

Prólogo

Históricamente el ferrocarril ha sido un medio de transporte estratégico para el desarrollo de Chile. Desde que comenzó a funcionar a mediados del siglo XIX y hasta la actualidad se han hecho presentes las ventajas comparativas que este modo entrega, tanto para el transporte de carga como el de pasajeros. El tren está posicionado como uno de los medios de transporte más confiable, seguro y querido por la gente.

Su desarrollo fue próspero hasta la década del 1960, pero posteriormente experimentó un progresivo deterioro que afectó profundamente la situación de la empresa y del transporte ferroviario en general. Sin embargo, hoy está comenzando a retomar una posición de importancia dentro de los sistemas de transporte del país.

Uno de los ejes prioritarios de trabajo durante estos años fue precisamente revivir los ferrocarriles y volver a situarlos en el lugar de avanzada que siempre les ha correspondido, con tres claros ejes prioritarios: una administración eficiente de la Empresa de Ferrocarriles del Estado y sus filiales, el desarrollo de servicios de pasajeros con énfasis en las cercanías y el fortalecimiento del transporte de carga.

Por la configuración geográfica y productiva de nuestro país, el ferrocarril se levanta como una alternativa competitiva y sostenible para el transporte de carga: no sólo ofrece oportunidades de eficiencia al sistema productivo derivadas de economías de escala

en el transporte que en definitiva se pueden traducir en costos de flete, sino que presenta un potencial de reducción de las externalidades del transporte, a través por ejemplo de menores tasas de accidentabilidad y gestión vehicular en carreteras.

Sin embargo, al revisar la participación del ferrocarril en el transporte de carga de la última década se aprecia un relativo estancamiento en los volúmenes transportados, específicamente en la red centro-sur. Las razones que explican esto son múltiples e incluyen en hecho de que la inversión ferroviaria tiende a concentrarse en la atención de pasajeros.

Para los próximos años se prevé en esta zona geográfica un aumento significativo de los proyectos productivos cuya carga tiene potencial para ser transportada competitivamente por tren. Adicionalmente, existe en la red oferta disponible para el transporte de dicha carga, con excepción de un conjunto de tramos específicos. Es justamente dichos tramos donde el Plan de Impulso a la Carga Ferroviaria (PICAF) pone especial énfasis.

Así, el documento que usted tiene en sus manos constituye una propuesta argumentada técnicamente sobre la necesidad de materializar proyectos de infraestructura específicos para mejorar la red ferroviaria centro-sur, con el objetivo de duplicar la carga transportada en ella al año 2020. Esta propuesta plantea la necesidad de generar un nuevo mecanismo de colaboración que consolide el

rol del Estado en este ámbito y que comprometa la participación del sector privado en la materialización de las inversiones en infraestructura aquí presentadas.

Además, este plan es parte de una política más amplia de posicionamiento del ferrocarril en el transporte de carga, de la que deseo destacar dos definiciones estratégicas. La primera se refiere a que los nuevos proyectos de trenes de pasajeros deben considerar la infraestructura adicional para no afectar el correcto desempeño de los ferrocarriles de carga. Como ejemplo está la cuarta vía en el tramo Alameda-Nos y la decisión de que el tren Alameda-Malloco tendrá reservará una tercera vía para carga. La segunda se refiere a planificar el desarrollo portuario nacional considerando accesos ferroviarios dedicados, con capacidad para una participación relevante del modo en las transferencias. Sobre este último punto, el Plan Nacional de Desarrollo Portuario establece compromisos específicos por parte del Estado, las empresas portuarias y ferroviarias.

Con la publicación de este documento queremos generar avances concretos hacia un sistema de transporte eficiente y sostenible, consistente con los lineamientos establecidos en la Política Nacional de Transportes impulsada por nuestro Ministerio. Les invito a hacerse parte de este proceso de gran importancia para el desarrollo económico y social de nuestro país.

Pedro Pablo Errázuriz Domínguez
Ministro de Transportes y Telecomunicaciones

CONTENIDO

6	1 Introducción
6	1.1 Situación actual
7	1.2 Ventajas del ferrocarril
10	1.3 El Plan de Impulso a la Carga Ferroviaria (PICAF)
14	2 Análisis técnico que sustenta el PICAF
14	2.1 Motivaciones
15	2.2 Etapas del análisis
15	2.3 Etapa 1: identificación de nuevas cargas
16	2.4 Etapa 2: definición del tren tipo
16	2.5 Etapa 3: análisis de la red ferroviaria y sus restricciones
17	2.6 Etapa 4: simulación operacional
18	2.7 Etapa 5: evaluación social del portafolio de proyectos
20	2.8 Discusión de resultados
24	3 Resumen y comentarios finales
24	3.1 La propuesta del PICAF
24	3.2 Un cambio en la planificación de infraestructura en la red EFE
25	3.3 Cómo implementar el PICAF
27	3.4 Comentarios finales
29	Bibliografía
31	Anexo N°1: Red ferroviaria nacional
33	Anexo N°2: Base conceptual metodología liberación cuellos de botella
35	Anexo N°3: Política Nacional de Transportes - Lineamientos Ferrocarril
37	Anexo N°4: Detalle de inversiones por tramo de red
39	Anexo N°5: Modelación C-Flex
41	Anexo N°6: Análisis de sensibilidad por distancias de transporte



1 Introducción

Introducción

1.1 Situación actual

En Chile se movilizan anualmente alrededor de 300 millones de toneladas de carga dentro del territorio nacional¹. Según estimaciones realizadas por MTT, en un escenario tendencial de crecimiento del PIB de 4,4% anual, la perspectiva en un horizonte de 20 años es que la producción anual se haya multiplicado por un factor de 2,4, alcanzando aproximadamente 720 millones de toneladas al año. Del tonelaje total mencionado anteriormente, 28 millones de toneladas se transportaron por ferrocarril. Así, su participación

modal estimada en el tonelaje nacional transportado es aproximadamente de 9,4%. Para este promedio, existen diferencias significativas en el nivel de actividad entre las redes ferroviarias del norte y del sur del país², según se muestra en la Tabla N° 1.

De acuerdo a los datos de la tabla, en la red norte se moviliza aproximadamente un 43% más de lo que se transporta en la red centro-sur. Más aún, a nivel de participación modal del tonelaje transportado, la red norte triplica a la red centro-sur. Esta diferencia está determinada por múltiples factores, asociados

tanto a las características de la carga (e.g. producto transportado, sensibilidad de éste al tiempo de viaje, patrones origen-destino) como a la naturaleza de la red (e.g. disponibilidad de infraestructura, configuración de la propiedad de vía y servicios, objetivos de la gestión comercial de las empresas) y al nivel de competencia ofrecida por el modo camión.

Complementariamente, en la tabla se incluye un indicador de toneladas movilizadas por kilómetro de vía en operación. Si bien éste es un índice que beneficia estructuralmente a las empresas de servicio

Tabla N° 1
Oferta de vías férreas y participación de mercado

Empresa	Longitud de red (km)	Nivel de actividad 2012		Indicador de utilización de la infraestructura [Mton/km]
		Tonelaje transportado [MMton/año]	Participación	
Vías: EFE Servicios: Fepasa y Transap	2.140	8,0 Fepasa 3,5 Transap		5,3
TOTAL RED CENTRO-SUR	2.140	11,5	5,7%	5,3
Ferronor	2.300 ³	7,0		3,0
Ferrocarril Antofagasta - Bolivia, (FCAB)	555	5,0		9,0
Compañía Minera del Pacífico CMP, (Romerol), servicio privado	38	2,5		52,6
Sociedad química y minera, SQM (Tocopilla), servicio privado	127	2,0		15,7
TOTAL RED NORTE	1.120	16,5	17,4%	14,7

*nota: donde no se indique lo contrario, los servicios ofrecidos son públicos, las empresas son privadas y la operación de servicios y propiedad de vías es única. Datos de tonelaje y longitud reportados por empresas ferroviarias.

- 1 Análisis en curso por parte de MTT, que siguen una metodología basada en matrices insumo-producto generadas por el Banco Central. Totales para macrozona centro-sur y macrozona norte son 203 y 97 millones de toneladas, respectivamente.
- 2 Actualmente, la oferta de transporte ferroviario la conforman 5.622 [km] de vías que son operadas por empresas públicas y privadas, que además pueden tener carácter de uso público (ofrece servicios a terceros) o de uso privado (realiza el transporte de cargas generadas por la misma empresa). La Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE) participa en el transporte de cargas en conjunto con empresas privadas (Fepasa y Transap). EFE provee a estas empresas de infraestructura (derecho de uso de vías, comunicaciones, señalización, mantenimiento) cobrándoles de acuerdo a una estructura de peajes predefinida contractualmente (canon de acceso, peaje fijo y peaje variable).
- 3 Ferronor tiene en propiedad 2.300 [km] de líneas en distinto grado de deterioro (algunos tramos sólo faja vía), pero 400 [km] se encuentran operativos.

privado (porque la infraestructura desarrollada es funcional a un transporte específico, conocido ex ante y con exclusividad de uso respecto a otros servicios de carga y respecto a servicios de pasajeros), su comparación entre empresas de servicio público es ilustrativa del nivel de actividad en función del tamaño de la infraestructura ferroviaria disponible. Así, por ejemplo, el FCAB mueve un 70% más de carga por kilómetro de vía que los operadores sobre red EFE mostrando, al menos en principio, un espacio interesante de crecimiento para estos últimos⁴.

La participación modal del ferrocarril en Chile es baja en comparación a Estados Unidos, referente mundial del transporte ferroviario; cuya participación de mercado es de 43%. Esto es superior incluso a la presencia del camión, que es de un 31%. En este caso, el indicador de uso de infraestructura presentado anteriormente, se estima en 7,6⁵. Nuevamente, si bien esta alta participación está influenciada por múltiples factores⁶, esto refuerza la idea de que existiría un espacio de crecimiento para el ferrocarril de carga en Chile⁷.

