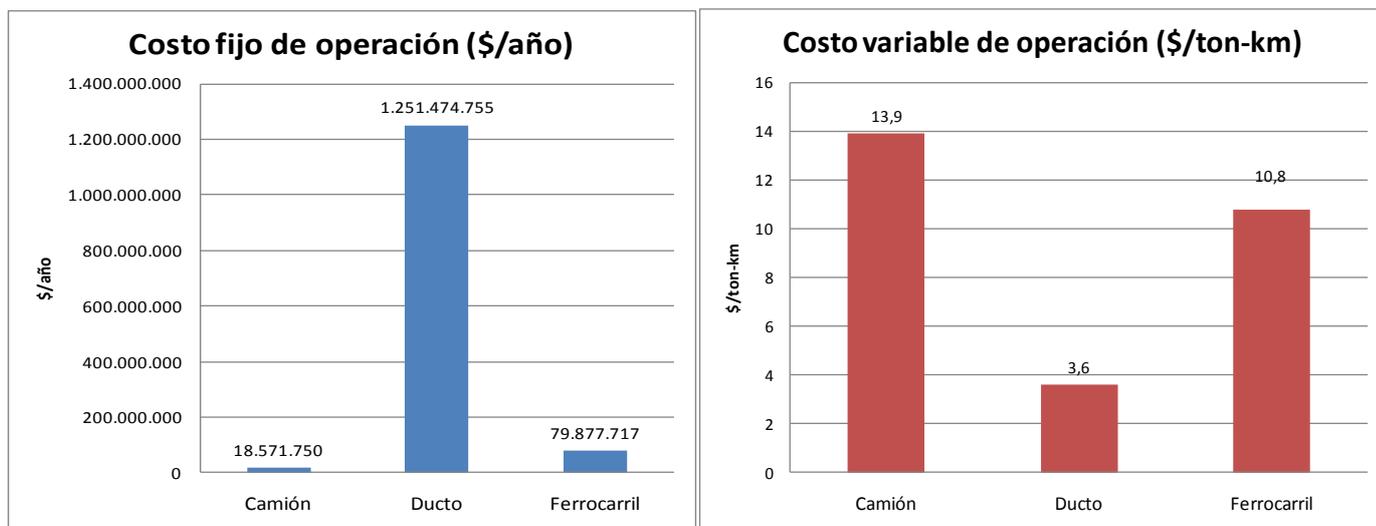


Fuente: Elaboración propia.

Costos fijos y variables de operación

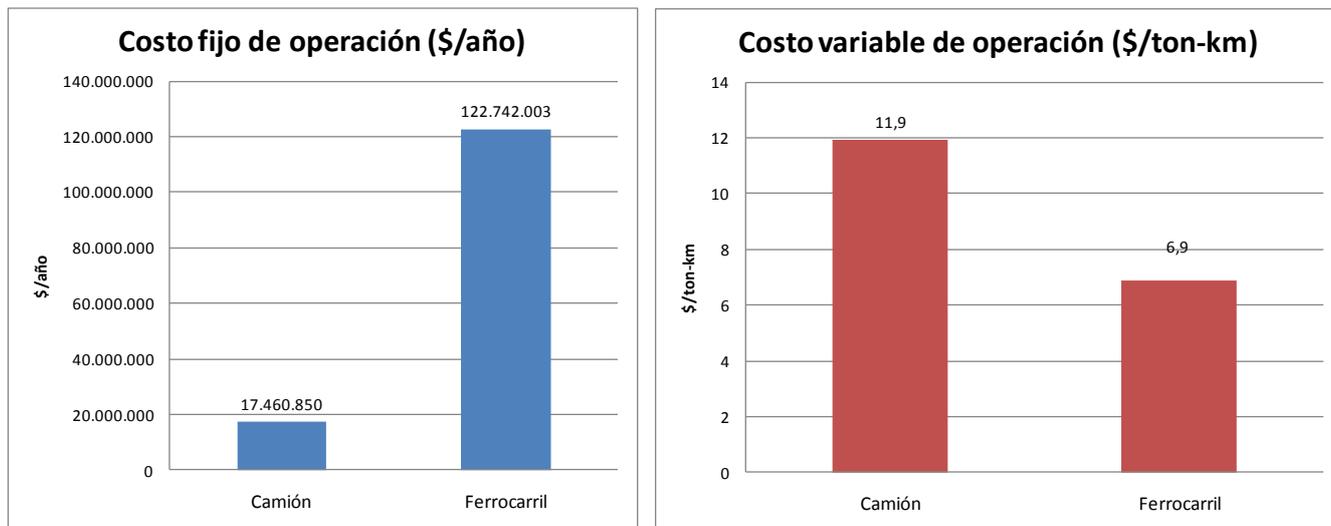
- 8.19 Tal como se ha señalado, los costos marginales de transportar una ton-km adicional, incluyen tanto los costos fijos como variables de operación. Sin embargo para determinar cuál es el volumen de carga que requieren los distintos modos para ser competitivos, se realizó una desagregación en costos fijos y variables de operación.
- 8.20 Los ítems de costo considerados fijos, es decir que no dependen de la utilización del vehículo, son:
- Costos circulación
 - Honorarios
 - Depreciación
 - Gastos de administración
 - Gastos mantenimientos fijos
- 8.21 El resto de los ítems como combustible, mantenimiento variable y otros costos de operación, se consideraron dependientes de uso del vehículo.
- 8.22 A continuación se muestran algunos ejemplos, en donde puede apreciarse el peso de la componente fija en los modos más competitivos a nivel de costos variables.

FIGURA 8.17 COSTOS FIJOS Y VARIABLES DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO NORTE TRANSVERSAL



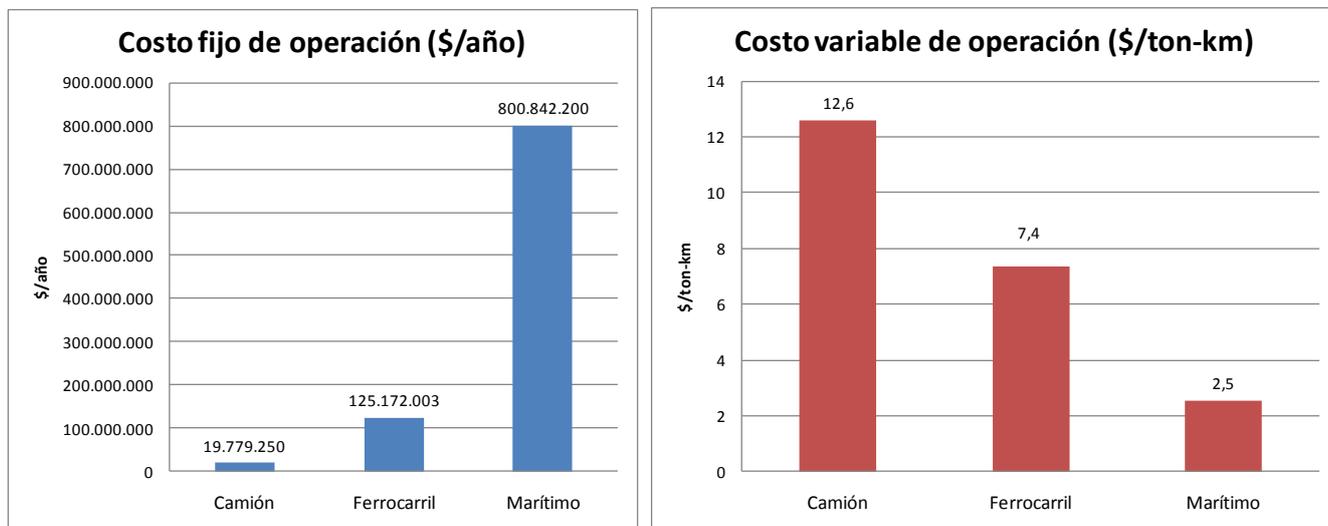
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8.18 COSTOS FIJOS Y VARIABLES DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL SECA CENTRO TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8.19 COSTOS FIJOS Y VARIABLES DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL REFRIGERADA CENTRO SUR

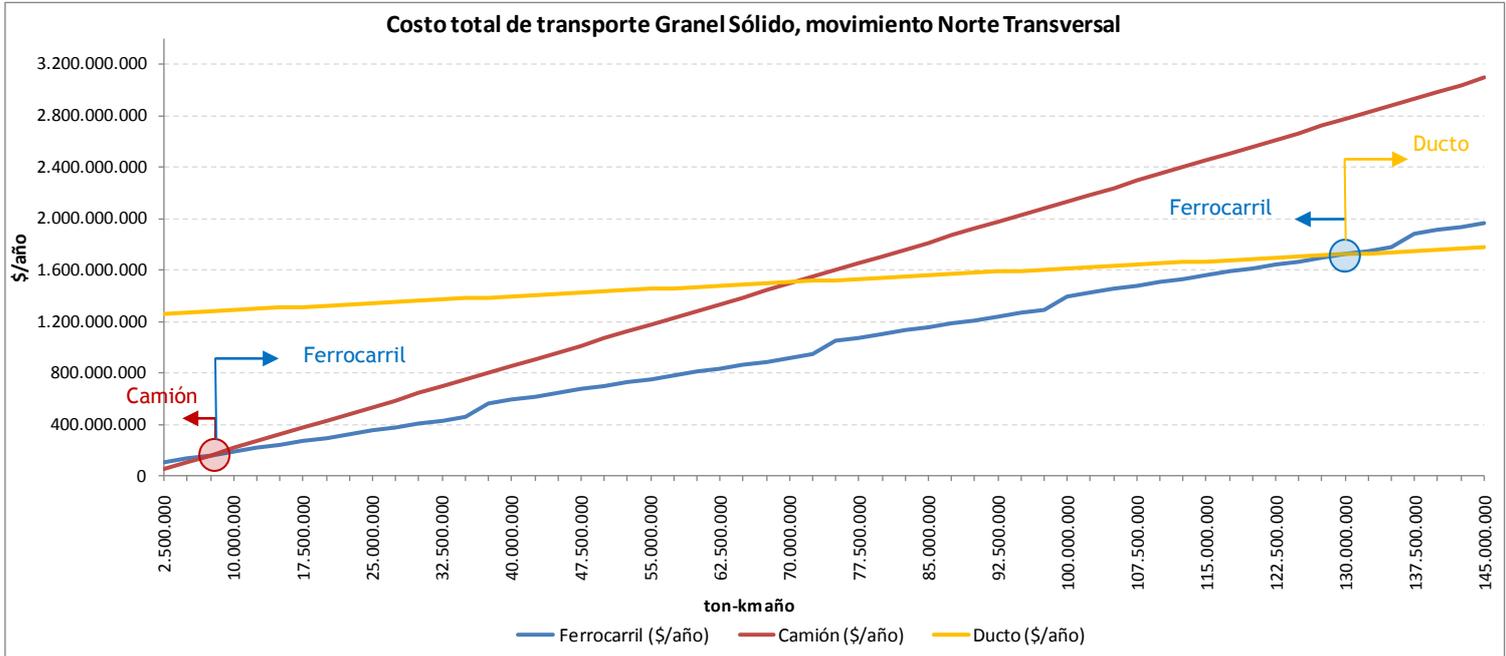


Fuente: Elaboración propia.

8.23 A partir de los datos anteriores se diseñaron los siguientes gráficos, en los que es posible determinar qué modo es más conveniente de utilizar de acuerdo a las ton-km a transportar durante un año. Así, la intersección en el eje Y corresponde a los costos fijos mencionados, mientras que la pendiente de la recta a los costos variables de cada modo.

