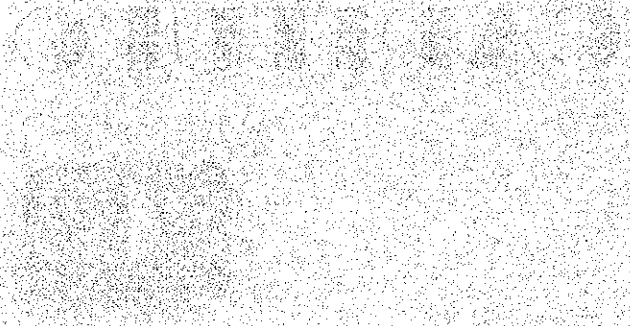
CAPITULO

PLAN DE TRAZADO



CAPITULO 6
PLAN DE TRAZADO

6-1 CONCEPTO Y DIVERSAS CONDICIONES DE SELECCION DE RUTA

6-1-1 Concepto de Selección de Ruta

(1) En los tramos en que la línea existente corre paralela al río, los tramos que necesiten el mejoramiento, tendrán por objeto terminarlo aproximadamente en 20 a 40 años. En ese caso, la ruta se alterará generalmente hacia el lado de la montaña en principio según la topografía, tomando en consideración el ascenso del lecho de río.

(2) En los tramos que se considero que no sufren desastres por el momento, tales como los tramos en que hay desnivel de más de 5m más o menos entre los ríos paralelos (Ríos Tacopaya, Chullu Mayu y Arque) y la línea existente, se utilizarán en principio la línea actual.

(3) En los lugares en que se preven los flujos de sedimentos de gran escala desde las quebradas que se cruzan con la ruta, se intentará proteger la vía contra los desastre mediante puentes, túneles rectangulares, cubiertas, etc.

(4) Para tratar de bajar el costo de la obra de mejoramiento, se evitara en lo posible los túneles largos, que requieran una gran cantidad de costo de la obra, proyectando un plan de trazado de mantenimiento y control fáciles.

(5) Debido que en los tramos de alteración de la ruta los trabajos se ejecutan en las proximidades de la vía (excepto en caso inevitable), se garantizará la seguridad de la vía existente, y al mismo tiempo se proyectará un plan de trazado de fácil implemen-tación.

6-1-2 Diversas Condiciones para Selección de Ruta

(1) Mínimo radio de curvatura

El mínimo radio de curvatura será de más de R=120 m, tomando en consideración la seguridad de trenes en marcha. Pero, en caso inevitable,

desde el punto de vista topográfico se podrá reducirlo hasta R=100 m.

(2) Pendiente máxima

En relación con la constante de tracción de trenes, la pendiente máxima será de menos de 30/1.000. Pero, no se tomará en consideración la resistencia en curva

La pendiente de la vía en la estación menos de 3,5/1.000, para la estación en que se consideren el desenganche de material rodante y otros. Será de menos de 15/1.000, para la estación en que no se necesiten tal consideración.

(3) Longitud de curva de transición

Debido a que todo el material rodante en Bolivia es de bastidor de bogie, la longitud de curva de transición será de L=250•Co (peralte real). La máxima velocidad de diseño será de V=80km/h.

En el Cuadro 6-1-1 del Apéndice se muestra el resultado de selección del peralte real y la longitud de curva de transición para cada radio de curvatura.

(4) Radio de curva vertical

En consideración a la marcha segura de trenes en tramos de pendiente abrupta, el radio de curva vertical será de más de R=2.000 m. Sin embargo, en caso inevitable para seleccionar la ruta, se podrá reducirlo hasta R=1.000 m.

Se evitará todo lo posible la competencia entre la curva de transición y la curva vertical bebido a que eso ejerce influencia indeseable sobre la marcha segura de trenes y el mantenimiento de la vía.

(5) Longitud de línea recta entre curvas

En cuanto a la longitud de línea recta entre curvas, se asegurarán más de 20 m, tomando en consideración la operación segura de trenes.

6-2 ESTABLECIMIENTO DE PLANES ALTERNATIVOS DE LA RUTA

6-2-1 Selección de la Ruta Más Apropiada

En los tramos que se consideran que no se produzcan desastres por el momento entre Aguas Calientes e Irpa Irpa que es el sector del plan de mejoramiento, el trazado se dividirá en 20 sectores con el fin de utilizar la línea existente. Los sectores del número impar serán de mejoramiento y los sectores del número par serán de utilización de la línea existente.