Del análisis de experiencias exitosas en las redes chilenas y en países como EEUU, un factor que surge

como clave para la consolidación del ferrocarril es la *planificación de la infraestructura para carga*. Esto es, el aseguramiento de que los centros de producción incorporen desde etapas tempranas el transporte por tren en el diseño de los proyectos (i.e. acceso, áreas para acopio y de transferencia funcionales a la operación ferroviaria) y que además exista la disponibilidad de infraestructura ferroviaria en la red externa, planificada de manera coherente y que ofrezca condiciones competitivas para el flujo de las mercancías.

1.2 Ventajas del ferrocarril

Entre los argumentos generales a favor del ferrocarril de carga existen, en primer lugar, ventajas que pueden ser capitalizadas por el productor/despachador⁸ por su potencial para menores tarifas de transporte respecto al modo camión:

- **Menor consumo de recursos por tonelada movilizadas:** fundamentalmente debido a las economías de escala que implica la movilización de un convoy de entre 30 y 50 carros, cada uno cargado con el doble de la carga media de un camión. La movilización en bloque de grandes

volúmenes se traduce en que el costo de transporte por tonelada-kilómetro⁹ es en promedio un 50% menor que el camión¹⁰.

- **Mayor capacidad de transporte de la infraestructura para un mismo nivel de inversión:**

El costo de vialidad por kilómetro puede ser hasta 8 veces superior al de inversión en ferrocarril. Esto se explica por: a) el requerimiento de una faja de terreno más angosta (vía simple), y b) por la tecnología más simple que involucra balasto, durmientes, rieles y sujeciones, en comparación con la vialidad que requiere sub-base compactada, base granular y carpeta de rodado. Esto puede resultar también en menores costos de mantenimiento de la infraestructura.

- **Menor Administración**

Logística: un tren con buen aprovechamiento transporta la carga de 80 camiones o más, reduciendo los costos de administración y control de múltiples camiones en los terminales y puertos.

En este sentido, un cálculo simple que resulta ilustrativo es el siguiente. Por un carril de autopista interurbana de buen estándar

4 Más adelante se presenta el concepto de cargas con vocación ferroviaria, que explicaría en parte este mayor nivel de uso de la red de FCAB, pues su trazado es funcional a la distribución de explotaciones mineras en la región de Antofagasta.

5 De acuerdo a Association of American railroads (AAR) y Banco Mundial, en 2012 se movilizaron en Estados Unidos 1,76 mil millones de toneladas por ferrocarril, en una red que alcanza a 228 mil km de vías.

6 En este caso específico es importante destacar consideraciones geográficas (largas distancias de recorrido, asociadas al tránsito costa a costa) y productivas (alta presencia de cargas graneleras).

7 Más aún, el modelo Norteamericano aporta lecciones sobre organización industrial y definiciones técnicas (largos de tren de más de 1,5 [km]), que debiesen ser estudiadas para su implantación en Chile.

8 Se reconocen al menos tres agentes de la cadena logística: el Generador, que produce la carga; el Despachador, que toma las decisiones de modo de transporte (puede pertenecer a la misma empresa del Generador o ser independiente); y el Operador, que tiene a cargo al menos una etapa de transporte y toma decisiones de ruta en ese modo.

9 La unidad [us\$/tk] mide el costo de mover una tonelada por una distancia de un kilómetro.

10 Estudio MTT 2010 estima el costo directo del tren en 14 [\$/tk] y el camión en 29 [\$/tk] considerando un promedio de distintas situaciones observadas. Otros estudios han consignado esta diferencia en hasta tres veces, aunque en la mayoría de ellos excluyen el costo logístico en los extremos del recorrido (porcentaje en camión).

pueden circular del orden de 600 camiones por hora; si cada camión transporta 28 [ton], la capacidad máxima de transporte de carga por dicho carril es de unos 16.800 [ton/h]. Por su parte, por una faja ferroviaria de ancho similar podrían circular hasta 10 trenes por hora de 69 carros (convoyes de 950 [m]), cada uno transportando del orden de 75 [ton]; con esto, la capacidad equivalente de transporte es de 51.750 [ton/h], i.e. tres veces superior¹¹.

Capturar las ventajas de costo del ferrocarril, permite además reducir los costos de la cadena logística de los productos de exportación, con lo que la competitividad del país en este ámbito se ve potenciada. Al respecto es posible mencionar que un estudio realizado para el Consejo Nacional de Innovación

para la Competitividad estimó que el costo logístico en Chile es el doble del observado en países de la OCDE (18% vs 9%). Cruzar el umbral del desarrollo involucra también bajar los costos del transporte, disminuyendo las externalidades sociales y ambientales negativas, la congestión y los accidentes, para ello el modo ferroviario ofrece una gran oportunidad, ya que aportaría además al desarrollo social, por ejemplo en temas medioambientales y de seguridad.

Estas ventajas se dan en mayor o menor medida dependiendo de ciertas características de la carga a movilizar. Así cuando las mercancías tienen estas características las llamamos *cargas con vocación ferroviaria*, y entendemos que por economías de densidad o escala su opción preferente es el ferrocarril.

Las cargas con vocación ferroviaria "ideales" se caracterizan por:

- Ser negocios de grandes volúmenes, concentrados espacialmente en origen y destino¹²;
- Ser de alta densidad [kg/m³]; y
- Tener bajos requerimientos de cuidado en el trasbordo o transporte.

Las cargas que cumplen con todas estas condiciones simultáneamente pueden ser captadas por el ferrocarril con mayor facilidad que aquellas en que falla alguna de ellas¹³. De hecho existen casos exitosos de transporte ferroviario de productos que requieren mayores cuidados en el manejo y transporte (químicos, celulosa), o son de baja densidad

Tabla Nº 2

Comparación de costos para cargas con vocación ferroviaria

Carga	MM ton/año	Número de camiones equivalentes a un convoy	Razón de costos (Costo Camión / Costo Tren)
Hierro en la macrozona norte	6,00	75	2,6
Cobre metálico en la macrozonacentro	0,34	62	2,4
Concentrado de cobre en la macrozona centro	0,80	50	2,6
Ácido sulfúrico en la macrozona centro	1,00	69	1,7
Celulosa en macrozona sur	1,60	60	4,5

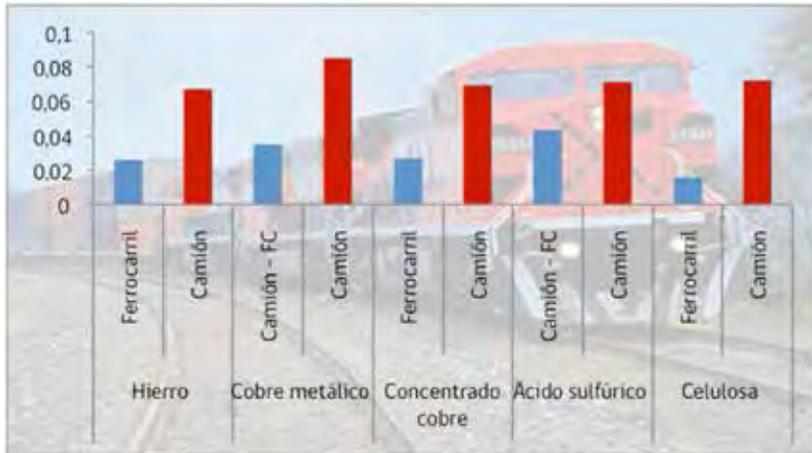
11 Si se usa una carga media del camión de 40 ton (peso total camión 45 ton), este cálculo comparativo resulta en una diferencia de 2 veces. Es decir, para una faja de terreno comparable, la capacidad de transporte del ferrocarril es, como mínimo, el doble que la carretera.

12 En contraposición a cargas "distribuidas espacialmente" en que se requiere que el modo de transporte se cargue progresivamente en distintos puntos o que la carga se concentre previamente en un centro de acopio/distribución

13 Así por ejemplo, mover una carga de baja densidad en ferrocarril es posible aunque inconveniente por costos; movilizar productos delicados es posible pero probablemente sufra mayores mermas; mover volúmenes pequeños requerirá un esfuerzo mayor para armar un tren con diferentes clientes, y la frecuencia de entrega será menor; y por último, si la carga está distribuida en origen o destino, requerirá una etapa de transporte en camión y una transferencia, lo que dependiendo de la distancia podría no resultar conveniente.

Gráfico N° 1

Comparación de costos logísticos por tipo de producto (USD/tk)



Fuente: Estudio MTT 2010

(contenedores, paneles, basura), que son reflejo de una buena gestión comercial de las empresas operadoras.

Para ilustrar en términos concretos estas ventajas de economías de densidad en el transporte de cargas con vocación ferroviaria la Tabla N° 2 y Gráfico N° 1 ilustran una comparación de los costos totales logísticos de movilizar la producción por tren y por camión, para cinco mercados específicos¹⁴. Se contabilizan los costos de operación, peajes y depreciación, para las etapas de transporte y carga/descarga.

Según estos datos los costos unitarios de movilizar la carga por ferrocarril son inferiores al 50% de los costos por camión. Si bien este estudio muestra condiciones ideales de transporte y excluye algunos costos de porteo en que debe

incurrir el ferrocarril, el resultado es ilustrativo sobre las ventajas del modo en estos casos emblemáticos.

Existen también otras ventajas potenciales del ferrocarril, las que no son recogidas por el agente despachador ni por el mantenedor



de la infraestructura, sino que configuran externalidades positivas (i.e. beneficios sobre terceros). Su aplicabilidad dependerá por supuesto de las características de cada proyecto, pero al menos como oportunidades a priori es posible mencionar:

- Mayor regularidad de la cadena logística: Los sistemas de planificación detallada de tráfico y control de itinerarios son parte fundamental del transporte ferroviario, puesto que de otro modo no sería posible el uso óptimo de la capacidad disponible y se comprometería la seguridad al arriesgar colisiones. La figura central en este sentido es el 'canal de circulación', ventana horaria que define al operador un derecho de paso por la vía. Así, es posible conocer con anticipación y alto grado de certeza los horarios de llegada de los convoyes.

14 En este contexto "mercado" se entiende como la combinación de un volumen de un cierto producto entre un origen y un destino determinados.

- **Respaldo de redes ante episodios críticos:** El apostar por una diversificación de la oferta de transporte lleva a que el país se encuentre mejor preparado para responder ante episodios críticos provocados por fuerzas naturales o sociales.