8.24 Para la estimación de los costos totales se consideraron las capacidades anuales de cada modo, así a medida que aumentaba la cantidad de ton-km, se iban incorporando los vehículos requeridos por modo para cumplir con dicha transferencia de carga.

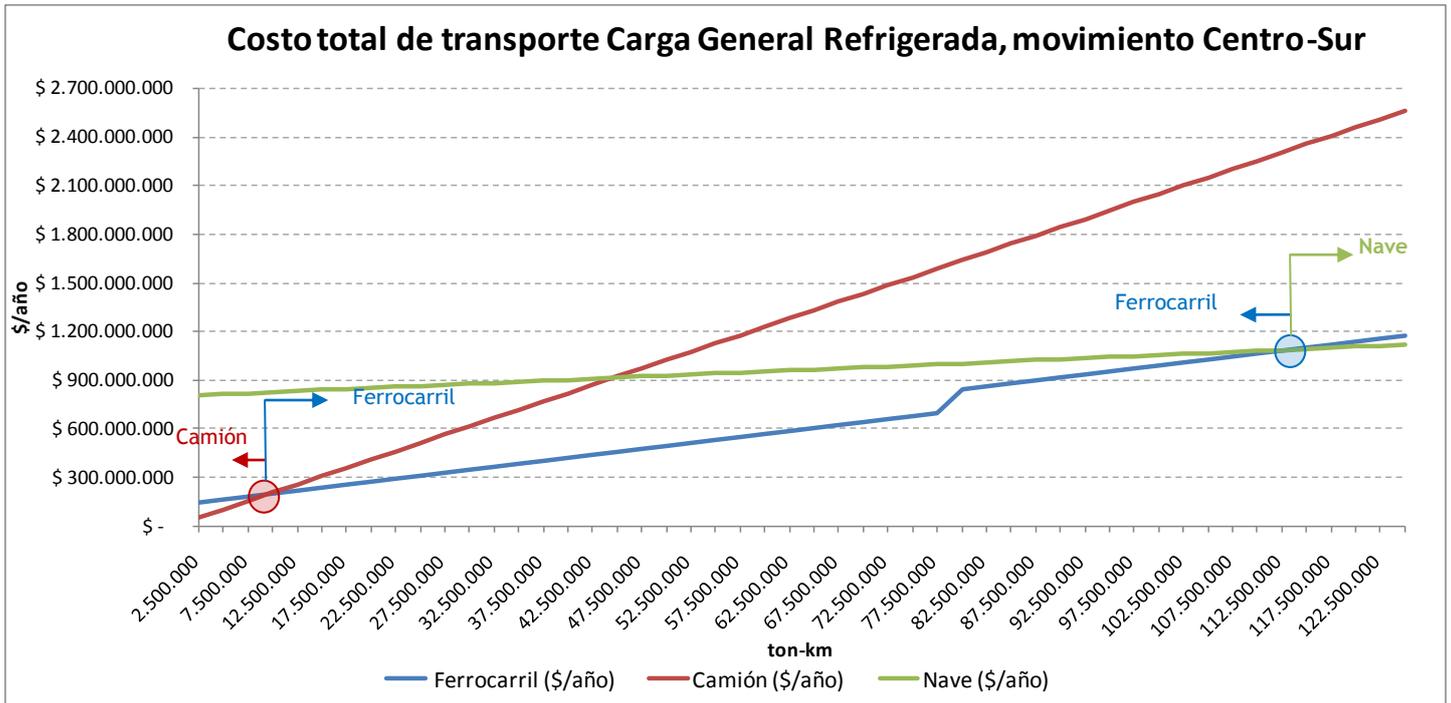
FIGURA 8.20 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL SÓLIDO, NORTE TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

8.25 En el gráfico anterior se observa los bajos costos fijos del camión y el ferrocarril respecto al ducto. La mayor pendiente de la recta del camión da cuenta de sus mayores costos variables, lo cual lo hace un modo conveniente para bajos volúmenes de carga (hasta 7.500.000 ton-km al año). Pasada dicha cantidad, el ferrocarril se muestra como el modo más económico hasta las 130.000.000 de ton-km, en donde el ducto pasa a ser la mejor alternativa.

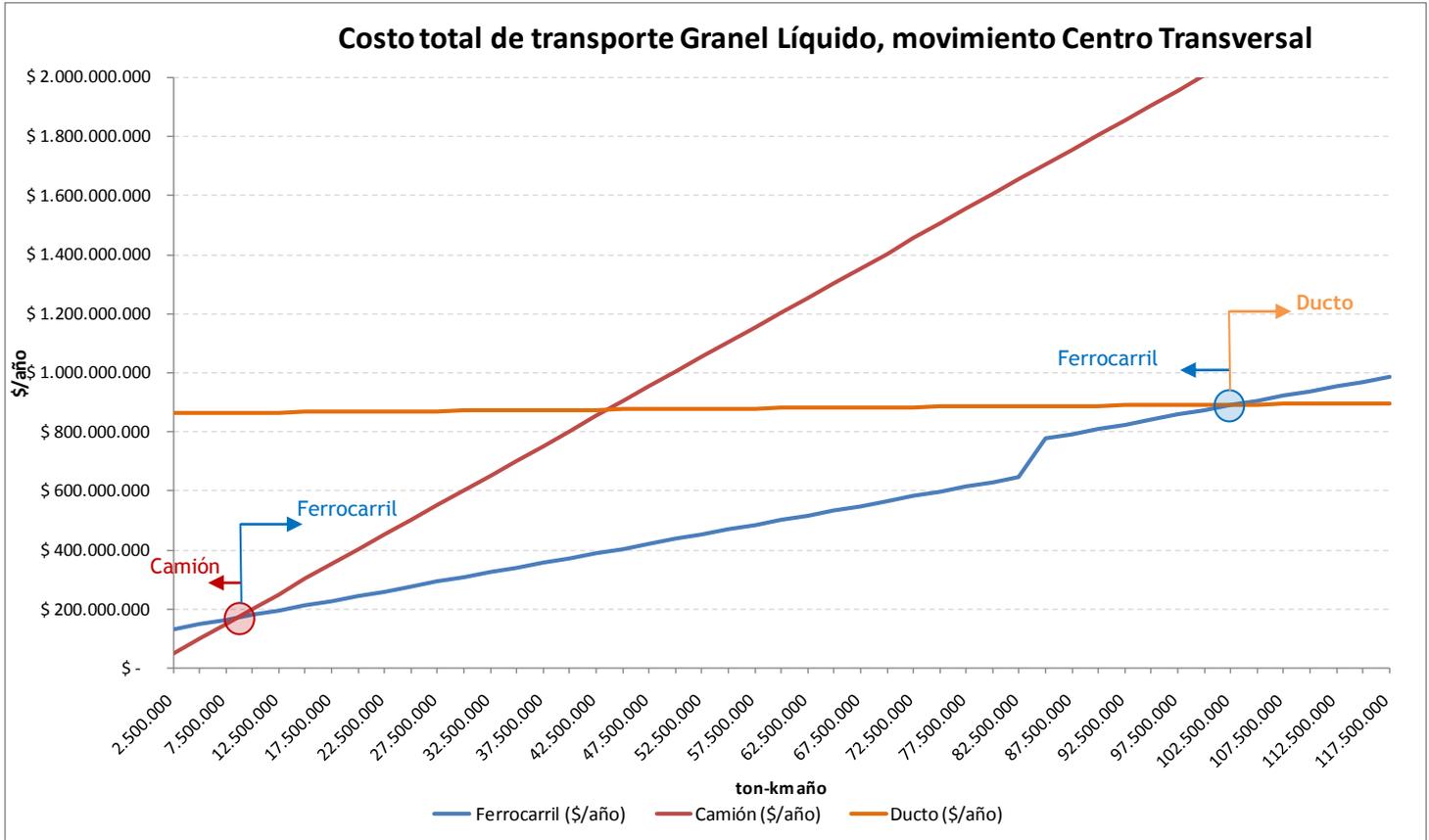
FIGURA 8.21 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL REFRIGERADA, CENTRO-SUR



Fuente: Elaboración propia.

8.26 Para este tipo de carga y movimiento, el camión se muestra como el modo más conveniente hasta las 7.500.000 de ton-km, siendo luego el ferrocarril el modo más económico. Pasadas las 115.000.000 ton-km, el modo marítimo se muestra como la alternativa dominante.

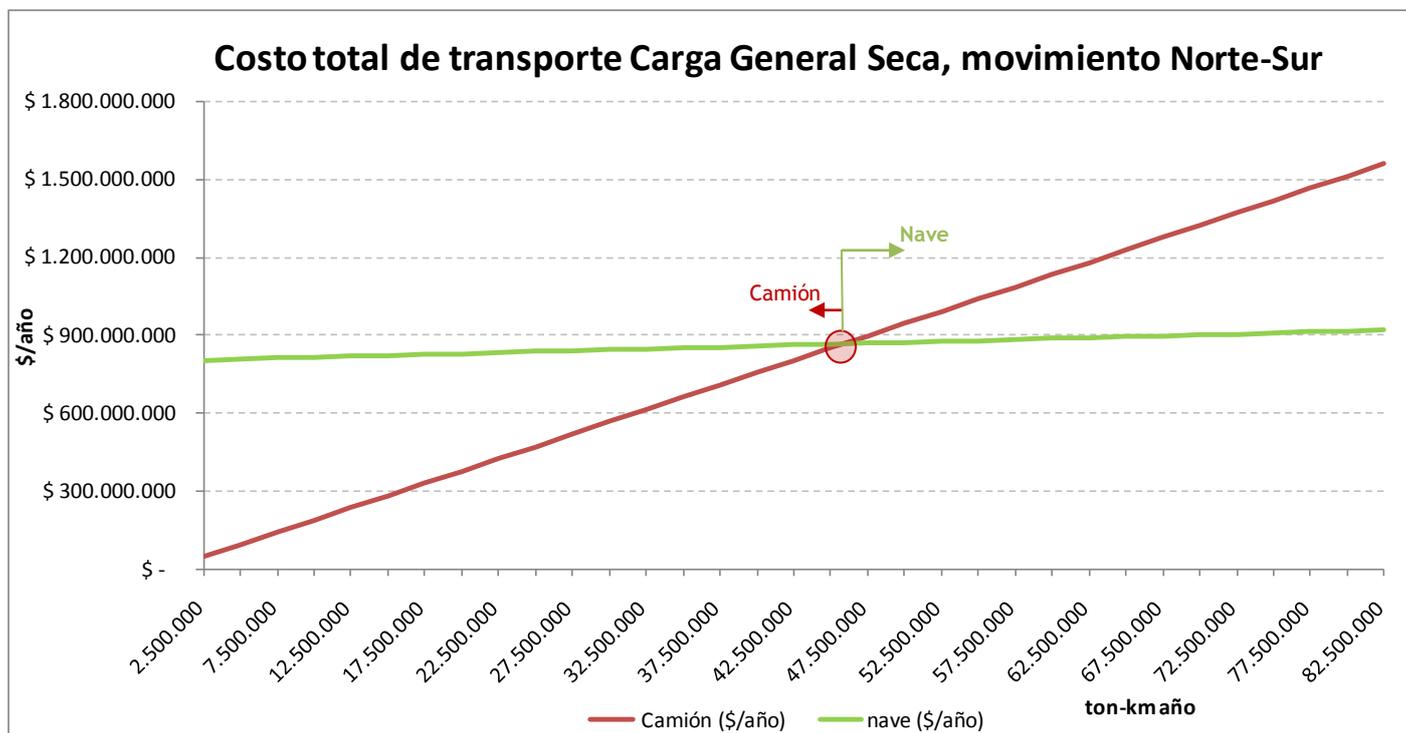
FIGURA 8.22 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE GRANEL LÍQUIDO, CENTRO TRANSVERSAL



Fuente: Elaboración propia.

8.27 En el caso del transporte de granel líquido en la zona centro transversal, nuevamente el camión es la alternativa dominante para cantidades menores a las 7.500.000 ton-km. Entre esta cantidad y las 105.000.000 ton-km anuales el ferrocarril es el modo más económico, siendo luego el ducto la alternativa más conveniente.

FIGURA 8.23 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN DE TRANSPORTE DE CARGA GENERAL SECA, NORTE SUR.



Fuente: Elaboración propia.

- 8.28 En este último ejemplo presentado, se observa que sobre las 45.000.000 ton-km al año, el modo naviero es más conveniente que el camión. Sin embargo, esta cantidad podría aumentar si se incorporan los costos de infraestructura y de acercamiento a los puertos de origen y destino.

Conclusión análisis de costos

- 8.29 De los resultados presentados se observa una clara tendencia en cuanto a eficiencia en los costos marginales de operación, mostrándose el ducto como el más conveniente, seguido del modo marítimo, ferroviario y por el último el transporte en camión.
- 8.30 No hay que olvidar que este análisis no incluye costos de infraestructura que podrían hacer variar este orden, sin embargo es una herramienta importante de comparación entre modos, ya que aísla los costos de operación de las desigualdades que se provocan en el pago de infraestructura.
- 8.31 Del análisis de costos fijos y variables, se concluye que el camión es el modo más conveniente para cantidades inferiores a las 7.500.000 ton-km anuales, seguido luego del ferrocarril. Por otra parte, tanto el ducto como el modo naviero, son alternativas atractivas para cantidades superiores a las 100.000.000 ton-km anuales, dados sus altos costos fijos de operación.

- 8.32 De acuerdo a estos resultados, el transporte intermodal se presentan como una alternativa de desarrollo que permitiría hacer uso de los modos en sus zonas de mayor eficiencia. Así el camión podría alimentar con trayectos cortos tanto al ferrocarril como al modo naviero, para que éstos cuenten con el volumen de carga necesario que permita justificar su operación.

Costos de infraestructura

- 8.33 Tal como hemos señalado a lo largo del estudio, los costos presentados corresponden a los costos de operación desde el punto de vista del operador de transporte, sin considerar los costos de infraestructura asociados a cada modo.
- 8.34 Sin embargo para realizar análisis a nivel de proyectos, es necesario considerar los costos asociados al uso de infraestructura. Así para cada uno de los modos se estimaron costos de infraestructura promedio, de tal manera que éstos pudiesen ser utilizados en análisis posteriores.

Modo naviero

- 8.35 Tal como se indicó más arriba, las cifras se desagregaron de manera tal que permitiesen hacerlas comparables con conceptos homólogos en los otros medios de transporte que contempla este estudio, sin embargo para dar un orden de magnitud en los términos usualmente utilizados en la evaluación de los negocios en el transporte marítimo, se presenta a continuación un cuadro resumen con los gastos de puerto comúnmente usados.

TABLA 8.1 GASTOS DE PUERTO POR RECALADA DE NAVE TÍPICA

Puertos de recalada	Gastos de puerto por recalada (USD)				
	Nave carga general Centro-Norte	Nave carga general mov Centro-Sur	Nave carga general mov Sur-Norte	Nave carga granel (sal) Norte-Centro	Nave carga granel líquido (SUA) Centro-Norte
Patillos				39.279	
Patache					19.085
Mejillones					29.407
Antofagasta	20.258				
San Antonio		20.505			25.535
Lirquén		21.278			
San Vicente				52.235	
Puerto Montt			25.155		

- 8.36 Tal como se señaló en secciones anteriores, los ítems del gasto portuario que tenían relación con la operación de la nave, y no con el uso directo de la infraestructura fueron incorporados como otros gastos de operación en la estructura de costo analizada. Así, los gastos de puerto que no han sido considerados por estar relacionados directamente con infraestructura son los siguientes.

TABLA 8.2 GASTOS DE PUERTO ASOCIADOS AL USO DE INFRAESTRUCTURA POR RECALADA DE NAVE TÍPICA

Puertos de recalada	Gastos de puerto por recalada				
	En USD				
	Nave carga general Centro-Norte	Nave carga general mov Centro-Sur	Nave carga general mov Sur-Norte	Nave carga granel (sal) Norte-Centro	Nave carga granel líquido (SUA) Centro-Norte
Patillos				11.967	
Patache					760
Mejillones					12.699
Antofagasta	9.324				
San Antonio		8.665			10.127
Lirquén		8.107			
San Vicente				32.813	
Puerto Montt			4.799		

(*) En estas cifras se han segregado los montos destinados a pagar la infraestructura por parte de la nave. Esta infraestructura se refiere específicamente los gastos de uso de muelle e instalaciones portuarias.

Modo ferroviario

- 8.37 El gasto en infraestructura para el modo ferroviario se trata en detalle en la evaluación de proyectos de la sección siguiente. Estos pueden corresponder a construcción de vías férreas, mantenimiento de éstas, rehabilitación de vías existentes.
- 8.38 Los costos promedio por kilómetro y por tipo de trocha son los siguientes.

TABLA 8.3 COSTOS INFRAESTRUCTURA FERROCARRIL

Ítem	Costo (\$/km) Trocha 1.000 (Movimientos zona norte)	Costo (\$/km) Trocha 1.676 (Movimientos zona sur)
Construcción	415.300.000	388.880.000
Mantenimiento	4.205.000	1,56 (\$/ton-kmb)*
Rehabilitación sin cambio de riel	34.330.000	59.620.000
Rehabilitación con cambio de riel		126.220.000

Fuente: Elaboración propia en base a información de expertos ferroviarios. (*) pago por mantenimiento del operador ferroviario a EFE

Modo rodoviario

- 8.39 En el caso del camión, el costo por pago de infraestructura puede ser asociado al pago de peajes que debe realizar durante su circulación. De acuerdo al estudio “Consultoría para la elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clúster de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados”, CNIC, se estimó que dicho gasto correspondía a 55\$/veh-km.

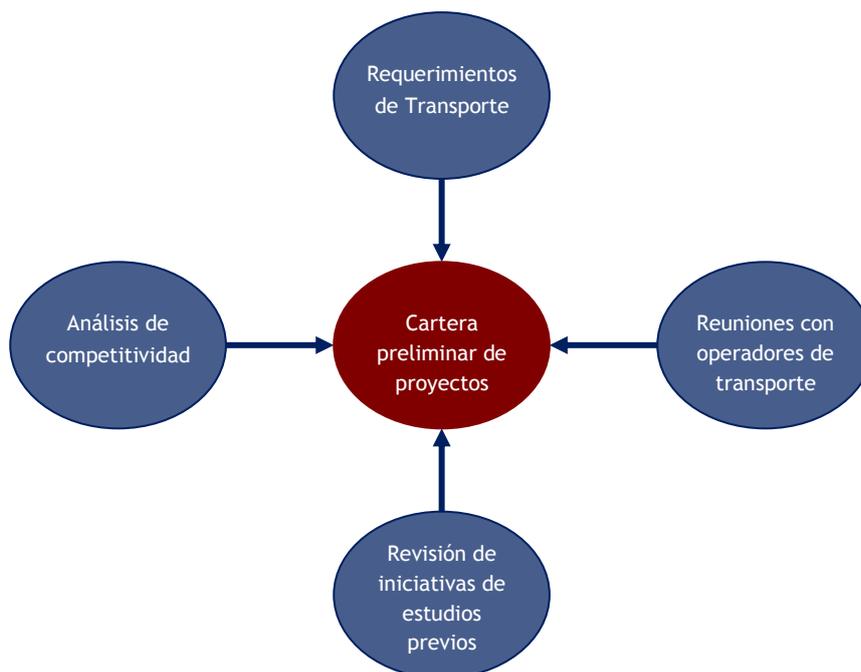
Modo ducto

- 8.40 En este modo el costo de infraestructura corresponde a los costos incurridos en la construcción del ducto. Sin embargo las componentes asociadas al ducto ya fueron incluidas como depreciación en los costos de operación. Los costos restantes de construcción corresponden principalmente a movimientos de tierra y otras obras de ingeniería. Así en el caso de un mineroducto de 10 pulgadas, los costos de infraestructura alcanzan a 261.905.000\$/km.

Elaboración cartera de proyectos

- 8.41 A continuación se presenta una cartera de proyectos, la cual se realizó de acuerdo a la siguiente metodología:
- Análisis de los principales requerimientos de Transporte para los próximos años, de acuerdo a la demanda proyectada.
 - Análisis de competitividad de modos de acuerdo a las estimaciones de costos de operación realizadas para cada modo.
 - Reuniones con operadores de transporte con el fin de conocer sus requerimientos y proyectos.
 - Revisión de iniciativas de estudios anteriores.

FIGURA 8.24 ESQUEMA DE METODOLOGÍA PARA DEFINICIÓN DE PROYECTOS



Fuente: Elaboración propia

8.42 Para cada uno de los proyectos presentados se realizó una evaluación a nivel de perfil, por lo que su resultado puede ser utilizado en forma referencial.

8.43 A continuación se presentan los proyectos evaluados.

Proyecto: Doble vía estación Prat- Pampa

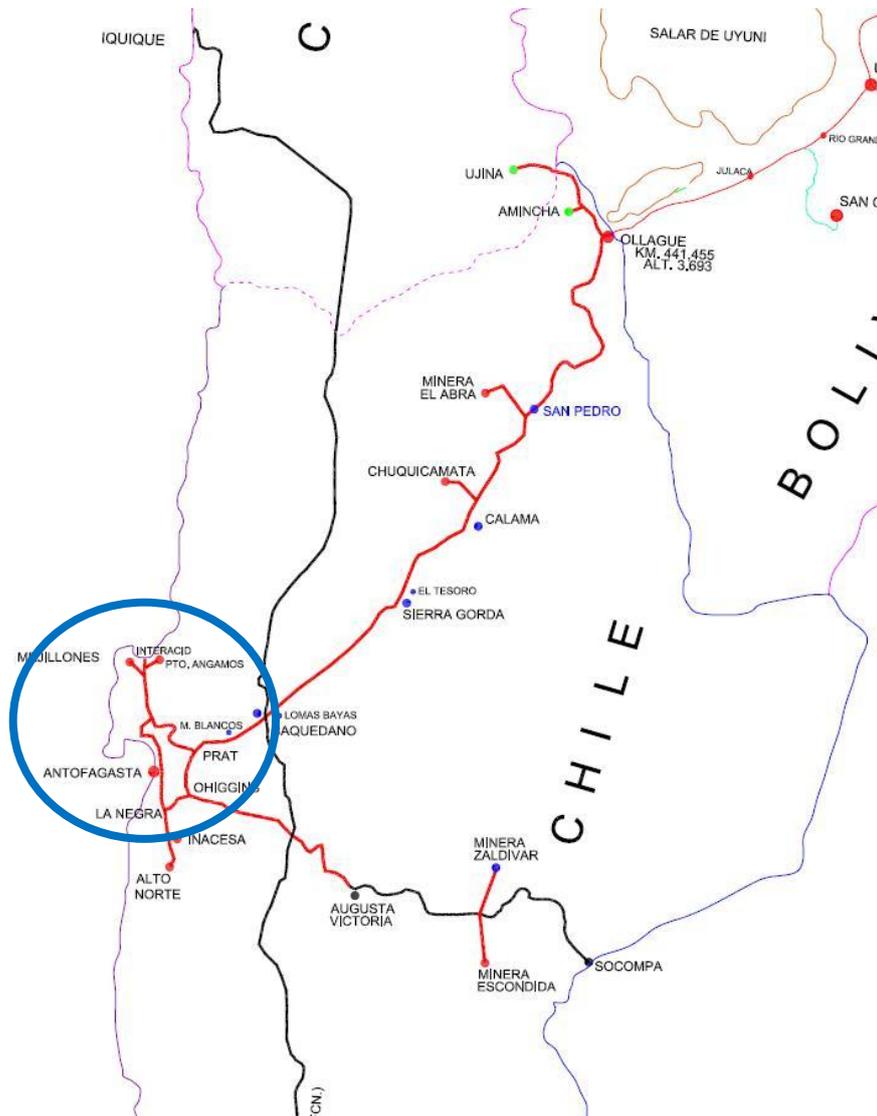
8.44 Con el objeto de permitir el aumento del tráfico de trenes entre la estación de Prat y el Puerto de Mejillones, se hace necesario construir una segunda vía paralela a la existente, entre Prat y Pampa, mejorar el tramo Pampa Mejillones y construir los desvíos interiores de maniobras

8.45 Se debe recordar que en su mayoría las cargas son Ácido Sulfúrico desde Mejillones hacia las mineras y cátodos de cobre y concentrado desde las mineras hacia Mejillones.