- **Menor riesgo de accidentes:** El ferrocarril se mueve en vías propias, segregado de la vialidad, por lo que existe menor interacción con otros vehículos en el trayecto, reduciéndose únicamente a los cruces ferroviarios¹⁵.

- **Menores emisiones atmosféricas:** Las mismas condiciones citadas sobre eficiencia en el consumo de recursos (crucialmente, la fuente energética de propulsión) que redundan en menores costos, sostienen esta ventaja en términos de menores emisiones, tanto a nivel local (material particulado) como global (CO2).

- **Menor congestión:** El impacto del ferrocarril en la congestión urbana se circunscribe a la interferencia que se da en cruces ferroviarios, la cual es muy inferior al impacto que provoca la circulación de los camiones requeridos para mover igual cantidad de carga.

En la Tabla N° 2 se incluye también un indicador que muestra el número de camiones equivalentes a un tren para ese mercado en particular, lo que resulta ilustrativo de las externalidades que se evitan cuando se opta por el tren de carga.



1.3 El Plan de Impulso a la Carga Ferroviaria (PICAF)

El PICAF propone un curso de acción para asegurar que la red ferroviaria de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE) tenga las condiciones mínimas de capacidad y resistencia para captar 11,5 millones de toneladas de nuevas cargas con vocación ferroviaria, y con esto duplicar su participación actual antes del fin de la década. Para lograr esto se requiere la circulación de trenes más largos, pesados y a mayor frecuencia. Esto involucra inversiones en infraestructura para fortalecer vías y puentes, así como lograr desvíos

de cruzamiento y mejora sistemas de comunicaciones operacionales. En paralelo se requiere que los operadores ferroviarios realicen las inversiones en estos trenes más largos y de mayor capacidad. En este sentido el plan requiere el compromiso y coordinación de actores públicos y privados.

Se presenta también una forma de medir los beneficios que tiene esta intervención, para realizar una evaluación social de los proyectos. Finalmente se propone una estrategia de financiamiento y un calendario de acciones para materializar la cartera definida.

¹⁵ Esto no quiere decir que el riesgo sea cero y que la red ferroviaria no tenga en este sentido un desafío. En efecto, se debe abordar el resguardo de cruces ferroviarios bajo condiciones de seguridad adecuadas para distintas condiciones de operación, lo que requerirá para aquellos segmentos de mayor flujo y mayores velocidades, la materialización de soluciones de desnivelación vial.



2 Análisis técnico que sustenta el PICAFA

Análisis técnico que sustenta el PICAF

Esta sección presenta un resumen del análisis técnico conjunto que realizaron MTT, EFE y las empresas privadas de transporte de carga durante un período de 6 meses entre 2012 y 2013¹⁶.

Como resultado de este proceso se obtuvo una cartera de proyectos por US\$319 millones que permite liberar las restricciones de capacidad de la red EFE mediante mejoras en infraestructura de vías, puentes y sistemas de comunicación, posibilitando de este modo que la carga total transportada en la red EFE se duplique al año 2020, alcanzando los 23 millones de toneladas anuales.

Se estudiaron también los beneficios económicos de implementar esta cartera, obteniéndose indicadores de rentabilidad social positivos, y en algunos casos bastante altos, confirmando las ventajas de competitividad e impactos discutidas con anterioridad.

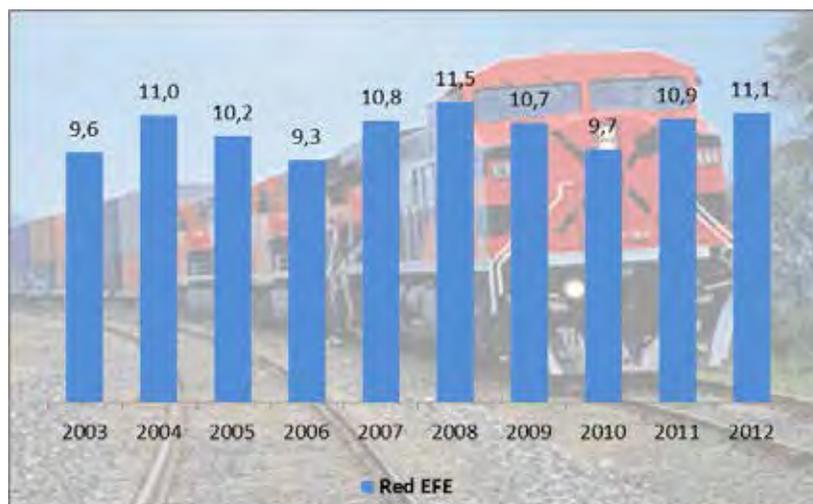
2.1 Motivaciones

El Gráfico N° 2 ilustra la evolución de la carga transportada en la red EFE durante el último decenio.

En la figura se aprecia que las toneladas movilizadas por ferrocarril en la red EFE en los últimos 10 años se han mantenido relativamente estables entre los 9 y los 11

Gráfico N° 2

Evolución carga ferroviaria en Red EFE (MM ton/año)



millones de [ton/año], mostrando una tendencia central al alza de aproximadamente 200.000 [ton/año]¹⁷.

Entre las hipótesis que explican este relativo estancamiento se cuentan:

- Competencia del modo camión: la mayor cantidad y diversidad de oferentes genera la percepción de un mercado más competitivo, con mayor opción de negociar contratos y obtener menores precios, en comparación con el tren que genera la percepción de monopolio/duopolio.
- Plazo de contratos generador-porteador: generalmente 3 a 5 años, tiempo menor al requerido para amortizar inversiones en material rodante. De este modo, se configuraría una barrera estructural a la entrada del ferrocarril en la mayoría de los mercados, con excepción de aquellos en que el tren es considerado desde el diseño del nuevo centro productivo.
- Costos en los extremos del recorrido: la falta de facilidades para llegar a stack de acopio (o costado de nave) en los puertos, o hasta los centros generadores de carga se traduce en un costo elevado que afecta la competitividad del ferrocarril.
- Poca sistematización y coordinación de las inversiones: por un largo período no existió un esfuerzo coherente de inversión en infraestructura ferroviaria para transporte de mercancías, que se

¹⁶ Estudio "Análisis, Priorización y Evaluación Social a nivel de perfil de proyectos ferroviarios de carga en Red EFE", 2010

¹⁷ Cuantificado según una línea de regresión simple. Además, considerando el sistema ferroviario nacional, el desempeño tiene un crecimiento moderado (1,9% anual), aunque superior al de EFE. En contraste, las transferencias en el sistema portuario en el último decenio han mostrado un crecimiento del 5,8% anual.

explica en parte por el abandono del rol planificador del MTT, especialmente en el ámbito de la carga.

En este último sentido, tradicionalmente no han existido instancias autónomas de coordinación entre los operadores de servicios para carga y el administrador de la infraestructura orientadas a generar proyectos de inversión coherentes entre sí y que promuevan la competitividad de la red ferroviaria.

El trabajo técnico desarrollado para consensuar la propuesta contenida en este documento buscó justamente resolver dicha falta de coordinación, con miras a la elaboración de un plan de inversiones que solucionara problemas de capacidad específicos en la red EFE y otorgara el nivel básico de competitividad que requerirían los nuevos proyectos productivos actualmente en análisis por parte de los operadores de carga. En términos resumidos, el área de experticia con que cada parte contribuyó al análisis fue el siguiente:

- Operadores privados: aportaron información de demanda proyectada de acuerdo a un seguimiento a contratos de transporte más probables para el periodo 2013-2020; adicionalmente validaron información operacional como velocidades y configuración de

trenes en la situación actual y para proyectos futuros.

- EFE: aportó información de oferta; estado de la red ferroviaria, y costos unitarios de inversión para los proyectos. Además realizó la simulación de tráfico ferroviario.
- MTT: validó supuestos y criterios en modelación y respecto de metodología de evaluación de proyectos. Adicionalmente, generó un análisis de sensibilidad de los resultados.

2.2 Etapas del análisis

El trabajo siguió las siguientes etapas secuenciales:

- Identificación de nuevos proyectos de generación de cargas con vocación ferroviaria y selección de aquellos proyectos con alta probabilidad de generar contratos de transporte concretos;
- Definición de la configuración tipo de convoyes para cada tipo de contrato;
- Análisis de características de la red ferroviaria e identificación de las limitaciones que se traducen en estrechamiento de capacidad o "cuellos de botella";
- Estimación de costos de las intervenciones en la infraestructura para liberar cuellos de botella;

- Análisis de simulación operacional para determinar el número de trenes por día que admite cada segmento de la red bajo el escenario actual de restricciones, y después de ser liberadas;
- Proposición de una metodología para evaluar socialmente la cartera de proyectos de liberación de cuellos de botella; y
- Evaluación de los beneficios sociales del uso del ferrocarril para esta cartera, sobre un caso base en que las mismas cargas se movilizaran por camión.

A continuación se describe cada una de estas etapas, los principales supuestos utilizados y los resultados obtenidos.

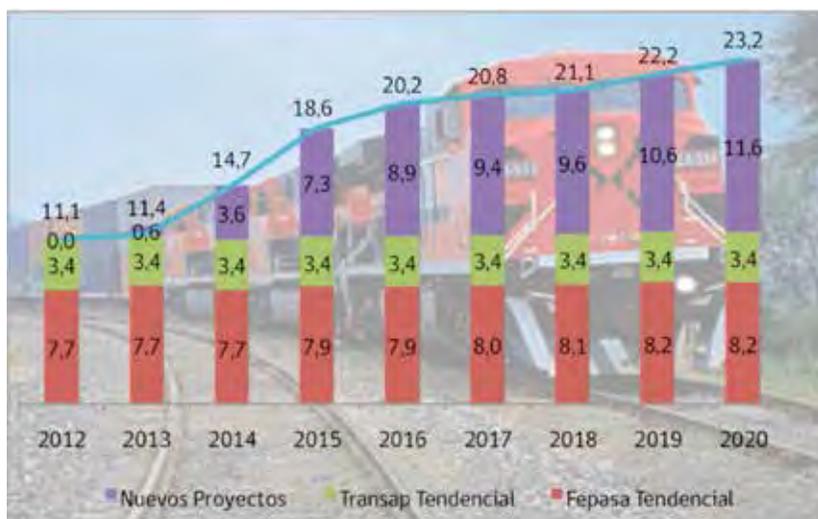
2.3 Etapa 1: identificación de nuevas cargas

El levantamiento de demanda de transporte de nuevas cargas fue realizado directamente por los portadores y EFE, siendo esto posteriormente validado en la mesa de trabajo constituida para la realización del análisis. Así, estos proyectos representan cargas 'capturables' por parte de los operadores, en un caso hipotético en que ellos contarán con una infraestructura férrea libre de cuellos de botella.