8.46 De acuerdo a los antecedentes que se disponen, en dicho sector se concentran todas las cargas, tanto de subida como de bajada, generando un cuello de botella debido las fuertes pendientes y excesivas curvas existentes entre Prat y Pampa, lo cual dificulta y no permite una operación rápida y fluida. Esta situación limita el número de trenes que pueden circular por dicho sector diariamente y por lo tanto afecta el tonelaje que se puede transportar anualmente.

8.47 El proyecto propuesto se estima podría aumentar la capacidad del tráfico en más de un 80%.

FIGURA 8.25 TRAZADO FCAB ESTACIÓN PRAT-MEJILLONES



8.48 De acuerdo con el Estudio de Diagnostico del Modo de Transporte Ferroviario, 2007, las distancias entre estaciones serían:

Estación	Km parcial	Km acumulados
Prat	0	
Cumbre	15	15
Desesperado	13	28
Km 6	14	42
Pampa	6	48
Nivel	11	59
Mejillones	14	73

- 8.49 Considerando una velocidad media de 15 km/h en el sector y un factor de congestión de un 60%, la capacidad diaria alcanza a aproximadamente a los 14 trenes diarios. En la situación con proyecto, este número podría aumentar a 24 trenes diarios.
- 8.50 De acuerdo a la información registrada en FCAB, la producción anual transportada es del orden de las 5.000.000 ton/año, de las cuales el 80 % circula por este sector desde y hacia Mejillones.
- 8.51 En este contexto supondremos como tonelaje potencial y adicional a transportar será de 1.500.000 ton/año. Si consideramos que el trayecto a recorrer es de 73 km, las ton-km anuales alcanzarían a 109.500.000, cantidad que se encuentra dentro del rango de mayor eficiencia del ferrocarril frente a otros modos

Evaluación

- 8.52 Para realizar la evaluación se consideraron las siguientes componentes:
- Inversión de infraestructura (\$/km)
 - Mantenimiento de vías (\$/km)
 - Costos fijos de operación de transporte (\$/año)
 - Costos variables de operación de transporte (\$/ton-km)
 - Ingreso por ton-km transportada (\$/ton-km)
- 8.53 La estimación de los costos unitarios de construcción, rehabilitación y mantenimiento de las vías férreas fueron obtenidos a partir de la información de expertos ferroviarios y su desglose se presenta en anexos. Estos valores están dentro de los valores normalmente aceptados por la industria ferroviaria.

TABLA 8.4 COSTOS DE INVERSIÓN DOBLE VÍA PRAT-PAMPA

Tramo	Km	Costo unitario (\$/km)	Costo total (\$)
Prat-Pampa	48	415.300.000	19.934.400.000
Pampa-Mejillones	25	34.330.000	858.250.000
Desvíos de maniobras	3	335.300.000	1.005.900.000

Fuente: Elaboración propia. El desglose de estos costos de inversión se presenta en anexos.

- 8.54 El costo de mantenimiento de vías, en tanto, se estimó en \$4.205.000 por km de vía, entregando un total anual de \$319.580.000.
- 8.55 Para estimar el costo de operación fijo y variable, se realizó un promedio entre los costos estimados para el movimiento norte transversal en ferrocarril para granel sólido y líquido, dado que representan el tipo de carga que se mueve en este trayecto. Así el costo fijo de operación anual por tren se estimó en \$ 76.142.717 y el variable en 10,2\$/ton-km.
- 8.56 Luego, a partir de la capacidad de carga de los trenes tipos modelados (420 ton) y una velocidad de 15km/hr, se determinó que se requerían 3 ferrocarriles para mover este volumen.

- 8.57 El precio unitario de los ingresos, expresado en pesos por tonelada kilómetro transportada, se refiere a la tarifa estimada que cobra el FCAB, ya que no existe una información certera de parte del ferrocarril. No obstante lo anterior se ha estimado una tarifa media el valor de 30\$/ton-km tomando como base lo indicado en el estudio “Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga- Región de Valparaíso” de Agosto 2008.
- 8.58 La tasa de descuento utilizada fue de un 8%, correspondiente a una tasa común utilizada en evaluación de proyectos de infraestructura de transporte.
- 8.59 Se hace hincapié en que los valores considerados, son valores medios más probables y que mayoritariamente coinciden en orden de magnitud con los registros de los estudios que sirvieron como base.
- 8.60 La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos.

TABLA 8.5 EVALUACIÓN PRIVADA DOBLE VÍA PRAT-PAMPA

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-21.798.550.000							-21.798.550.000
1-19		1.500.000	3.285.000.000	-1.116.900.000	-228.428.151	-319.580.000		1.620.091.849
20		1.500.000	3.285.000.000	-1.116.900.000	-228.428.151	-319.580.000	6.539.565.000	8.159.656.849

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	-4.156.664.319

- 8.61 Tal como se puede observar el proyecto no es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, sin embargo, la operación incluyendo gastos de mantención de vías, se sustenta con una tarifa superior a los 16\$/ton-km. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 35\$/ton-km el proyecto es rentable.
- 8.62 Respecto a los precios sociales y considerando los objetivos estratégicos de este estudio, se utilizó una metodología simplificada obtenida del estudio “Optimización de la Cadena Logística de Contenedores”, EFE. En dicho estudio se considera una relación entre precio social (PS) y precio de mercado (PM) de 0,8 aplicable a los costos de inversión y mantención. En el caso de los costos de operación se aplica un factor de 0,52 a la componente variable y de 1,0 a la componente fija. Respecto a la externalidades, se consideraron los siguientes valores.

TABLA 8.6 COSTO EXTERNALIDADES FERROCARRIL

ÍTEM	\$/1.000 ton-km
Ruido	870
Contaminación del aire	2.012
Cambio climático	2.159
Total	5.041

Fuente: datos estimados en el estudio “Optimización de la Cadena Logística de Contenedores”, EFE. , a partir de información de estudio INFRAS/IWW(2004).

8.63 La evaluación social se realizó comparando los ahorros de costos obtenidos al comparar el transporte de estas toneladas en ferrocarril o camión. Para esto se realizaron los siguientes supuestos:

- Cantidad de camiones necesarios: 31²⁸
- Costo infraestructura: 55\$/veh-km²⁹
- Costo fijo de operación por camión: 18.813.250 \$/año³⁰
- Costo variable de operación por camión: 13,2 \$/ton-km³¹
- Tasa social de descuento de 6%

8.64 Las externalidades en tanto se valoraron de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 8.7 COSTO EXTERNALIDADES CAMIÓN

ÍTEM	\$/1.000 ton-km
Accidentes	1.292
Ruido	1.332
Contaminación del aire	9.245
Cambio climático	8.636
Total	21.057

Fuente: datos estimados en el estudio “Optimización de la Cadena Logística de Contenedores”, EFE. , a partir de información de estudio INFRAS/IWW(2004).

8.65 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

²⁸ Se determinó asumiendo operación continua del camión, una velocidad promedio de 60 km/hr , una capacidad de 25 ton por camión y un tiempo de carga/descarga de 2 hrs.

²⁹ Este valor corresponde al valor estimado en peajes de acuerdo al estudio Consultoría para la elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clúster de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados, CNIC.

³⁰ Se estimó a partir de los resultados del presente estudio

³¹ Ídem referencia 30

TABLA 8.8 AHORRO DE COSTOS SOCIALES DOBLE VÍA PRAT-PAMPA VS TRANSPORTE EN CAMIÓN

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura \$(30%)	Flujo (\$/año)
0	-17.438.840.000							- 17.438.840.000
1-19		1.500.000	984.204.000	507.068.033	-255.456.672	4.226.322.000		5.462.137.361
20		1.500.000	984.204.000	507.068.033	-255.456.672	4.226.322.000	5.231.652.000	10.693.789.361

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6,00%
VAN	44.191.225.508

- 8.66 Tal como se puede observar el proyecto de doble vía es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por la gran cantidad de camiones que se requieren, así como por las mayores externalidades de este modo. Por otra parte el resultado concuerda con el análisis presentado en el capítulo anterior, en el cual se mostraba que para este nivel de carga el ferrocarril era más eficiente.

Proyecto: Conexión férrea mina Radomiro Tomic (RT) Codelco

- 8.67 Este proyecto consiste en la construcción de una vía férrea entre la Mina Radomiro Tomic y la estación de Cere, de la vía principal del FCAB, que une Ollague, con Antofagasta y Mejillones, con el objeto de facilitar el transporte de productos e insumos de la Mina, estimados en aproximadamente 1.000.000 ton/año.
- 8.68 De acuerdo a los antecedentes con que se cuenta, hoy en día se transportan dichos productos mayoritariamente sobre camión, con lo cual este proyecto permitiría traspasar parte del transporte al ferrocarril.
- 8.69 Este proyecto aprovecharía la infraestructura ferroviaria existente para el transporte de las cargas hacia los puertos de la Segunda Región.
- 8.70 La solución ferroviaria es construir una vía simple que una la Mina con la estación de Cere, del FCAB, de un largo aproximado de 20 km más los desvíos de maniobras para la carga y descarga de los productos, los cuales se estiman en 2 kmv adicionales.

Evaluación

- 8.71 Para realizar la evaluación se consideraron los parámetros de la evaluación anterior. Los costos fijos y variables de operación se aplicaron a las ton-km totales a recorrer entre RT y Puerto Mejillones, asumiéndose una distancia de 260 km. Dada esta distancia y al capacidad de carga del ferrocarril, se estimó que se requerirían 6 ferrocarriles para realizar esta operación. Los costos de infraestructura y mantención, en tanto, se aplicaron sólo a los km del proyecto (22 km). Los resultados obtenidos son los siguientes.

TABLA 8.9 EVALUACIÓN PRIVADA CONEXIÓN FÉRREA RT

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-8.976.600.000							-8.976.600.000
1-19		1.000.000	7.800.000.000	- 2.652.000.000	- 456.856.302	- 92.510.000		4.598.633.698
20		1.000.000	7.800.000.000	- 2.652.000.000	- 456.856.302	- 92.510.000	2.692.980.000	7.291.613.698

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	34.028.923.659

8.72 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, tanto en la operación (incluyendo gastos de mantención de vías), como en el proyecto total. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 16\$/ton-km el proyecto es rentable.

8.73 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros del proyecto anterior y asumiendo que para mover 1.000.000 ton, es necesario contar con una flota de al menos 48 camiones en operación continua.

8.74 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.10 AHORRO DE COSTOS SOCIALES CONEXIÓN FÉRREA RT

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	- 7.181.280.000							-7.181.280.000
1-19		1.000.000	2.190.240.000	446.179.698	- 72.909.760	8.328.320.000		10.891.829.938
20		1.000.000	2.190.240.000	446.179.698	- 72.909.760	8.328.320.000	2.154.384.000	13.046.213.938

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	111.715.941.915

8.75 Tal como se puede observar el proyecto del ramal a RT es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por la gran cantidad de camiones que se requieren, las distancias recorridas y las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Terminal intermodal de contenedores en San Antonio y Santiago

- 8.76 Actualmente el acceso al puerto hasta el costado de la nave está permitido sólo para camiones, quedando el ferrocarril en las afueras del puerto. Esta desigualdad genera unos costos de aproximadamente 40.000\$/contenedor que debe pagar el ferrocarril para que le acerquen la carga hasta donde se encuentran detenido.
- 8.77 El proyecto consiste en desarrollar un terminal intermodal en los terrenos aledaños al puerto en que se generen áreas de almacenamiento y servicios que permitan aumentar la eficiencia del ferrocarril.
- 8.78 Se destaca que la vial Santiago - San Antonio, presenta una extensión similar que la línea ferroviaria por lo que el ferrocarril se muestra muy competitivo al camión logrando costos de operación considerablemente inferiores. Para que el proyecto sea atractivo en cuanto tiempos y costos, se requerirá también el desarrollo de una estación similar en Santiago que permita el traspaso a camiones para el envío de carga al destino final.
- 8.79 Así, el proyecto consiste en la construcción dos patios Intermodales, CIM, para el movimiento de contenedores, uno en Santiago y otro en el Puerto de San Antonio, con el objeto de mejorar la administración del movimiento de contenedores, desde y hacia el puerto de San Antonio.
- 8.80 Estos CIM, consideran vías ferroviarias, patios para camiones, patios de transferencia, bodegas, oficinas y en general todas las instalaciones y equipos que un proyecto de esta naturaleza requiere.
- 8.81 Para la conformación de este proyecto se utilizó como base el estudio “Elaboración de propuestas para elevar la competitividad Logística en los Clúster de Acuicultura, Fruticultura y Alimentos Procesados” de CNIC y el “Estudio de la cadena logística de contenedores” de EFE.

Evaluación

- 8.82 El costo de Inversión estimado de cada CIM, se desarrolló de acuerdo a los valores indicados en los estudios señalados y se ajustó considerando los mlv de 400 a 800, así como la compra de los terrenos y de una locomotora para la operación interna del patio. En el anexo A1.5 se presenta el desglose de los costos de construcción.
- 8.83 Para realizar la evaluación, se consideró el flujo extra que circularía en la vía dada la construcción de cada CIM. De acuerdo a información presentada en los estudios señalados, durante el 2007 se transportaron en ferrocarril hacia el Puerto de San Antonio 216.663 ton de carga en contenedor, lo cual representa sólo el 3,3% del total transferido en dicho puerto. Así, para efectos de la evaluación se determinó que las toneladas a transportar podrían duplicarse durante la operación de ambos CIM.
- 8.84 En base a estas toneladas, el movimiento potencial de contenedores en cada CIM se estimó en 25.000 al año (20 ton por contenedor), con lo cual se determinó una capacidad instalada para 1.000 contenedores por patio, con 2 desvíos para trenes de aproximadamente 500 mlv cada uno y con 8 desviadores emplazado en un área de 5 ha.

8.85 Se consideró además las instalaciones como bodegas y oficinas.

TABLA 8.11 EVALUACIÓN PRIVADA AUMENTO FLUJO FERROVIARIO POR TERMINAL INTERMODAL DE CONTENEDORES EN SAN ANTONIO Y SANTIAGO

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (50%)	Flujo (\$/año)
0	-8.388.800.000							-8.388.800.000
1-19		500.000	1.635.000.000	-375.666.791	-122.742.003	-110.667.700		1.025.923.506
20		500.000	1.635.000.000	-375.666.791	-122.742.003	-110.667.700	4.194.400.000	5.220.323.506

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	2.392.378.897

8.86 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, tanto en la operación como considerando la inversión de infraestructura. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor superior a 26\$/ton-km el proyecto sigue siendo rentable. Sin embargo, si a la evaluación anterior sumamos los costos actuales en que debe incurrir el ferrocarril para acceder al costado de la nave (\$40.000/contenedor), el proyecto no es rentable bajo los supuestos realizados.

8.87 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros del proyecto anterior y asumiendo que para mover 500.000 ton, es necesario contar con una flota de al menos 12 camiones en operación continua.

8.88 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.12 AHORRO DE COSTOS SOCIALES AUMENTO FLUJO FERROVIARIO POR TERMINAL INTERMODAL DE CONTENEDORES EN SAN ANTONIO Y SANTIAGO

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-6.711.040.000							-6.711.040.000
1-19	-	500.000		480.254.619	86.788.197	- 88.419.056		2.224.367.760
20	-	500.000		480.254.619	86.788.197	- 88.419.056	3.355.520.000	5.579.887.760

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	18.725.047.141

- 8.89 Tal como se puede observar el proyecto de construcción de dos CIM es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica principalmente por las mayores externalidades del modo camión.

Proyecto. Double-stack en ferrocarril San Antonio y Santiago

- 8.90 La posibilidad de duplicar la capacidad de transporte del ferrocarril en este tramo podría disminuir los costos unitarios de operación de manera considerable. Sin embargo es necesario evaluar la factibilidad técnica de dicho movimiento, principalmente por dos túneles que no cuentan con el gálibo necesario para el paso del ferrocarril.
- 8.91 En el estudio “Optimización de la Cadena Logística de Transporte Ferroviario de Carga, Región de Valparaíso”, se demostró el sistema de double Stacking no era la mejor solución, tanto por los costos de inversión que representaba la adecuación de la infraestructura ferroviaria, como porque el sistema de double stack implica inversiones significativa en el tipo y longitud de los carros necesarios para el servicio, sin que ello implique un incremento proporcional a la cantidad de contenedores transportados por tren.
- 8.92 En el mismo estudio se plantea que la solución va por desarrollar tipo de carros más livianos para el transporte de contenedores, para reducir la relación tara/carga, incluyendo la opción de carros con boggies compartidos, aspecto que es de incumbencia de los porteadores ferroviarios.
- 8.93 Dadas estas opiniones, parece razonable esperar primero el desarrollo del modo ferroviario entre este par O/D, aumentando las ton transferidas y desarrollando los CIM.

Proyecto. Terminal intermodal en Teno

- 8.94 Este proyecto busca captar las carga contenedorizadas de fruta fresca, tomates, vinos y agroindustria de la zona con el fin de transportarlas en ferrocarril hasta los puertos de San Antonio o Valparaíso.
- 8.95 De acuerdo las proyecciones de demanda realizadas en el estudio “Optimización de la Cadena Logística de Contenedores” se esperaba que este terminal captara el 50% de la demanda potencial, la cual fue estimada en 300.000 ton para el 2010.

Evaluación

- 8.96 El costo de inversión estimado del terminal, se desarrolló en función de los valores indicados en los estudios señalados y se ajustó de acuerdo al desglose de costos presentado en el anexo A1.9.
- 8.97 La distancia a recorrer por el ferrocarril se estimó en 279 km, la cual corresponde a la distancia desde el Terminal de Teno hasta el Puerto de San Antonio. Los valores de los costos de operación, corresponden a los estimados para el ferrocarril que moviliza carga general refrigerada en el zona centro longitudinal.

TABLA 8.13 EVALUACIÓN PRIVADA AUMENTO FLUJO FERROVIARIO POR TERMINAL INTERMODAL EN TENO

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (50%)	Flujo (\$/año)
0	-2.334.400.000							-2.334.400.000
1-19		150.000	1.255.500.000	-308.365.425	-125.172.003	-84.980.610		736.981.962
20		150.000	1.255.500.000	-308.365.425	-125.172.003	-84.980.610	1.167.200.000	1.904.181.962

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	4.770.202.042

- 8.98 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, al igual que su operación (incluyendo gastos de mantención de vías). Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 17\$/ton-km el proyecto sigue siendo rentable.
- 8.99 El beneficio social, en tanto, se obtuvo asumiendo que para mover 150.000 ton, es necesario contar con una flota de al menos 8 camiones en operación continua.
- 8.100 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.14 AHORRO DE COSTOS SOCIALES AUMENTO FLUJO FERROVIARIO POR TERMINAL INTERMODAL EN TENO

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (50%)	Flujo (\$/año)
0	-1.867.520.000							-1.867.520.000
1-19	-	150.000	386.955.961	33.061.997	-67.788.072	1.340.539.200		1.692.919.086
20	-	150.000	386.955.961	33.061.997	-67.788.072	1.340.539.200	933.760.000	2.626.679.086

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	16.829.772.489

- 8.101 Tal como se puede observar, el proyecto de construcción del terminal de Teno es rentable tanto privada, como socialmente, de acuerdo a los supuestos realizados.

Proyecto. Ramal Rancagua Lo Miranda

- 8.102 El proyecto consiste en construir un ramal de aproximadamente 11 km desde la estación de Rancagua hasta la planta de granos ubicada en Lo Miranda. Esto permitiría a los porteadores de carga ferroviaria transportar un millón de toneladas en granos provenientes de Ventanas y Puerto Panul.

Evaluación

- 8.103 La distancia a recorrer desde Lo Miranda a San Antonio se estimó en 204 km, determinándose la necesidad de 3 trenes para cumplir con el volumen a transportar. Los resultados obtenidos son los siguientes.

TABLA 8.15 EVALUACIÓN PRIVADA RAMAL RANCAGUA LO MIRANDA

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-4.277.680.000							-4.277.680.000
1-19		1.000.000	6.120.000.000	-2.791.599.721	-366.066.009	-414.242.400		2.548.091.870
20		1.000.000	6.120.000.000	-2.791.599.721	-366.066.009	-414.242.400	1.283.304.000	3.831.395.870

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	19.458.511.260

- 8.104 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, tanto en la operación (incluyendo gastos de mantención de vías), como en el proyecto total. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 20\$/ton-km el proyecto es rentable.

- 8.105 Para la estimación del beneficio social, en tanto, se asumió que para mover 1.000.000 ton en una distancia de 204 km, es necesario contar con una flota de al menos 40 camiones en operación continua. Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.16 AHORRO DE COSTOS SOCIALES RAMAL RANCAGUA LO MIRANDA

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-3.422.144.000							-3.422.144.000
1-19		1.000.000	1.496.526.532	376.803.991	-330.675.840	6.534.528.000		8.077.182.683
20		1.000.000	1.496.526.532	376.803.991	-330.675.840	6.534.528.000	1.026.643.200	9.103.825.883

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	84.474.167.214

- 8.106 Tal como se puede observar el proyecto del ramal a Rancagua Lo Miranda es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por la gran cantidad de camiones que se requieren, las distancias recorridas y las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Cambio de estándar y cambio de rieles ramal San Pedro-Ventanas

- 8.107 El proyecto consiste en el cambio de estándar de clase de vía del ramal San Pedro - Ventanas (45 km.), actualmente de Clase A para llevarlo a estándar Clase B, y el mejoramiento de estructuras y rieles para pesos de 25 ton/eje de los puentes Mantagua y Aconcagua. Esto con el objeto de soportar los mayores volúmenes de tráfico previstos para el sector.