Las proyecciones se clasificaron por

Gráfico N° 3

Proyección del transporte ferroviario en toneladas anuales



Fuente: Estudio MTT 2013

proyecto productivo, indicándose su origen y destino, junto con la proyección de toneladas a transportar en el horizonte 2013–2020. La demanda de estas nuevas cargas¹⁸ fue luego sumada a la proyección orgánica de los movimientos existentes (prácticamente constante), obteniéndose los resultados ilustrados en el Gráfico N°3.

Según los datos ilustrados en el Gráfico N° 3, entre 2013 y 2016 entran en producción proyectos que generan un 77% (8,9 millones de [ton]) de las nuevas cargas identificadas, añadiéndose luego

entre 2017 y 2020 el restante 23% (2,7 millones de [ton]). Al término del período, el total de las cargas transportadas por los operadores privados se habrán duplicado.

2.4 Etapa 2: definición del tren tipo

En esta etapa, los operadores ferroviarios propusieron el tren tipo a utilizar en el análisis de cada segmento de la red, especificando su configuración de largo, número de carros y peso máximo admitido por cada carro. Esta definición es relevante porque determina

las necesidades de inversión en a) nuevas locomotoras y carros por parte de los operadores, y b) infraestructura por parte de EFE, en cuanto a longitud de desvíos de cruzamiento y resistencia de los rieles¹⁹.

A nivel general, la industria en Chile busca alcanzar estándares de alta eficiencia, con trenes largos y pesados, más similar al modelo de EEUU que al europeo²⁰. Sin perjuicio de esto, la definición del tren tipo se realizó a nivel de cada segmento relevante de la red, de acuerdo a la evolución esperada de la demanda. Así, por ejemplo, en el corredor Alameda–San Antonio se utilizó un tren tipo de 1.000 metros porque las expectativas de generar un fuerte movimiento de contenedores con el Puerto de San Antonio y la posible expansión a nivel de un Puerto de Gran Escala exigen esta previsión.

La definición de los convoyes tipo busca potenciar servicios ferroviarios en condiciones consideradas *competitivas* por los operadores, es decir, aquellas que permitan un balance entre economías de escala en el transporte e itinerarios de los servicios acordes con las necesidades de los proyectos productivos en cuestión, e imponen condiciones que debe cumplir la infraestructura, tema que se aborda a continuación.

18 En resumen, se trata de 25 iniciativas productivas comprometidas y/o en desarrollo, asociadas a los sectores agroindustrial, forestal, insumos del cemento, minería metálica y gas natural.

19 Una resistencia de riel de 25 ton/eje admite carros de 100 ton brutas, equivalente a 75 ton netas por carro, en cambio una resistencia de 16 ton/eje admite carros de 64 ton brutas, equivalente a 40 ton netas por carro.

20 Históricamente han existido diferencias entre las políticas ferroviarias de ambos: mientras Europa se ha enfocado más en servicios de pasajeros, EEUU ha apostado fuertemente por el FFCC como herramienta para el transporte de cargas. En la actualidad, la participación modal del tren de carga en la Unión Europea es 10%, mientras que en EEUU es 40%.

2.5 Etapa 3: análisis de la red ferroviaria y sus restricciones

Conocido el patrón de demanda anual de carga y la manera en que esta se distribuiría en convoyes tipo, se levantó a continuación los requerimientos de cada uno de los proyectos de transporte respecto de infraestructura de vía. A modo de ejemplo, para la materialización del proyecto de transporte de insumos de cemento se identificó como único requerimiento el aumento de la resistencia de la vía a 25 [ton/eje] en los tramos Quilicura - Chena, Llay Llay - Chena y Llay Llay - Chagres.

De este modo, se identificó un conjunto de proyectos de infraestructura sobre la red EFE en los ámbitos de:

- Rehabilitación y refuerzo de puentes para soportar el paso de convoyes con nuevos carros de 25 [ton/eje];
- Cambio de sistema de señales y comunicaciones para generar más canales de circulación por día en un tramo y de este modo admitir más convoyes;
- Refuerzo de vías para soportar 25 [ton/eje];

- Cambio de estándar de tramos específicos de la vía, para admitir mayor velocidad;
- Construcción de nuevos desvíos de cruzamiento o alargamiento de los existentes, para admitir la circulación de trenes más largos.

La magnitud de estas inversiones fue luego estimada a nivel de perfil por EFE, obteniéndose los resultados agregados que se presentan en la Tabla N°3 (la desagregación en proyectos específicos se incluye en el Anexo N°4).

Tabla N° 3

Inversiones por tipo y por segmento de red (MMUSD)

Zona	Puentes 25 ton/eje	Señalización	Vías 25 Ton/eje	Estándar Vía	Desvíos	TOTAL
1. Los Andes - Alameda Ventanas	13,0	25,0	14,6	0,0	6,0	58,6
2. Barrancas - Alameda - Paine	0,0	30,0	0,0	0,0	6,1	36,1
3. Alameda - San Rosendo	136,9	9,6	24,4	0,0	2,8	173,7
4. Puertos Biobío - San Rosendo	2,7	30,0	0,0	0,0	5,0	37,7
5. Red Sur	0,0	4,7	0,0	1,9	6,0	12,6
TOTAL	152,6	99,28	38,97	1,95	25,94	318,8

2.6 Etapa 4: simulación operacional

El modelo ferroviario C¹FLEX²¹ fue utilizado en dos tareas:

- Poner a prueba la hipótesis de que los cuellos de botella

identificados efectivamente actúan como tales, limitando la capacidad de transporte en sectores específicos de la red; y

- Verificar que las intervenciones propuestas sean consistentes con el patrón espacial y temporal

de demanda estimado para dos cortes temporales futuros (2017 y 2020).

Mayores detalles sobre la simulación se entregan en el Anexo N°5.

²¹ C¹flex es un modelo de análisis ferroviario desarrollado por la empresa del mismo nombre. Esta aplicación utiliza una interfaz basada en el diagrama espacio tiempo conocido como GHT (gráfico horario de trenes) y varias técnicas de optimización para sugerir soluciones que ayudarán en la toma de decisiones estratégicas, y a través de un algoritmo de optimización determina la factibilidad operacional para la circulación de los trenes sobre una determinada red. De este modo es posible conocer la cantidad máxima de trenes que pueden circular en un segmento de red dado.

2.7 Etapa 5: evaluación social del portafolio de proyectos

Metodología

La evaluación social costo-beneficio considera un enfoque tradicional de liberación de cuellos de botella, aplicado al caso ferroviario y considerando como alternativa el modo camión. La base conceptual de esta metodología se puede encontrar en el Anexo N°2.

Los costos utilizados correspondieron a aquellos estimados en la Etapa 3, valorizados a precios sociales según las indicaciones del instructivo SEBI-2013 (Actualización Precios Sociales Proceso Presupuestario 2013) del Ministerio de Desarrollo Social. La tasa social de descuento es 6% y el horizonte de evaluación 20 Años. El factor precio privado a social es 0,85. Se asume un valor residual de las obras de infraestructura de 60%.

Para estimar los beneficios, la metodología utiliza indicadores agregados del beneficio unitario (medidos en pesos por tonelada kilómetro, [\$/tk]) derivado de un cambio modal de camión a tren:

I. Costos operacionales: la estimación se sustentó en valores y resultados de un análisis de redes de transporte previamente desarrollado por EFE²², en el cual se estudia un plan de infraestructura dado y

sus efectos sobre la partición modal, midiéndose los beneficios sociales por ahorro de costos de operación del sistema. Al dividir el beneficio total por la cantidad de toneladas-kilómetro se obtiene un indicador de beneficio unitario que luego de ser actualizado llega al valor de 19,9 [\$/tk]. Por construcción, este indicador es coherente con el concepto de ahorro de costo de operación que se utiliza en Chile para este tipo de evaluación, internalizando las siguientes variables tradicionalmente medidas por MDS y aceptadas en el Sistema Nacional de Inversiones: combustibles, lubricantes, neumáticos, mantención y depreciación²³.

II. Congestión: se estimó el beneficio unitario por descongestión, derivado de la menor cantidad de camiones circulando que afectarían positivamente a otros modos de transporte vial, algo especialmente relevante en el

caso del transporte en los accesos a las ciudades. En este caso, el valor utilizado proviene del Estudio Plan Maestro EFE, y llega a 21,9 [\$/tk], pero corresponde aplicarlo únicamente al tramo urbano del trayecto, pues allí el fenómeno de la congestión se manifiesta en general con mayor fuerza.

III. Otras externalidades: finalmente, el análisis incluyó también a modo referencial, la valoración del diferencial entre modo camión y tren correspondiente a accidentes y cambio climático, con 1,3 [\$/tk] y 4,2 [\$/tk] respectivamente.

El cálculo de indicadores de rentabilidad social se realizó, en dos variantes:

- Considerando sólo costos operacionales (numeral I más arriba); y
- Incluyendo adicionalmente beneficios por externalidades (numerales II y III más arriba).

Figura N° 1
Agrupación de proyectos por segmentos de la red.



²² Estudio "Análisis del Sistema de Transporte de Carga en la Red de EFE", EFE 2009

²³ En la contabilidad propia del ejercicio, no se incorporó eventuales beneficios por ahorro de tiempo de la carga, debido principalmente a que el nivel de precisión requerido para el seguimiento de cadenas logísticas excedía el alcance del estudio.