FIGURA 8.26 ÁREA DEL PROYECTO RAMAL SAN PEDRO-VENTANAS



- 8.108 El proyecto de inversión está asociado a captar para el modo ferroviario, el transporte de concentrado de cobre proveniente de la expansión del mineral Los Bronces y la expansión de Saladillo, que se movilizará hacia el Puerto de Ventanas desde la planta concentradora del mineral ubicada en la localidad de Las Tórtolas y del ramal Los Andes-Río Claro.
- 8.109 Los antecedentes básicos fueron extraídos del estudio de “Optimización de la cadena logística de la región de Valparaíso” y ajustados por SDG, de acuerdo con algunos criterios de mejoramiento.
- 8.110 Los ajustes consistieron en cambiar toda la enrielladura existente por un riel más pesado, 115 lb/yd por ejemplo, cambiar un 20 % de los durmientes del sector, balastar y rehabilitar los puentes y obras de arte para los nuevos puentes. El desglose de los costos de inversión se presenta en el Anexo 1.6.

- 8.111 Respecto a la demanda se asumió un volumen extra de 1.000.000 ton desde Las Tórtolas y de 1.400.000 desde Saladillo, con un total de 2.400.000 toneladas por año.
- 8.112 Los ingresos fueron estimados desde el punto de vista del operador de transporte, asumiendo una tarifa de \$30/ton-km.
- 8.113 Los costos de operación fijos y variables de obtuvieron del presente estudio, de acuerdo a los valores obtenidos para transporte de granel sólido en ferrocarril para el movimiento centro transversal. El costo fijo y variable estimado es de 122.022.003 \$/año y de 6,8 \$/ton-km.

Evaluación

- 8.114 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.17 EVALUACIÓN PRIVADA MEJORAMIENTO RAMAL SAN PEDRO-VENTANAS

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-7.679.900.000							-7.679.900.000
1-19		2.400.000	3.240.000.000	-1.477.905.734	-244.044.006	-91.377.000		1.426.673.259
20		2.400.000	3.240.000.000	-1.477.905.734	-244.044.006	-91.377.000	2.303.970.000	3.730.643.259

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	6.316.389.811

- 8.115 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, al igual que la operación (incluyendo gastos de mantención de vías). Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 23\$/ton-km el proyecto total es rentable.
- 8.116 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 2.400.000 ton, es necesario contar con una flota de al menos 38 camiones en operación continua, cuyos costos fijos de operación son 18.571.750 \$/año y los costos variables de operación 13,2 \$/ton-km, correspondientes al transporte de granel sólido en la zona centro transversal.
- 8.117 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.18 AHORRO DE COSTOS SOCIALES MEJORAMIENTO RAMAL SAN PEDRO-VENTANAS

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura \$(30%)	Flujo (\$/año)
0	-6.143.920.000							-6.143.920.000
1-19		2.400.000	1.512.449.018	461.682.494	-72.951.120	3.459.456.000		5.360.636.392
20		2.400.000	1.512.449.018	461.682.494	-72.951.120	3.459.456.000	1.843.176.000	7.203.812.392

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	52.751.762.345

- 8.118 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por el volumen a transportar y las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Construcción ramal Polpaico-Las Tórtolas

- 8.119 Tal como se señaló en el proyecto anterior, se incorporarán del orden de 1.000.000 de toneladas anuales de concentrado de cobre para ser embarcadas por Puerto Ventanas. Este concentrado de cobre corresponde a la puesta en operación de la expansión de la mina Los Bronces, cuyo mineral se depositará en la planta concentradora de Las Tórtolas, localidad ubicada al nororiente de la estación ferroviaria de Polpaico. La empresa Anglo American Chile, propietaria de Los Bronces, tiene considerado, a la fecha, el transporte de este mineral por camión, pero está abierto e interesado a realizar el transporte por ferrocarril. Esta solución, no obstante, implicaría la construcción de un desvío ferroviario entre Polpaico y Las Tórtolas de alrededor de 26 km. El recorrido total de la carga es de 170 Km.
- 8.120 Los costos de inversión se determinaron, de acuerdo al desglose presentado en el Anexo 1.7. Sin embargo, dadas las características en pendiente de este trazado, dichos costos se asumieron un 25% superior. El resto de los parámetros se mantuvo equivalente al proyecto anterior.

FIGURA 8.27 MOVIMIENTO DE CARGA, LAS TÓRTOLAS-VENTANA



Evaluación

8.121 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.19 EVALUACIÓN PRIVADA CONSTRUCCIÓN RAMAL POLPAICO-LAS TÓRTOLAS

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$ (30%))	Flujo (\$/año)
0	-13.610.800.000							-13.610.800.000 00
1-19		1.000.000	5.100.000.000	-2.326.333.101	-366.066.009	-345.202.000		2.062.398.890
20		1.000.000	5.100.000.000	-2.326.333.101	-366.066.009	-345.202.000	4.083.240.000	5.328.990.890

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	6.957.581.610

8.122 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, al igual que su operación (incluyendo gastos de mantención de vías). Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor superior a 26\$/ton-km el proyecto total sigue siendo rentable.

8.123 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 1.000.000 ton, es necesario contar con una flota de al menos 35 camiones en operación continua, cuyos costos fijos de operación son 18.571.750 \$/año y los costos variables de operación 13,2 \$/ton-km, correspondientes al transporte de granel sólido en la zona centro transversal. Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.20 AHORRO DE COSTOS SOCIALES CONSTRUCCIÓN RAMAL POLPAICO-LAS TÓRTOLAS

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura \$(30%)	Flujo (\$/año)
0	- 10.888.640.000							- 10.888.640.000
1-19		1.000.000	2.380.706.788	283.945.241	-275.638.000	5.445.440.000		7.834.454.028
20		1.000.000	2.380.706.788	283.945.241	-275.638.000	5.445.440.000	3.266.592.000	11.101.046.028

Tasa descuento*	6%
VAN	75.462.706.908

- 8.124 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por el volumen a transportar y las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Rehabilitación del sector Llay Llay Los Andes y Los Andes Saladillo

- 8.125 Este proyecto consiste básicamente en la rehabilitación de las vías desde Llay Llay hasta Los Andes en trocha 1676 mm. y una rehabilitación entre los andes y Río Blanco en trocha 1000 mm., con el objeto de permitir el aumento previsto de transporte de cerca de 1,4 millones de toneladas anuales
- 8.126 Al igual que los casos anteriores, los antecedentes básicos fueron extraídos del estudio de “Optimización de la cadena logística de la región de Valparaíso” y ajustados por SDG, de acuerdo con algunos criterios de mejoramiento.
- 8.127 En lo medular sólo se difiere en el gasto de rehabilitación del ramal Los Andes Río Blanco, en que los valores presentados por el estudio están muy sobre excedidos de la media, cercanos a los valores de construcción. En el Anexo 1.8 se presenta el desglose de gastos de inversión.
- 8.128 La carga se moviliza desde saladillo hasta el sector de ventanas recorre 174Km.

FIGURA 8.28 MOVIMIENTO DE CARGA, SALADILLO-VENTANA

*Evaluación*

8.129 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.21 EVALUACIÓN PRIVADA REHABILITACIÓN DEL SECTOR LLAY LLAY LOS ANDES Y LOS ANDES SALADILLO

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-4.382.070.000							-4.382.070.000
1-19		1.400.000	7.324.800.000	-3.341.161.705	-488.088.012	-495.791.296		2.999.758.987
20		1.400.000	7.324.800.000	-3.341.161.705	-488.088.012	-495.791.296	1.314.621.000	4.314.379.987

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	23.474.125.461

8.130 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, así como también la operación (incluyendo gastos de mantención de vías). Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 20\$/ton-km el proyecto total sigue siendo rentable.

8.131 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 1.400.000 ton, es necesario contar con una flota de al menos 49 camiones en operación continua.

8.132 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.22 AHORRO DE COSTOS SOCIALES REHABILITACIÓN DEL SECTOR LLAY LLAY LOS ANDES Y LOS ANDES SALADILLO

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura \$(30%)	Flujo (\$/año)
0	-3.505.656.000							-3.505.656.000
1-19	-	1.400.000	1.614.424.393	421.927.738	-395.881.024	7.820.933.120		9.461.404.227
20	-	1.400.000	1.614.424.393	421.927.738	-395.881.024	7.820.933.120	1.051.696.800	10.513.101.027

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	99.380.970.882

- 8.133 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por el volumen a transportar y las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Desvíos de carga CELCO 1

- 8.134 Este proyecto consiste en construir 4 desvíos de carga en las estaciones Copihue, Almarza, Cabrero y General Cruz, para el transporte de madera a las plantas de celulosa, considerándose un recorrido medio de 100 kmv.
- 8.135 Se desconoce la demanda, por lo que se asumió un valor de 50.000ton/año. Los costos fijos y variables de operación se obtuvieron a partir de los estimados para transporte de carga seca en el movimiento sur transversal, mientras que los costos de inversión de los costos presentados en anexos.

Evaluación

- 8.136 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.23 EVALUACIÓN PRIVADA CONSTRUCCIÓN DESVÍOS PROYECTO CELCO 1

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura \$(30%)	Flujo (\$/año)
0	-777.760.000							-777.760.000
1-19		50.000	150.000.000	-68.929.686	-122.742.003	-10.153.000		-51.774.690
20		50.000	150.000.000	-68.929.686	-122.742.003	-10.153.000	233.328.000	181.553.310

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	-1.144.928.090

- 8.137 Tal como se puede observar el proyecto no es rentable de acuerdo a los supuestos realizados, así como tampoco la operación (incluyendo gastos de mantención de vías). Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 56\$/ton-km el proyecto total se vuelve rentable. Si se mantiene la tarifa en 30\$/ton-km, se requeriría aumentar la demanda a 128.000 ton/año.
- 8.138 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 50.000 ton, es necesario contar con sólo 1 camión en operación continua.
- 8.139 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

**TABLA 8.24 AHORRO DE COSTOS SOCIALES CONSTRUCCIÓN DESVÍOS
PROYECTO CELCO 1**

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura \$(30%)	Flujo (\$/año)
0	-622.208.000							-622.208.000
1-19		50.000	26.138.338	-105.281.153	-8.113.600	160.160.000		72.953.585
20		50.000	26.138.338	-105.281.153	-8.113.600	160.160.000	186.662.400	259.615.985

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	256.785.470

- 8.140 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Desvíos de carga CELCO 2

- 8.141 El proyecto consiste en construir 2 desvíos de carga en Molina y San Javier con el mismo objetivo que el proyecto anterior, variando la distancia media de transporte a 300 kmv.
- 8.142 Se desconoce la demanda, por lo que se asumió un valor de 50.000ton/año. Los costos fijos y variables de operación se obtuvieron a partir de los estimados para transporte de carga seca en el movimiento sur transversal, mientras que los costos de inversión de los costos presentados en anexos.

Evaluación

- 8.143 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.25 EVALUACIÓN PRIVADA CONSTRUCCIÓN DESVÍOS PROYECTO CELCO 2

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	- 388.880.000							- 388.880.000
1-19		50.000	450.000.000	- 206.789.059	- 122.742.003	- 30.420.000		90.098.938
20		50.000	450.000.000	- 206.789.059	- 122.742.003	- 30.420.000	116.664.000	206.762.938

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	481.725.736

- 8.144 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 27\$/ton-km el proyecto total permanece rentable.
- 8.145 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 50.000 ton en 300 km, es necesario contar con 2 camiones en operación continua.
- 8.146 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.26 AHORRO DE COSTOS SOCIALES CONSTRUCCIÓN DESVÍOS PROYECTO CELCO 2

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	-311.104.000							- 311.104.000
1-19		50.000	78.415.015	- 87.820.303	- 24.283.200	480.480.000		446.841.512
20		50.000	78.415.015	- 87.820.303	- 24.283.200	480.480.000	93.331.200	540.172.712

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	4.568.547.691

- 8.147 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Desvíos de carga PUTAGAN

- 8.148 Construir un desvío de 1.000 m para captar los transportes de los silos existentes en el sector. La distancia media de transporte a Lo Miranda es de 217 kmv.