Cada segmento muestra predominancia de un tipo específico de carga:

Tabla N° 4

Clasificación de la red y orientación a demanda

Segmento de la Red	Tipo de mercado primordial
1: Red Norte : Ventanas - San Pedro; Puerto Valparaíso - Calera; Llay Llay - Los Andes	Minería del cobre. Insumos del cemento. Granos agrícolas. Gas natural comprimido.
2: Alameda Barrancas : Puerto San Antonio - Santiago; Talagante - Paine	Contenedores. Insumos del cemento. Agroindustriales. Ácido Sulfúrico.
3: Alameda San Rosendo : Santiago - Chillán - San Rosendo	Contenedores. Agroindustriales. Forestales. Gas natural comprimido.
4: Red Región Biobío : San Rosendo-Talcahuano; Horcones - Lirquén	Industria forestal (paneles, cartulinas, trozos).
5: Red Sur : San Rosendo - Puerto Montt	Industria forestal (cartulinas, trozos).

Los proyectos de inversión que constituyen el portafolio completo fueron agrupados según área geográfica y tipo de carga transportada, lo que se denominó "segmentos". Estos se ilustran en la Figura N° 1.

Por construcción, las unidades de análisis "segmento", compuestas por los proyectos de inversión y sus evaluaciones costo/beneficio, son agregables, obteniéndose la evaluación total del proyecto como la agregación de sus partes²⁴. Esto tiene el beneficio adicional de permitir verificar que no existan 'subsídios' de rentabilidad social entre segmentos geográficos.

Resultados

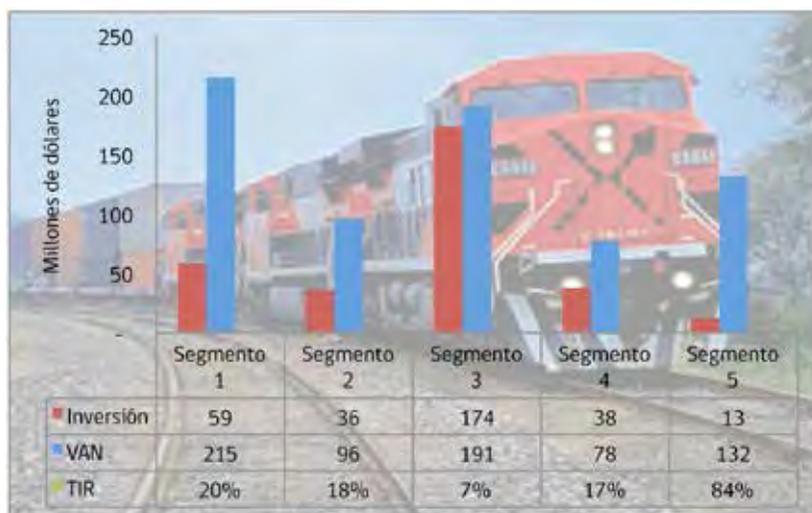
Los resultados de la evaluación según la variante A (i.e. sólo beneficios por ahorro de costos) se muestran en el Gráfico N° 4.

Los resultados muestran que los cinco segmentos obtienen indicadores de rentabilidad positivos y por sobre el umbral exigido por MDS para que los proyectos opten

a inversión pública. El VAN total del portafolio sobre la base de beneficios por ahorros operacionales, alcanza a US\$712 millones.

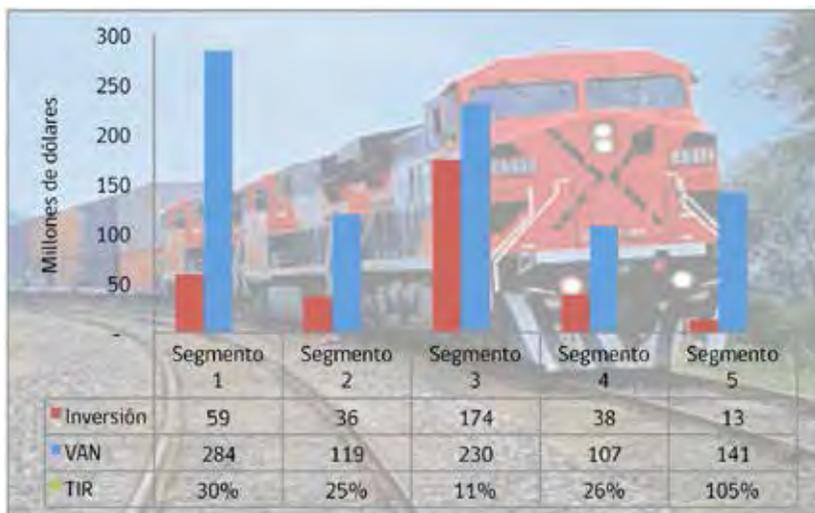
Gráfico N° 4

Indicadores de evaluación sin incluir externalidades



²⁴ Sólo en la medida que se ejecuten todas las inversiones y, por ende, se liberen los *cuellos de botella* que posibilitan los flujos origen-destino contemplados en la estimación de demanda.

Gráfico N° 5
Indicadores de evaluación considerando externalidades



Los resultados de la evaluación según la variante B (i.e. beneficios por ahorro de costos y externalidades) se muestran en el Gráfico N° 5.

El Gráfico N° 5 muestra que, al incorporar los beneficios derivados de menores externalidades, el resultado fundamental se potencia, todos los indicadores suben y presentan indicadores de rentabilidad social por sobre el umbral de MDS. El VAN total del portafolio aumenta en un 24% hasta US\$880 millones.

2.8 Discusión de resultados

El análisis presentado muestra resultados elocuentes respecto de los beneficios sociales de la implementación de la cartera de proyectos de reforzamiento de capacidad en la red ferroviaria. En primer lugar se destaca que ésta no es una cartera que se justifique únicamente por impactos o externalidades; existen beneficios por ahorro de congestión y accidentes, pero aún sin considerar estas fuentes, la cartera tiene beneficios sociales por ahorro de

costos sociales directos (costos de combustibles, lubricantes, mantenimiento de vehículos, etc.).

Si bien la metodología de evaluación es simplificada pues utiliza factores de beneficio unitario que representan la diferencia de costos entre camión y ferrocarril, las fuentes de información para la estimación de tales factores son estudios recientes encargados por EFE y MTT, en los cuales se han utilizado modelos de redes de transporte en el contexto nacional (calibradas reproduciendo flujos y modelando escenarios alternativos de desarrollo) y/o se ha estimado funciones de costos detallados. Luego, estas fuentes dan sustento técnico a los factores unitarios, y a través de ellos, a los resultados aquí presentados.

Adicionalmente, la evaluación social desarrollada cumple con los requerimientos de la metodología de presentación de proyectos al Sistema Nacional de Inversiones. Si bien, esta metodología especifica que cada proyecto debe ser evaluado independientemente, es evidente que estas intervenciones deben ser analizadas como conjuntos coherentes para una subred dada, pues existen sinergias entre ellos (liberar un cuello de

25 Supone 28 ton/camión, 312 días por año, viajes con retorno vacío. Son 1317 vehículos por sentido.

botella, manteniendo el los otros activos en un tramo, no genera un aumento de capacidad).

En total, el transporte de 11,5 millones de toneladas en camión implicaría sumar un promedio de aproximadamente 2.600 nuevos movimientos de vehículos pesados por día en la red vial²⁵. Considerando que las demandas no están distribuidas en forma geográficamente homogénea, existen tramos en que el impacto vial podría ser muy relevante. Por ejemplo, el plan considera para el tramo ferroviario San Pedro-Ventanas una demanda capturada de 2,8 millones de toneladas de la gran minería del cobre. De realizarse por camión, esto implicaría aproximadamente 640 camiones por día, es decir, un camión cada 100 segundos. El flujo actual de camiones en la ruta F-20, alternativa vial natural para la llegar a puerto Ventanas, es de 951 vehículos pesados²⁶. Este aumento del 67% podría gatillar un deterioro del nivel de servicio tal que se requiera realizar inversiones de aumento de capacidad vial para recuperar el nivel de servicio que había previamente. Es decir, se invertiría en vialidad en forma reactiva, consolidando un status de mayores costos sociales por mayores



impactos y pérdida de eficiencia.

Otro ejemplo en el mismo sentido es el ramal Alameda Barrancas (Santiago - San Antonio), sobre el cual en el presente plan se contempla movilizar 2,1 millones de toneladas. Bajo los mismos supuestos anteriormente aplicados para Ventanas, se deduce un flujo adicional de 480 camiones diarios, equivalente a un aumento de 20% en el flujo actual de camiones que utilizan la Ruta 78.

26 Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) año 2012, camiones sin factor de equivalencia (www.vialidad.cl).



3 Resumen y comentarios finales

Resumen y comentarios finales

3.1 La propuesta del PICAF

El Plan propone, en esta primera etapa, un portafolio de inversiones por un total de 319 MMUSD, cuyas componentes se indican en la Figura N° 2.

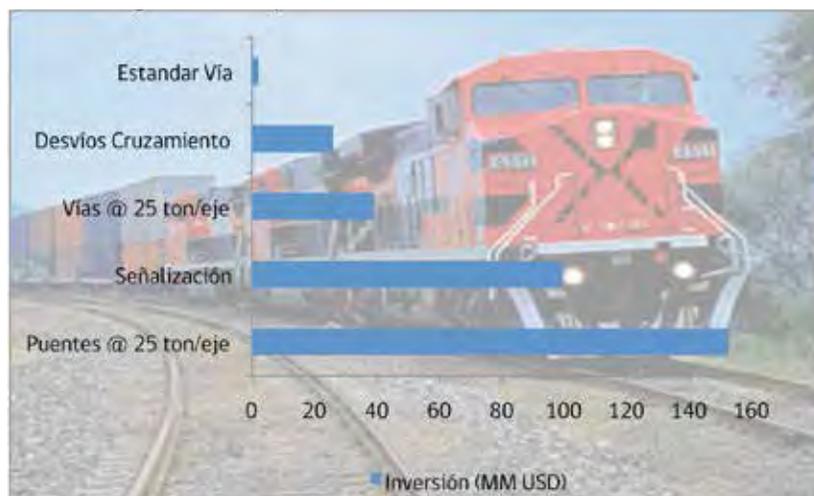
Casi la mitad del plan de inversiones se concentra en mejoras a puentes (47%), repartiéndose el resto en inversiones en señalización (31%), mejoras a vías (12% en peso por eje y 2% en aumento de estándar) y desvíos (8%).

La cartera de proyectos propuestos fue desarrollada como un esfuerzo conjunto de MTT, EFE y las empresas privadas de transporte de carga, Fepasa y Transap. Esta cartera se construyó:

- I. Identificando un conjunto de proyectos productivos específicos cuyas cargas tuviesen alta 'vocación ferroviaria'. Este análisis produjo un listado de 25 proyectos disponibles para sumar 11,5 millones de toneladas al sistema ferroviario al año 2020;
- II. Individualizando los segmentos de la red ferroviaria donde la infraestructura disponible actuara como 'cuello de botella' para las necesidades operacionales del transporte competitivo de estas cargas;
- III. Determinando las mejoras físicas necesarias para su solución y cuantificando operacionalmente la factibilidad de que la red tuviera capacidad efectiva de transporte del tonelaje total identificado; y

Figura N° 2

Composición de la cartera de inversiones del PICAF



IV. Evaluando el caso de negocio social relacionado al portafolio de mejoras, lo que resultó en un valor presente neto de 712 MMUSD y una tasa interna de retorno de 29%, sin incluir el valor monetizado de las externalidades por tiempo de viaje y accidentes (incluyéndolas, los indicadores mejoran a 880 MMUSD y 39%, respectivamente).

El PICAF propone que esta cartera de proyectos forme parte del Plan Trienal de Desarrollo 2014-2016 de EFE. Dicho plan considera como fuentes de financiamiento aportes directos del Estado, recursos propios de la empresa y endeudamiento, añadiéndose por primera vez la figura de un fondo de inversiones, al cual los actores privados podrían realizar aportes complementarios.

El portafolio de inversiones se considera factible de materializar en el plazo de 3 años requerido por el Plan Trienal, al tratarse de

inversiones relativamente poco invasivas, las que además se encuentran distribuidas a lo largo de la red y por lo tanto debieran poder trabajarse en paralelo.

3.2 Un cambio en la planificación de infraestructura en la red EFE

Las inversiones propuestas apuntan al objetivo de duplicar el tonelaje total transportado en la red EFE, llegándose a un total de 23 millones de toneladas al año 2020. El cumplimiento de esta meta significaría:

- Romper una tendencia histórica del movimiento ferroviario de carga en el país: por los últimos 10 años, el tonelaje transportado se ha mantenido prácticamente constante en torno a los 11 millones de [ton/año].

- Mejorar la utilización de la red ferroviaria existente: de acuerdo al indicador comparativo de utilización de la infraestructura presentado en la Tabla N° 1, el PICAFA significaría pasar del actual 5,3 [Mton/km] a 10,6 [Mton/km], superior al valor de 9,0 [Mton/km] de FCAB.
- Si estas inversiones en infraestructura no se materializan, las nuevas cargas serían movilizadas en camión. A modo ilustrativo, transportar 11,5 millones de toneladas significa una circulación de más de 2600 camiones por día. Esto implica que la sociedad debe hacerse cargo de un mayor impacto sobre la seguridad en carretera, sobre la congestión urbana provocada por estos camiones y, por supuesto, la pérdida de los beneficios por economías de densidad. Más aún, la sociedad deberá hacerse cargo de las inversiones en aumento de capacidad vial para estos nuevos tráficos de camiones.

Históricamente, los planes de inversión de EFE han estado orientados al desarrollo del transporte de pasajeros: de los más de US\$1.600 millones que la empresa invirtió en infraestructura entre 2002 y 2013, sólo US\$26 millones²⁷, equivalentes al 1,6%, han correspondido a infraestructura motivada por el transporte de carga. Si bien parte del restante 98,4% invertido en pasajeros se dedicó a proyectos que beneficiaron de manera complementaria a la carga

(por ejemplo, la recuperación de la vía al sur de Chillán permite la circulación de trenes de carga que de otro modo no hubiera sido posible²⁸), han existido también proyectos en que el efecto ha sido el inverso (por ejemplo, el soterramiento de Merval en 2005 limitó fuertemente el potencial del tren como opción para cargas del puerto Valparaíso). Desde un punto de vista estratégico, la existencia de un conjunto concreto y coherente de proyectos orientados al transporte de carga no sólo repercute de manera directa en la capacidad de transporte y captación de carga de la red ferroviaria, sino que además enriquece la manera en que EFE planifica inversiones, al poner de manifiesto la necesidad de balancear los requerimientos de los pasajeros con aquéllos de la carga y el aparato productivo del país.

3.3 Cómo implementar el PICAFA

La Política Nacional de Transportes en el ámbito ferroviario releva la importancia del transporte de carga e incluye entre sus líneas de acción principales el desarrollo del tren en ese segmento. Según criterios establecidos en ella sobre eficiencia, impactos del transporte, diversificación de oferta y competitividad país, tanto el sector público como el privado cumplirán un rol activo en la materialización exitosa del PICAFA. Así, en contrapartida a las intervenciones en la vía férrea que materialice EFE, los privados deberán concretar tanto inversiones en material rodante acordes con la demanda estimada, como contribuciones a través de peajes y aportes directos al fondo de inversión.



27 Rehabilitación del tramo San Pedro-Ventanas, ejecutada como parte del Plan Trienal 2011-2013.

28 En términos de confiabilidad, pues el estado de mantenimiento de las vías es determinante en la probabilidad de desrielo.

En lo que respecta a los actores públicos, el PICAF propone un rol activo de parte de MTT, el cual actuaría como impulsor principal de la implementación del plan, coordinando regularmente el trabajo de EFE, la Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda, el Ministerio de Desarrollo Social y los demás actores públicos y privados relevantes. En este sentido, se propone una plataforma de implementación y seguimiento del PICAF que opere en dos niveles:

- Trabajo regular en la Comisión de Facilitación del Transporte Ferroviario²⁹, cuya creación se encuentra actualmente en trámite. Esta Comisión se reunirá cada dos meses, elevando los respectivos informes de avance

al Ministro de Transportes y Telecomunicaciones; y

- Coordinaciones y avances presentados cada seis meses por MTT a la Comisión Nacional para el Desarrollo Logístico, comité de ministros que asesora al Presidente de la República en el desarrollo de políticas y proyectos orientados al desarrollo eficiente del transporte de carga.

En base a los resultados descritos en esta sección, este Plan propone la implementación de la cartera de proyectos en forma integral, evitando una eventual realización por etapas o la selección de los segmentos más rentables dentro del total. Esto, porque las demandas de carga estimadas provienen de

desarrollos industriales planificados para iniciar operaciones entre 2013 y 2016, los que deben planificarse con acceso ferroviario al comienzo de la etapa de diseño de los mismos. Si el sistema ferroviario no se encuentra habilitado para movilizar tales demandas, los desarrollos industriales mencionados se adaptarán al transporte por camión, y a partir de ese momento posiblemente será mucho más difícil la migración al sistema ferroviario.

La Tabla N° 5 muestra un cronograma para la implementación de este plan.

Tabla N° 5
Acciones del plan, encargados e hitos

Proyecto	Lídera	Hitos relevantes
Creación de comisión formal para seguimiento a proyectos del PICAF	MTT	Decreto supremo ingresa a CGR: Dic 2013 Sesiones de la comisión: desde Mar 2014, frecuencia mensual.
Gestión de Plan Trienal 2014-2016	MTT	Decreto supremo ingresa a CGR: Feb 2014
Gestión de resolución favorable de MDS a la cartera	EFE	Gestión de RS: Ene-Jun 2014
Licitación estudios de diseño de ingeniería para proyectos	EFE	Licitación de primeros estudios: Mar 2014
Licitación de obras civiles para los proyectos	EFE	Licitaciones de ejecución primeras obras: Mar 2014
Gestión de financiamiento complementario vía fondo de inversiones	EFE	Diseño del fondo de inversiones: Dic 2013 Gestiones con sectores público y privado: Feb 2014

²⁹ En esta comisión se considera la participación formal y permanente de MTT, EFE y los porteadores ferroviarios.



3.4 Comentarios finales

El desarrollo aquí presentado se refiere a acciones sobre la infraestructura ferroviaria en red EFE. Complementariamente, MTT impulsa líneas de trabajo paralelas para impulsar el transporte de carga por ferrocarril. Entre ellas destaca el esfuerzo de incorporar el tema de accesibilidad ferroviaria en el Plan Nacional de Desarrollo Portuario (PNDP) que se lanzará en diciembre de 2013. En él se prevén las inversiones, coordinaciones y análisis para materializar, consolidar o fortalecer el transporte ferroviario en puertos estatales.

Por otra parte, en el ámbito de la infraestructura se destaca la definición política adoptada por MTT en conjunto con EFE, respecto de que los nuevos proyectos de

servicios ferroviarios de pasajeros deberán considerar el mantener la oferta disponible para carga, disponiendo de una segunda, tercera o cuarta vía que asegure que la capacidad no se verá afectada.

Desde el ámbito de las regulaciones, se está explorando adaptaciones a los instrumentos de la Ley de Medioambiente para que los grandes proyectos de cargas masivas consideren desde el inicio del análisis la opción ferroviaria. Asimismo, se revisará los aspectos que requieren actualización en la Ley General referida al modo.

Estas líneas de trabajo reafirman la posición del MTT de fortalecer el transporte ferroviario de carga en los mercados en que efectivamente muestra ventajas competitivas y genera beneficio social.