Según las bases de licitación³² la demanda a capturar es de 20.000 ton/año. Los costos fijos y variables de operación se obtuvieron a partir de los estimados para transporte de carga granel en el movimiento sur transversal, siendo éstos 122.022.003 \$/año y 6,8\$/ton-km. El desglose de los costos de inversión, se presenta en anexos.

Evaluación

- 8.149 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.27 EVALUACIÓN PRIVADA CONSTRUCCIÓN DESVÍO PROYECTO PUTAGÁN

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	- 388.880.000							- 388.880.000
1-19		20.000	130.200.000	-59.389.916	-122.022.003	-8.801.520		-60.013.439
20		20.000	130.200.000	-59.389.916	-122.022.003	-8.801.520	116.664.000	56.650.561

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	-882.472.904

- 8.150 Tal como se puede observar el proyecto no es rentable de acuerdo a los supuestos realizados. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 53\$/ton-km el proyecto total se vuelve rentable. Si se mantiene la tarifa en \$30/ton-km, se requeriría aumentar la demanda a 51.500 ton/año.
- 8.151 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 20.000 ton en 217 km, es necesario contar con sólo 1 camión en operación continua.
- 8.152 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

³² TdR Estudio de evaluación privada y social desarrollo de infraestructura ferroviaria para el transporte de carga, octubre de 2010

TABLA 8.28 AHORRO DE COSTOS SOCIALES CONSTRUCCIÓN DESVÍO PROYECTO PUTAGÁN

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura \$(30%)	Flujo (\$/año)
0	- 311.104.000							-311.104.000
1-19		20.000	31.837.868	-103.450.253	-7.022.120	139.018.880		60.384.375
20		20.000	31.837.868	-103.450.253	-7.022.120	139.018.880	93.331.200	153.715.575

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	387.359.563

- 8.153 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Desvíos de carga CEMENTOS BUFALO

- 8.154 El proyecto consiste en construir un desvío de 1.000 m en la estación Ventanas y modificar dos de 500 m. en Chena Poniente.
- 8.155 Se desconoce la demanda, por lo que se asumió un valor de 50.000 ton/año. Los costos fijos y variables de operación se obtuvieron a partir de los estimados para transporte de carga granel en el movimiento centro transversal, siendo éstos 122.022.003 \$/año y 6,8\$/ton-km. El desglose de los costos de inversión, se presenta en anexos.

Evaluación

- 8.156 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.29 EVALUACIÓN PRIVADA CONSTRUCCIÓN DESVÍO PROYECTO CEMENTOS BÚFALO

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	- 448.500.000							- 448.500.000
1-19		50.000	450.000.000	-205.264.685	-122.022.003	-30.420.000		
20		50.000		-205.264.685	-122.022.003	-30.420.000	134.550.000	

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	450.933.061

- 8.157 Tal como se puede observar el proyecto es rentable de acuerdo a los supuestos realizados. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 27\$/ton-km el proyecto total sigue siendo rentable.
- 8.158 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 20.000 ton en 300 km, es necesario contar con 3 camiones en operación continua.
- 8.159 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.30 AHORRO DE COSTOS SOCIALES CONSTRUCCIÓN DESVÍO PROYECTO CEMENTOS BUFALO

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	- 358.800.000							- 358.800.000
1-19		50.000	110.038.716	-66.306.753	-24.256.800	480.480.000		500.005.163
20		50.000	110.038.716	-66.306.753	-24.256.800	480.480.000	107.640.000	607.645.163

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	5.103.568.381

- 8.160 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Rehabilitación ramal COIGUE NACIMIENTO

- 8.161 El proyecto consiste en rehabilitar el ramal para la captación de mayores tonelajes en un largo de 5,2 km y transportarlos a los puertos de la octava región.
- 8.162 Se desconoce la demanda, por lo que se asumió un valor de 50.000 ton/año, así como una distancia media a recorrer de 200 km.

Evaluación

- 8.163 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.31 EVALUACIÓN PRIVADA REHABILITACIÓN RAMAL COIGUE NACIMIENTO

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Costo mantenimiento vías (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	- 310.024.000							- 310.024.000
1-19		50.000	300.000.000	- 136.843.124	- 122.022.003	- 20.280.000		20.904.873
20		50.000	300.000.000	- 136.843.124	- 122.022.003	- 20.280.000	93.007.200	113.912.073

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	-78.993.751

- 8.164 Tal como se puede observar el proyecto no es rentable de acuerdo a los supuestos realizados. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 31\$/ton-km el proyecto se vuelve rentable.
- 8.165 El beneficio social, en tanto, se obtuvo a partir de los mismos parámetros anteriores y asumiendo que para mover 50.000 ton en 200 km, es necesario contar con 3 camiones en operación continua.
- 8.166 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.32 AHORRO DE COSTOS SOCIALES REHABILITACIÓN RAMAL COIGUE NACIMIENTO

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Valor residual infraestructura (\$) (30%)	Flujo (\$/año)
0	- 248.019.200	50.000						- 248.019.200
1-19		50.000	73.359.144	- 66.306.753	- 16.171.200	320.320.000		311.251.191
20		50.000	73.359.144	- 66.306.753	- 16.171.200	320.320.000	74.405.760	385.656.951

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	3.155.856.135

- 8.167 Tal como se puede observar el proyecto es rentable socialmente de acuerdo a los supuestos realizados, lo cual se explica por las mayores externalidades de este modo.

Proyecto. Oleoducto San Vicente-Temuco

- 8.168 Construcción de un nuevo oleoducto para el transporte de combustibles líquidos limpios desde la refinería de PETROX (San Vicente), hasta el terminal de almacenamiento de Temuco. Poseerá una longitud de 270 km recorriendo de San Vicente a Temuco, tendrá un diámetro de 8" y transportará 1, 5 millones de m³ al año (equivalentes a 1.275.000 toneladas al año)
- 8.169 Inversión Estimada: 32 MMUS\$. De la estructura de costos publicada por ENAP para del precio de los combustibles, se deduce que la tarifa de transporte corresponde a \$3,5/l, la cual se asumió como base para la estimación de ingresos.

Evaluación

- 8.170 Los resultados se presentan a continuación.

TABLA 8.33 EVALUACIÓN PRIVADA CONSTRUCCIÓN OLEODUCTO SAN VICENTE-TEMUCO

Año	Inversión (\$)	Ton	Ingresos	Costo variable de operación (\$)	Costo fijo de operación (\$)	Flujo (\$/año)
0	-16.000.000.000					-16.000.000.000
1-20		1.275.000	1.236.112.500	-360.309.521	-434.677.849	441.125.130

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento	8%
VAN	-10.804.600.419

- 8.171 Tal como se puede observar el proyecto no es rentable de acuerdo a los supuestos realizados. Por otra parte, al sensibilizar la tarifa, se observó que con un valor igual o superior a 7\$/ton-km el proyecto total se vuelve rentable.
- 8.172 Par determinar el beneficio social, en tanto, fue necesario asumir de los mismos parámetros utilizados para el ferrocarril, dado que se desconoce el valor de las externalidades del ducto. Sin embargo, se esperaría que el valor considerado corresponda a una cota superior. Así, para mover las 1.275.000 ton, es necesario contar con una flota de al menos 65 camiones en operación continua.
- 8.173 Los resultados de la evaluación se presentan a continuación.

TABLA 8.34 AHORRO DE COSTOS SOCIALES CONSTRUCCIÓN OLEODUCTO SAN VICENTE-TEMUCO

Año	Ahorro Inversión (\$)	Ton	Ahorro costo variable de operación (\$)	Ahorro costo fijo de operación (\$)	Ahorro costo mantenimiento infraestructura (\$)	Ahorro externalidades (\$)	Flujo (\$/año)
0	-12.800.000.000						-12.800.000.000
1-20		1.275.000	2.364.638.653	772.485.901	1.584.440	11.312.901.600	14.452.885.594

Fuente: Elaboración propia.

Tasa descuento*	6%
VAN	144.314.584.093

- 8.174 Tal como se puede observar, a pesar que el proyecto no es rentable privadamente, sí lo es socialmente, si se considera realizar el mismo transporte por camión.

Conclusiones

- 8.175 A partir de los proyectos evaluados es posible concluir que aquellos con grandes volúmenes de carga fueron en general rentables de manera privada y social. Sin embargo, la mayoría de los proyectos evaluados fueron rentables privadamente en cuanto a su operación.
- 8.176 Respecto a la evaluación social de los proyectos, ésta se realizó comparando ahorros de costos entre los modos, mostrándose siempre el ferrocarril como una alternativa dominante. Este resultado se explica principalmente por las altas externalidades del modo camión, las cuales son 4 veces superiores a las del ferrocarril.
- 8.177 Se hace hincapié que las evaluaciones presentadas son sólo a nivel de perfil y por lo tanto su resultado puede variar al incorporar mayor nivel de detalle. De igual forma el resultado puede variar, dependiendo de la operación particular de cada movimiento, ya que pueden existir restricciones de tiempo que y de frecuencias en las que el modo ferroviario es menos flexible que el camión.

9 Conclusiones

- 9.1 De los resultados presentados se desprende que, independiente del tipo de carga y zona geográfica el orden (de menor a mayor) de costos unitarios de operación por ton-km de los distintos modos de transporte es el siguiente: ducto, marítimo, ferroviario, rodoviario. Estos costos unitarios corresponden al gasto por ton-km de transportar una unidad adicional de carga, en la situación de operación actual de cada modo.
- 9.2 No hay que olvidar que este análisis no incluye costos de infraestructura que podrían hacer variar este orden, sin embargo es una herramienta importante de comparación entre modos, ya que aísla los costos de operación de las desigualdades que se provocan en el pago de infraestructura.
- 9.3 Los resultados muestran una clara necesidad de potenciar el modo ferroviario en cuanto a los movimientos transversales, lo cual no implica competir directamente con el camión, sino que se debería tender a potenciar la intermodalidad en busca del aprovechamiento de las ventajas de cada uno.
- 9.4 En cuanto a los movimientos longitudinales, se destaca el modo marítimo con menores costos de operación. Sin embargo no hay que olvidar que esta comparación es directa sólo en los casos en que los pares origen y destino se encuentran en los puertos correspondientes ya que en caso contrario es necesario sumar al costo de operación del cabotaje, los costos de acercamiento a ambos puertos con cualquiera de los otros 3 modos analizados.
- 9.5 A partir de la estructura de costos marginales, se realizó un análisis de costos fijos y variables de operación, que permitió determinar cuál es el volumen de carga que requieren los distintos modos para ser competitivos. Así se concluyó, de acuerdo a las condiciones estudiadas, que el camión es el modo más conveniente para cantidades inferiores a las 7.500.000 ton-km anuales, seguido luego del ferrocarril. Por otra parte, tanto el ducto como el modo naviero, son alternativas atractivas para cantidades superiores a las 100.000.000 ton-km anuales, dados sus altos costos fijos de operación.
- 9.6 De acuerdo a estos resultados, el transporte intermodal se presentan como una alternativa de desarrollo que permitiría hacer uso de los modos en sus zonas de mayor eficiencia. Así el camión podría alimentar con trayectos cortos tanto al ferrocarril como al modo naviero, para que éstos cuenten con el volumen de carga necesario que permita justificar su operación.
- 9.7 Finalmente, se presentó una cartera de proyectos y la evaluación de aquellos con que se contaba información. Estos proyectos buscan adelantarse a las necesidades de crecimiento de la demanda, considerando para esto, los modos o la combinación de modos más eficiente en cuanto al análisis de costo realizado.
- 9.8 Toda la información levantada, así como las estructuras de costo modeladas, fueron incorporadas en una base de datos con herramientas visuales para facilitar análisis posteriores.