Bibliografía

- **Análisis, priorización y evaluación social, a nivel de perfil, de proyectos ferroviarios de carga en red EFE**, 2013, EFE-ECS
- **Modelación y Simulación de la Red Ferroviaria**, 2013, EFE-ECS
- **Plan Nacional Desarrollo Portuario**, 2013, MTT
- **Política Nacional de Transporte**, 2013, MTT
- **Análisis del Transporte Ferroviario de Carga**, 2011, MTT-Libra Consultores
- **Análisis de la Competitividad entre el transporte caminero y ferroviario respecto al acceso a puertos**, 2011, MTT-Inecon
- **Análisis de costos y competitividad de modos de transportes terrestre de carga interurbana**, 2011, MTT-Steer Davies
- **Estudio Plan Maestro**, 2010, EFE-BOOZ&CO
- **Estudio de evaluación social servicio de transporte de carga**, 2009, Efe-Citra
- **Análisis Económico del Transporte de Carga Nacional**, 2009, MTT-Ciprés
- **Diagnóstico del Modo de Transporte Ferroviario**, 2007, MTT

Anexo 1: Red ferroviaria nacional



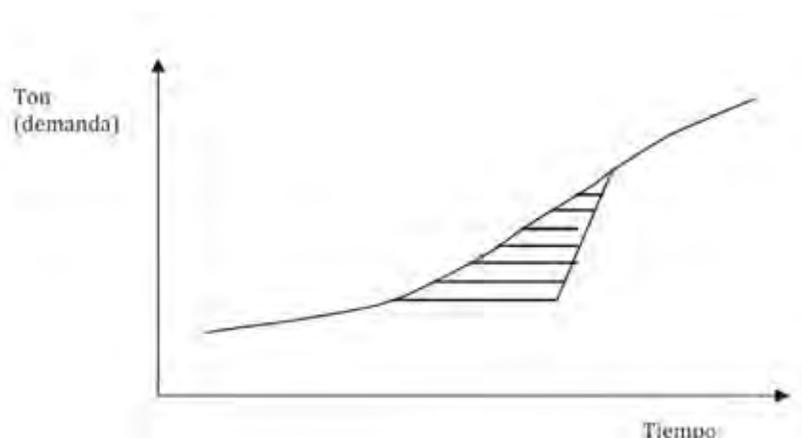
Anexo 2: Base conceptual metodología liberación cuellos de botella

En general la operación de un sistema de transporte es muy sensible a la existencia de angostamientos que restringen su capacidad en un punto dado de la vía. Para una operación eficiente es necesario que la capacidad sea homogénea a través de toda la longitud de la vía, o por lo menos, adaptado a las condiciones de demanda enfrentadas. Los angostamientos (conocidos como Bottlenecks en la literatura) pueden producirse por causas operacionales (Ej. un tren averiado que se detiene en la vía, o un incidente de cualquier tipo) o por razones de diseño (Ej. reducciones de capacidad causados por obras inconclusas, mal resueltas, falta de desvíos, blocks demasiado cortos, etc.). En ambos casos se generan flujos inestables y condiciones de congestión cuando el flujo se aproxima a la capacidad del angostamiento. Esto genera zonas de alta densidad de tráfico (y baja velocidad de operación) que se propagan aguas arriba mientras el flujo entrante sea superior a la capacidad en el angostamiento. La condición de congestión solo empezará a disiparse cuando el flujo entrante disminuya por debajo de la capacidad. Estos fenómenos reducen significativamente los niveles de servicio de la infraestructura ferroviaria. Considerando la estructura del sector productivo al que sirve mayoritariamente el sistema ferroviario de transporte de carga (empresas generadores de carga que generan despachos en forma muy regular), la existencia de cuellos de botella termina constituyéndose en restricción activa para el sistema ferroviario, la que es capitalizada por el modo alternativo: camión, cuyo

nivel de uso genera impactos sociales que han sido ampliamente dimensionado en diversos estudios previos. Así, en el caso de vías ferroviarias los cuellos de botella reducen el flujo efectivo que utiliza la vía por unidad de tiempo (tren/día), principalmente en los períodos de mayor solicitación, reduciendo el nivel de uso del modo. El análisis del efecto real producido por los cuellos de botella, puede ser muy complejo en redes de transporte reales con muchas rutas alternativas, sin embargo en el caso del sistema ferroviario nacional el análisis y evidencia empírica es más simple. La demanda que no es capaz de ser servida por el modo ferroviario es captada en forma muy flexible por el sistema de transporte caminero (camión), que tiene la capacidad de adaptar rápidamente la oferta a la demanda. Más aún, si las restricciones operacionales se mantienen por un tiempo prolongado, pueden restringir el desarrollo de actividades

socioeconómicas en el área de influencia de la vía. Si se considera una situación de referencia en que la vía posee una capacidad homogénea sin restricciones por angostamientos y se supone que la red de vías está operando en equilibrio dinámico, es lógico que el flujo que pasa por una sección determinada varíe a través del tiempo con tendencias que son afectadas por variables seculares como la población, el empleo, el ingreso, etc. Si en una sección de la vía se introduce angostamientos que reduzcan su capacidad disminuyendo su nivel de servicio, se generará un nuevo equilibrio en el sistema ya que la restricción introducida provocará reasignaciones de flujos hacia modos alternativos (camión), reduciendo la tasa de crecimiento de los flujos que pasan por la sección de vía afectada. Por lo tanto, una evaluación del efecto de las restricciones introducidas por los angostamientos puede realizarse comparando las

Anexo 2, Figura N° 1:
Ejemplo Ilustrativo de "bottleneck"



trayectorias temporales de los flujos en las situaciones con y sin angostamientos (ver Anexo 2, Figura N° 1). En la presentación esquemática de la figura se muestra la evolución de los flujos en dos situaciones con y sin restricciones. En la situación de referencia, sin restricciones, los flujos evolucionan creciendo de acuerdo a la influencia de las variables socioeconómicas subyacentes (variables independientes que determinan las demandas por transporte de carga) y a los niveles de servicio de los modos alternativos: ferroviario y camión. Las tasas de crecimiento dependen en cada período del equilibrio entre las variables de oferta (características operacionales de los modos y tarifas) y de demanda (producción sectorial). Cuando se introducen restricciones o angostamientos se reduce la capacidad y por lo tanto se reduce también la tasa de crecimiento temporal de los flujos. Si la restricción es muy importante en términos de reducción de

capacidad, las tasas de crecimiento de los flujos en el modo ferroviario pueden ser cero mientras la restricción esté presente. Si se compara ambas trayectorias de evolución temporal de los flujos se puede calcular la reducción de demanda captada por el modo ferroviario que es provocada por los angostamientos, la que en el Anexo 2, Figura N° 1 está representada por el área achurada. Por lo tanto si se cuenta con suficiente información real referente a la evolución temporal de los flujos durante los períodos en que se producen las restricciones y períodos en que éstas no existen, se puede realizar un análisis econométrico de los datos para obtener una estimación de la trayectoria en la situación hipotética de referencia en que las restricciones no existieran. En general los efectos de una restricción activa se prolongan más allá del período en que la restricción está presente. Es decir los flujos tardan un período adicional, después de la liberación,

en alcanzar las magnitudes que tendrían en la situación en que la restricción no hubiera existido. Esto se debe a que los agentes tardan en internalizar la nueva situación, ya que deben cambiar nuevamente su comportamiento para adaptarse a las nuevas condiciones. En nuestro caso, referente a cuellos de botella en el sector ferroviario, se trata de determinar cuál es el efecto para la sociedad de la existencia de restricciones de capacidad provocadas por los angostamientos. El análisis y la evaluación del impacto de las restricciones mencionadas, se basa en la hipótesis de que los taponamientos operan como barreras activas, y esta se pone a prueba con técnicas de análisis de redes previamente desarrollados. Al efecto, en el estudio "Análisis del Sistema de Transporte de Carga en la Red de EFE", (EFE-2009) se determinó mediante análisis económicos y de redes de transporte el beneficio social derivado de aumentar la participación del modo ferroviario. A partir de dicho estudio es posible determinar valores unitarios de beneficio social por tonelada kilómetro que se generan al traspasar carga desde el sistema caminero al ferroviario. Estos análisis se sustentan en equilibrios de costos marginales (sistema) entre modos camión y tren, a nivel de red. Este análisis puede complementarse con la valoración de los diferenciales de externalidades negativas que generan ambos tipos de modos, los cuales han sido tratados en la literatura especializada en el estudio INFRAS-2000, que ya ha sido usado ampliamente en estudios ferroviarios y es parte de la metodología ferroviaria considerada por MTT-SECTRA.



Anexo 3: Política Nacional de Transportes – Lineamientos Ferrocarril

Eje Planificación

- El desarrollo de ferrocarriles se focalizará en proyectos con reconocido impacto social positivo. En el caso de trenes de pasajeros se privilegiará los de cercanías (suburbanos). En el caso de la carga, las prioridades serán fruto de una planificación estratégica y de largo plazo, consistente con los planes de desarrollo del sistema portuario y de los pronósticos de crecimiento de centros de generación/ atracción de carga doméstica.
- Además la planificación de las redes se hará en conjunto para carga y pasajeros protegiendo el desarrollo futuro de ambos actores y considerando la vocación productiva de las regiones en que están circunscritos.
- En particular, la política inducirá a que los grandes proyectos de carga masiva, así como también los de cargas peligrosas, consideren como opción prioritaria el transporte por ferrocarril, para evitar el impacto de congestión y seguridad sobre carreteras.
- El estándar de los nuevos proyectos ferroviarios de pasajeros será consistente con los del transporte público, metro y bus (no sustancialmente superior ni notoriamente inferior). Además, en su construcción no se comprometerá la capacidad de los servicios de carga.

Eje financiamiento

- Los proyectos ferroviarios para carga se ejecutarán a través de aportes públicos y privados.
- Del mismo modo, los proyectos ferroviarios para pasajeros contarán tanto con fuentes de financiamiento público como privado. En el caso de financiamiento público, el tratamiento será similar al de otras obras de infraestructura para transporte público.
- Los servicios ferroviarios de pasajeros, en su carácter de transporte público con bajas externalidades y alto impacto social, se consideran elegibles para ser objeto de subsidios a la operación. Además de un análisis de rentabilidad social, los criterios para la estimación del subsidio deben considerar incentivos a una operación eficiente.

Corrección de distorsiones

- La política buscará inducir una participación eficiente de cada modo de transporte usando esquemas tarifarios eficientes (peajes sin distorsiones) como a través de subsidios eficientes (compensaciones por impactos y externalidades).

Institucionalidad

- Las leyes y normas que guían el desarrollo del modo ferroviario se revisarán para asegurar que ponen los incentivos adecuados a la modernización y aumento de participación que requiere el país para mejorar su competitividad.
- La institucionalidad asegurará un adecuado control de la normativa ferroviaria con el fin de incentivar eficiencia y desarrollar la confiabilidad.
- Se establecerán programas específicos para mejoramiento de los niveles de seguridad en la circulación ferroviaria, el resguardo de la vía, la protección de cruces y campañas de información y educación para evitar comportamientos de riesgo.

Anexo 4: Detalle de inversiones por tramo de red

Zona	Nombre Tramo	Inversiones del Plan (MMUSD)					Total
		Puentes 25 ton/eje	Señalización	Vía 25 ton/eje	Estándar Vía	Desvíos	
Norte	Ventanas-San Pedro	-	-	-	-	2,0	2,0
	Llay Llay-Los Andes	3,3	-	4,1	-	-	7,4
	Los Andes-Rio Blanco - Saladillo	-	-	-	-	-	0,0
	Puerto-Limache	-	-	-	-	-	0,0
	Limache-Montenegro	-	-	4,6	-	2,0	6,6
	Montenegro-Polpaico	5,9	10,0	2,5	-	1,0	19,3
	Polpaico-Alameda	3,8	15,0	3,4	-	1,0	23,3
	Alameda-Talagante	-	5,0	-	-	4,2	9,2
	Talagante-Paine	-	-	-	-	-	0,0
	Talagante-Barrancas	-	25,0	-	-	2,0	27,0
Centro	Alameda-Nos	7,8	-	-	-	2,8	10,5
	Nos-Paine	-	-	-	-	-	0,0
	Paine-Rancagua	-	-	-	-	-	0,0
	Rancagua-San Fernando	17,9	-	-	-	-	17,9
	San Fernando-Chillán	100	-	-	-	-	100,0
	Talca-Constitución	-	-	-	-	-	0,0
	Chillán-San Rosendo	11,3	9,6	24,4	-	-	45,3
	San Rosendo-Hualqui	2,2	15,0	-	-	-	17,2
	Hualqui-Concepción	0,5	-	-	-	-	0,5
	Concepción-Talcahuano	-	-	-	-	-	0,0
	Concepción-Lomas Coloradas	-	-	-	-	-	0,0
	Rucapequén-Nueva Aldea	-	-	-	-	-	0,0
	Concepción-Lirquén	-	15,0	-	-	1,0	16,0
	Lomas Coloradas-Coronel	-	-	-	-	-	0,0
	Coronel-Horcones	-	-	-	-	4,0	4,0
San Rosendo-Victoria	-	3,2	-	-	3,0	6,2	
Sur	SantaFe-Los Angeles	-	-	-	-	-	0,0
	Coigüe-Nacimiento	-	0,0	-	2,0	-	2,0
	Antilhue-Valdivia	-	-	-	-	-	0,0
	Victoria-Temuco	-	1,4	-	-	2,0	3,4
	Temuco-Mariquina	-	-	-	-	1,0	1,0
	Mariquina-Osorno	-	-	-	-	-	0,0
	Osorno-Puerto Montt	-	-	-	-	-	0,0
Total	152,6	99,9	39,0	2,0	25,9	318,8	

Anexo 5: Modelación C-Flex

El modelo ferroviario C-FLEX fue utilizado por EFE para poner a prueba la hipótesis respecto de que los cuellos de botella de la infraestructura actúan efectivamente como barreras (o tapones activos), limitando el mayor transporte de carga ferroviario, en algunos sectores de la red. Luego, EFE modeló un escenario al año 2017 considerando las características de infraestructura de la Situación Base y demandas que incluyeron los canales de circulación actualmente solicitados por las empresas porteadoras (2012) y los trenes adicionales requeridos para el transporte asociado a los nuevos proyectos al año 2017.

La unidad de análisis es trenes-día, aunque el modelo C-FLEX realiza una simulación de las 24 horas, segundo a segundo. La relevancia de considerar los canales solicitados apunta en el sentido de modelar una solicitud "máxima", que

permite que se hagan activas las restricciones de capacidad de la infraestructura ferroviaria.

Seguidamente, EFE modeló un escenario al año 2020 considerando las características de infraestructura de la Situación Base y demandas que incluyeron los canales de circulación actualmente solicitados por las empresas porteadoras (2012) y los trenes adicionales requeridos para el transporte asociado a los nuevos proyectos al año 2020.

Complementariamente, se modeló con C-FLEX localizadamente un escenario de plazo mayor para el sector de Puerto San Antonio, ya que como se explicó, en ese sector se prevén mayores solicitudes a largo plazo y el análisis tiene mirada de futuro.

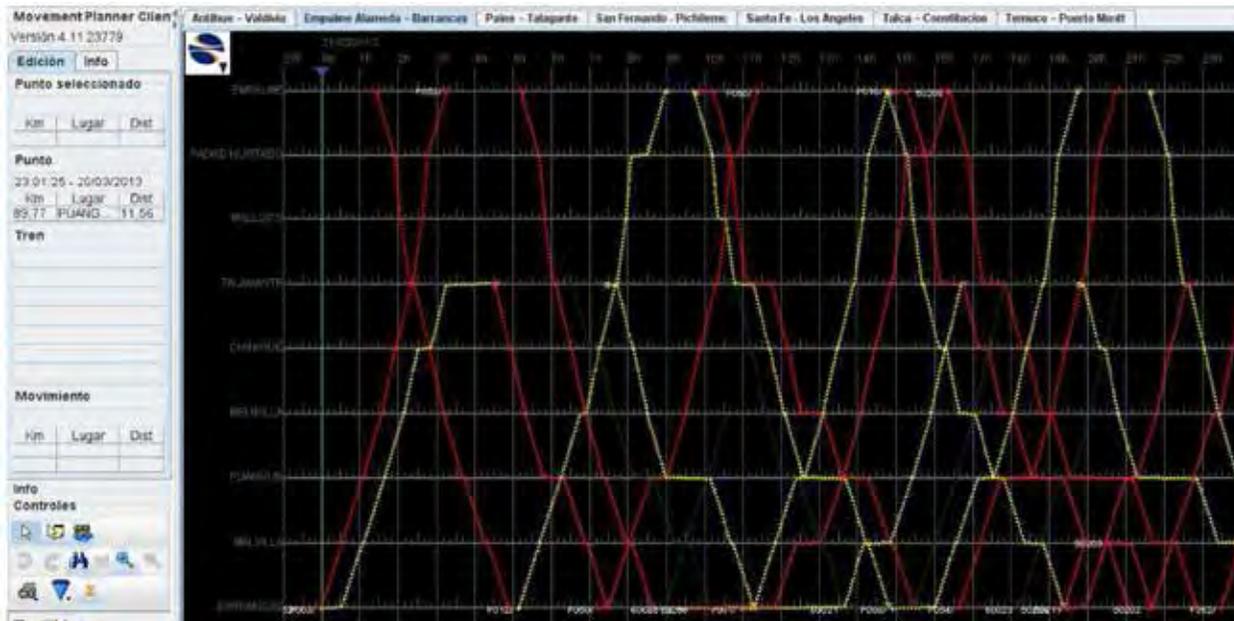
El Anexo 5, Figura N° 1 muestra un despliegue de pantalla de la aplicación, en la que puede verse la simulación del paso de trenes a lo

largo del día y las operaciones de espera en desvíos de cruzamiento.

En el eje horizontal se grafica el tiempo, para el intervalo de operación (24 horas). En el eje vertical se grafica el espacio para un segmento lineal de vía simple. Así cada línea representa el movimiento de un tren en esta vía: los ascendentes en un sentido de circulación y los descendentes en el contrario. Los entrecruzamientos de trenes sólo pueden darse en un desvío de cruzamiento o estación, las que se encuentran identificadas en el tramo respectivo (líneas horizontales). Un tren que espera en una estación por la pasada de otro, se ve claramente por la trayectoria horizontal antes de retomar su circulación (ascendente o descendente).

A medida que las operaciones se vuelven complejas (se acerca a la capacidad), las esperas se hacen más largas y frecuentes.

Anexo 5, Figura N° 1:
Aplicación C-Flex



Anexo 6: Ajuste de beneficios por distancia de recorrido

Los resultados presentados en el Gráfico N° 4 y Gráfico N° 5, consideran una corrección respecto de los resultados del estudio en el cual se estiman (Análisis, priorización y evaluación social, a nivel de perfil, de proyectos ferroviarios de carga en red EFE, 2013, EFE-ECS). En el referido estudio, se asume que las distancias de transporte en camión y ferrocarril son equivalentes. Con el objetivo de cuantificar el efecto de este supuesto sobre los resultados se realizó un análisis ante el hecho de que las distancias ferroviarias son, en algunos casos, muy superiores a las distancias viales. En efecto, existen pares en los cuales la diferencia entre los recorridos puede ser muy relevante. El Anexo 6, Figura N° 1 ilustra el caso entre estación Cocharcas y el puerto de Coronel, con un 55% de diferencia. Este es el caso de mayor desviación de todos los pares analizados.

Al realizar la revisión para cada uno de los 25 proyectos de nuevas cargas, se encontró que sólo 4 de ellos presentaban una diferencia de recorrido mayor al 6%. La diferencia de distancia en promedio simple resultó del 12% y la diferencia ponderada por volumen de demanda de los proyectos resultó del 9%.

Anexo 6, Figura N° 1:
Ejemplo diferencia distancia recorrida



Este libro pertenece a la colección "Conectando Chile", proyecto liderado por el Ministro de Transportes y Telecomunicaciones, Pedro Pablo Errázuriz, que constituye un recuento de los principales logros sectoriales conseguidos en estos cuatro años de gobierno. En el espíritu de generar nuevas propuestas de más largo plazo y soluciones estructurales para el sector, se ha trazado una ruta de trabajo en los distintos ámbitos que cubre el Ministerio

Ministro de Transportes y Telecomunicaciones

Pedro Pablo Errázuriz Domínguez

Subsecretaria de Transportes

Gloria Hutt Hesse

Fotografías

Archivo fotográfico de Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, MTT, Empresa de los Ferrocarriles del Estado, EFE, Empresa Portuaria San Antonio, Empresa de Transportes de Pasajeros Metro S.A, Juan Francisco Somalo Valor

Este libro se imprimió en Santiago, febrero de 2014

Impresión

Ograma Impresores