ANEXO

A1 COSTOS DESAGREGADOS INFRESTRUCTURA FERROCARRIL**A1.1 Costo estimado construcción 1 km vía férrea trocha 1000 Zona Norte para desvío de maniobras**

item	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Anteproyecto	gl	1	1.000.000	1.000.000	2.000
Topografía	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
Ingeniería	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
movimiento de tierra					
Confección de Sello	m3	10.000	8.000	80.000.000	160.000
Confección de Plataforma	m3	800	12.000	9.600.000	19.200
materiales					
Lastre balasto	m3	400	12.000	4.800.000	9.600
Durmientes	nro	1.500	15.000	22.500.000	45.000
Rieles	ton	115	600.000	69.000.000	138.000
Uniones	nro	83	60.000	5.000.000	10.000
Sujeción	nro	9.000	600	5.400.000	10.800
Desviadores	nro	2	20.000.000	40.000.000	80.000
mano de obra					
Mano de Obra	mlv	1.000	32.000	32.000.000	64.000
Otros					
Terrenos	m2	20.000	2.000	40.000.000	80.000
Inspección	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
obras anexas e imprevisibles	gl	1	20.000.000	20.000.000	40.000
				335.300.000	670.600
(*) no considera obras de arte					

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos. Incluye movimiento de tierra para cortes y terraplenes y compra de terrenos.

A1.2 Costo estimado construcción 1 km vía férrea trocha 1000 Zona Norte para Tramo Prat Pampa

ítem	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Anteproyecto	gl	1	1.000.000	1.000.000	2.000
Topografía	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
Ingeniería	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
movimiento de tierra					
Confección de Sello	m3	20.000	8.000	160.000.000	320.000
Confección de Plataforma	m3	800	12.000	9.600.000	19.200
materiales					
Lastre balasto	m3	400	12.000	4.800.000	9.600
Durmientes	nro	1.500	15.000	22.500.000	45.000
Rieles	ton	115	600.000	69.000.000	138.000
Uniones	nro	83	60.000	5.000.000	10.000
Sujeción	nro	9.000	600	5.400.000	10.800
Desviadores	nro	2	20.000.000	40.000.000	80.000
mano de obra					
Mano de Obra	mlv	1.000	32.000	32.000.000	64.000
Otros					
Terrenos	m2	20.000	2.000	40.000.000	80.000
Inspección	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
obras anexas e imprevisibles	gl	1	20.000.000	20.000.000	40.000
				415.300.000	830.600
(*) no considera obras de arte					

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

A1.3 Costo estimado rehabilitación de 1 km vía férrea trocha 1000 Zona Norte para Tramo Pampa Mejillones

ítem	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Anteproyecto	gl	0,10	1.000.000	100.000	200
Topografía	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
Ingeniería	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
movimiento de tierra					
Confección de Sello	m3		8.000	-	-
Confección de Plataforma	m3	80,00	12.000	960.000	1.920
materiales					
Lastre balasto	m3	40,00	12.000	480.000	960
Durmientes	nro	150,00	15.000	2.250.000	4.500
Rieles	ton	11,50	600.000	6.900.000	13.800
Uniones	nro	8,33	60.000	500.000	1.000
Sujeción	nro	900,00	600	540.000	1.080
Desviadores	nro	0,20	20.000.000	4.000.000	8.000
mano de obra					
Mano de Obra	mlv	500,00	32.000	16.000.000	32.000
Otros					
Terrenos	m2		2.000	-	-
Inspección	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
obras anexas e imprevisibles	gl	0,10	20.000.000	2.000.000	4.000
				34.330.000	68.660

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

A1.4 Costo estimado mantenimiento anual de 1 km vía férrea trocha 1000 Zona Norte

ítem	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Anteproyecto	gl		1.000.000	-	-
Topografía	gl		2.000.000	-	-
Ingeniería	gl	0,05	2.000.000	100.000	200
movimiento de tierra					
Confeción de Sello	m3	-	8.000	-	-
Confeción de Plataforma	m3	-	12.000	-	-
materiales					
Lastre balasto	m3	20,00	12.000	240.000	480
Durmientes	nro	75,00	15.000	1.125.000	2.250
Rieles	ton	1,53	600.000	920.000	1.840
Uniones	nro	4,17	60.000	250.000	500
Sujeción	nro	450,00	600	270.000	540
Desviadores	nro	0,01	20.000.000	200.000	400
mano de obra					
Mano de Obra	mlv	250,00	3.200	800.000	1.600
Otros					
Terrenos	m2	-	2.000	-	-
Inspección	gl	0,05	2.000.000	100.000	200
obras anexas e imprevisibles	gl	0,01	20.000.000	200.000	400
				4.205.000	8.410
(*) no considera obras de arte					

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

A1.5 Costo estimado construcción CIM Santiago y San Antonio

ítem	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Proyecto	gl	1	50.000.000	50.000.000	100.000
maquinarias					
Locomotoras	nro	1	200.000.000	200.000.000	400.000
Gruas Móviles	nro	2	60.000.000	120.000.000	240.000
Gruas sobre rieles	nro	1	600.000.000	600.000.000	1.200.000
Vías					
Vías	mlv	1.500	400.000	600.000.000	1.200.000
Desviadores	nro	8	30.000.000	240.000.000	480.000
Patios					
pavimentado	m2	30.000	20.000	600.000.000	1.200.000
Edificios					
Edificios	m2	600	200.000	120.000.000	240.000
Bodegas	m2	12.000	50.000	600.000.000	1.200.000
Otros					
Terrenos	m2	50.000	20.000	1.000.000.000	2.000.000
Cierros	m	1.200	12.000	14.400.000	28.800
Inspección	gl	1	50.000.000	50.000.000	100.000
				4.194.400.000	8.388.800

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

A1.6 Costo estimado rehabilitación de 1 km vía férrea trocha 1676 con cambio de riel

ítem	u	cantidad	pu	pt \$	pt usd
ingeniería					
Anteproyecto	gl	0,10	1.000.000	100.000	200
Topografía	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
Ingeniería	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
movimiento de tierra					
Confeción de Sello	m3		8.000	-	-
Confeción de Plataforma	m3	120,00	12.000	1.440.000	2.880
materiales					
Lastre balasto	m3	120,00	25.000	3.000.000	6.000
Durmientes	nro	360,00	30.000	10.800.000	21.600
Rieles	ton	115,00	600.000	69.000.000	138.000
Uniones	nro	83,33	60.000	5.000.000	10.000
Sujeción	nro	1.800,00	600	1.080.000	2.160
Desviadores	nro	0,04	30.000.000	1.200.000	2.400
mano de obra					
Mano de Obra	mlv	1.000,00	32.000	32.000.000	64.000
Otros					
Terrenos	m2		5.000	-	-
Inspección	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
obras anexas e imprevisibles	gl	0,10	20.000.000	2.000.000	4.000
				126.220.000	252.440
(*) no considera obras de arte					

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

A1.7 Costo estimado de construcción de 1 km vía férrea trocha 1676

Zona Sur No incluye el movimiento de tierra para cortes y terraplenes Incluye compra de terrenos					
ítem	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Anteproyecto	gl	1	1.000.000	1.000.000	2.000
Topografía	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
Ingeniería	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
movimiento de tierra					
Confeción de Sello	m3	2.000	8.000	16.000.000	32.000
Confeción de Plataforma	m3	1.200	12.000	14.400.000	28.800
materiales					
Lastre balasto	m3	1.200	25.000	30.000.000	60.000
Durmientes	nro	1.800	30.000	54.000.000	108.000
Rieles	ton	115	600.000	69.000.000	138.000
Uniones	nro	83	60.000	5.000.000	10.000
Sujeción	nro	10.800	600	6.480.000	12.960
Desviadores	nro	2	30.000.000	60.000.000	120.000
mano de obra					
Mano de Obra	mlv	1.000	32.000	32.000.000	64.000
Otros					
Terrenos	m2	15.000	5.000	75.000.000	150.000
Inspección	gl	1	2.000.000	2.000.000	4.000
obras anexas e imprevisibles	gl	1	20.000.000	20.000.000	40.000
				388.880.000	777.760
(*) no considera obras de arte					

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

A1.8 Costo estimado rehabilitación de 1 km vía férrea trocha 1676

item	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Anteproyecto	gl	0,10	1.000.000	100.000	200
Topografía	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
Ingeniería	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
movimiento de tierra					
Confección de Sello	m3		8.000	-	-
Confección de Plataforma	m3	120,00	12.000	1.440.000	2.880
materiales					
Lastre balasto	m3	120,00	25.000	3.000.000	6.000
Durmientes	nro	360,00	30.000	10.800.000	21.600
Rieles	ton	11,50	600.000	6.900.000	13.800
Uniones	nro	8,33	60.000	500.000	1.000
Sujeción	nro	1.800,00	600	1.080.000	2.160
Desviadores	nro	0,04	30.000.000	1.200.000	2.400
mano de obra					
Mano de Obra	mlv	1.000,00	32.000	32.000.000	64.000
Otros					
Terrenos	m2		5.000	-	-
Inspección	gl	0,10	2.000.000	200.000	400
obras anexas e imprevisibles	gl	0,10	20.000.000	2.000.000	4.000
				59.620.000	119.240

(*) no considera obras de arte

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

A1.9 Costo estimado construcción CIM Tenó

item	unidad	cantidad	costo unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo total (USD)
ingeniería					
Proyecto	gl	1	50.000.000	50.000.000	100.000
maquinarias					
Locomotoras	nro	1	100.000.000	100.000.000	200.000
Gruas Móviles	nro	2	60.000.000	120.000.000	240.000
Gruas Portal	nro	1	200.000.000	200.000.000	400.000
Vías					
Vías	mlv	1.000	400.000	400.000.000	800.000
Desviadores	nro	4	30.000.000	120.000.000	240.000
Patios					
pavimentado	m2	20.000	20.000	400.000.000	800.000
Edificios					
Edificios	m2	400	200.000	80.000.000	160.000
Bodegas	m2	8.000	50.000	400.000.000	800.000
Otros					
Terrenos	m2	40.000	10.000	400.000.000	800.000
Cierros	m	1.200	12.000	14.400.000	28.800
Inspección	gl	1	50.000.000	50.000.000	100.000
				2.334.400.000	4.668.800

Fuente: Elaboración propia en base a información expertos.

HOJA DE CONTROL

Nombre Proyecto/Propuesta	Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana
Título del Documento	Informe final
Referencia Cliente/ N° Proyecto	Click here to enter text.
N° Proyecto/ Propuesta SDG	22340901

HISTORIA DE ENVÍOS

N° Envío	Fecha	Detalles
----------	-------	----------

REVISIÓN

Generado por	Mabel Leva
Otros colaboradores	Brisa Oñate, Ricardo Ossandón, Ramiro Reyes, Christian Fuentes
Revisado por	Impreso
	Firma

.....

DISTRIBUCIÓN

Cliente: Subsecretaría de Transportes

Steer Davies Gleave:



L:\Projects\223\4\09\01\Outputs\Reports\informe final corregido\informe final corregido enviado\Informe final corregido 8.doc