En cuanto a la selección de la ruta más apropiada, según el flujo de la Figura 6-2-1 se establecieron los primeros planes alternativos de la ruta ante todo en los sectores del plan de mejoramiento ①, ⑦, ⑪ y ⑬. Después de haber realizado una evaluación de la condición del trazado y otros, como los segundos planes alterativos de la ruta se establecieron dos rutas respectivamente en los sectores del plan de mejoramiento ⑪ y ⑬. A continuación, después de haber realizado una evaluación general de los segundos planes alternativos de la ruta desde el punto de vista técnico, ambiental, de transporte, económico y financiero y después de la reunión con la parte boliviana, se seleccionó como la ruta más apropiada la ruta en que se combinaron el plan C del sector del plan de mejoramiento ⑪ y el plan a del sector del plan de mejoramiento ⑬.

Como se muestra en las Figuras 6-2-2 ~ 6-2-5, en la ruta más apropiada la longitud total de los sectores de mejoramiento será de 32,85 km.

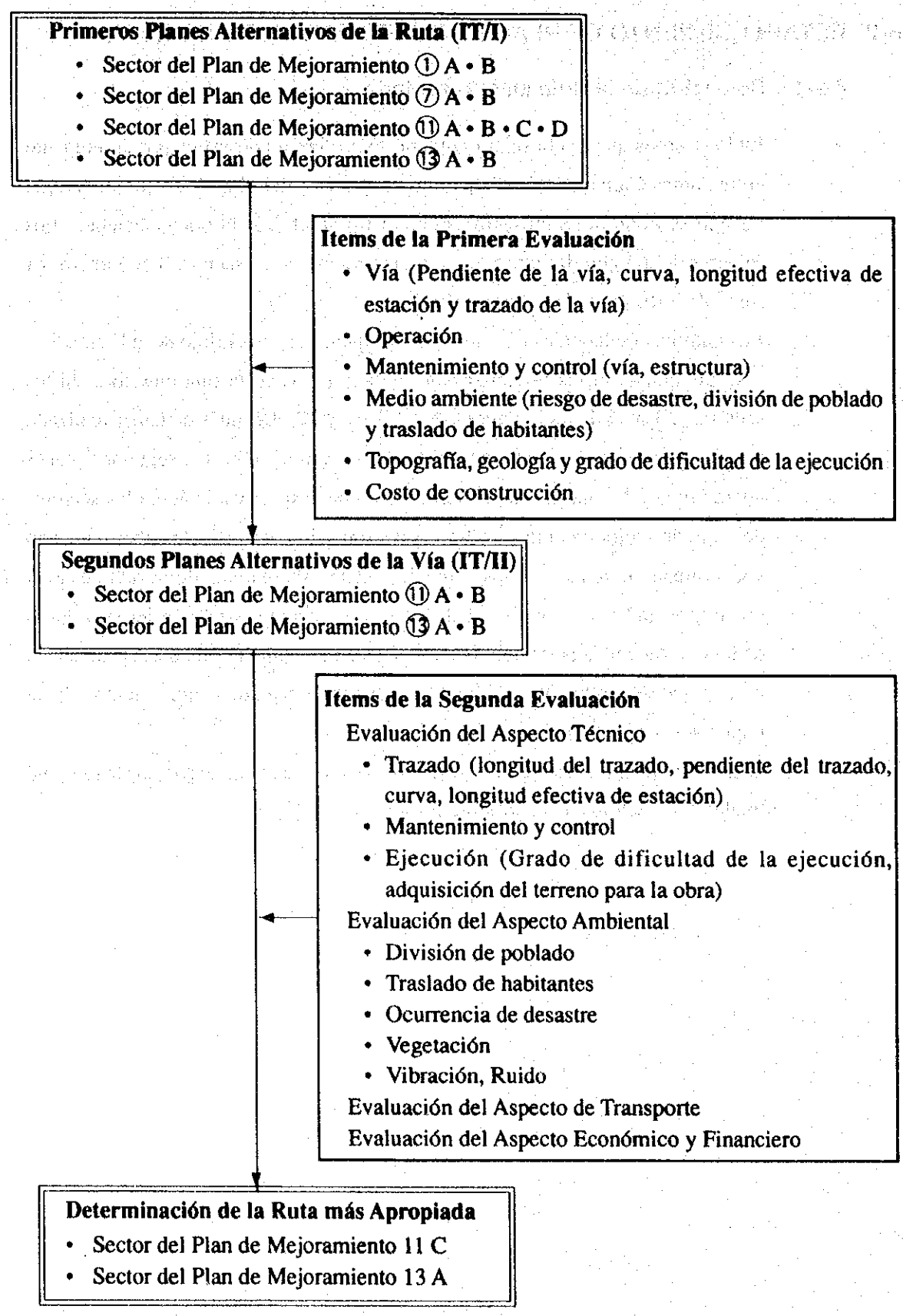


Fig. 6-2-1 Flujo de la Determinación de la Ruta más Apropiada

Plano del Plan de Trazado entre Aguas Calientes e Irpa Irpa

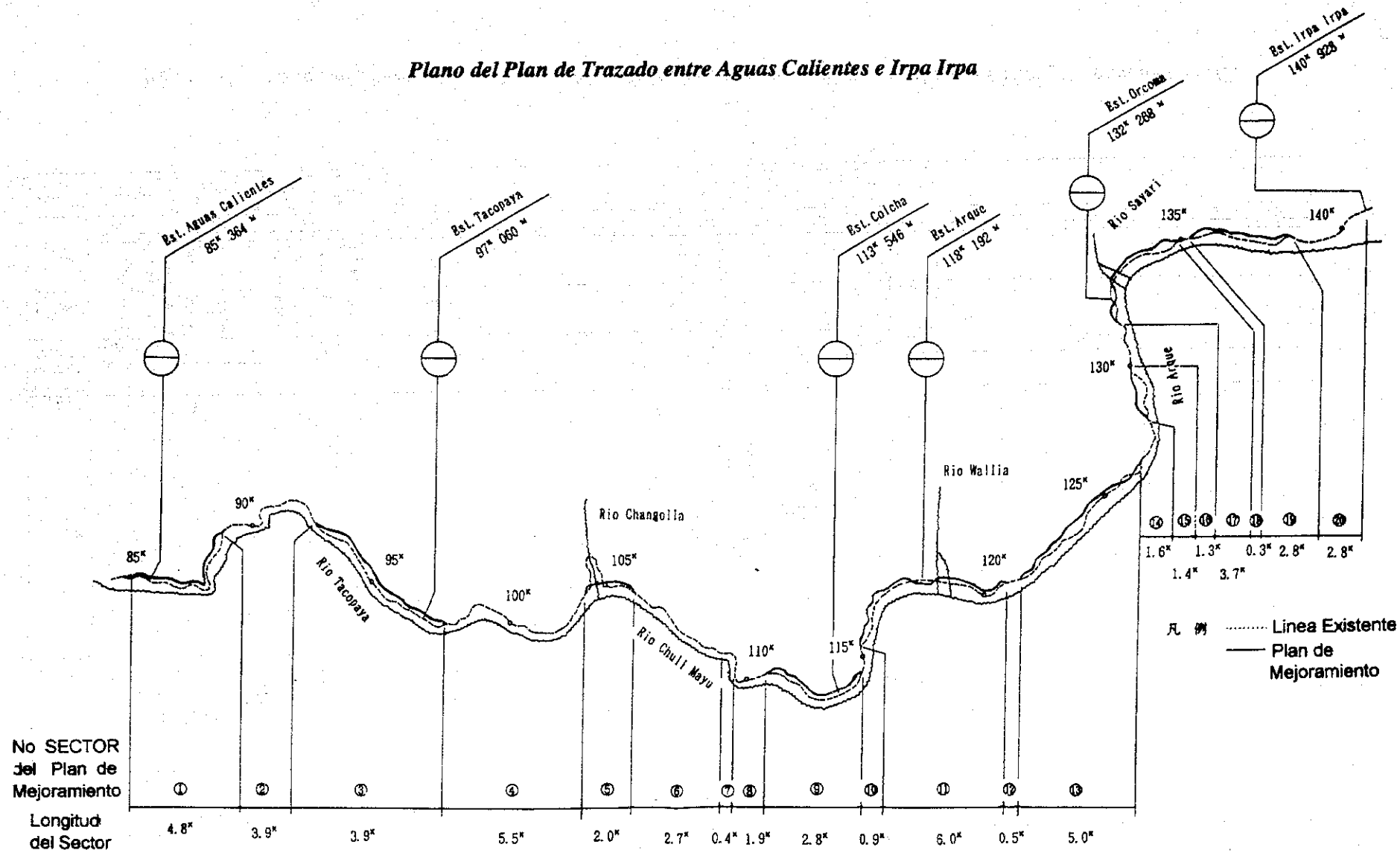


Fig. 6-2-2 Plano del Plan de Mejoramiento de Ferrocarril entre Oruo y Cochabamba

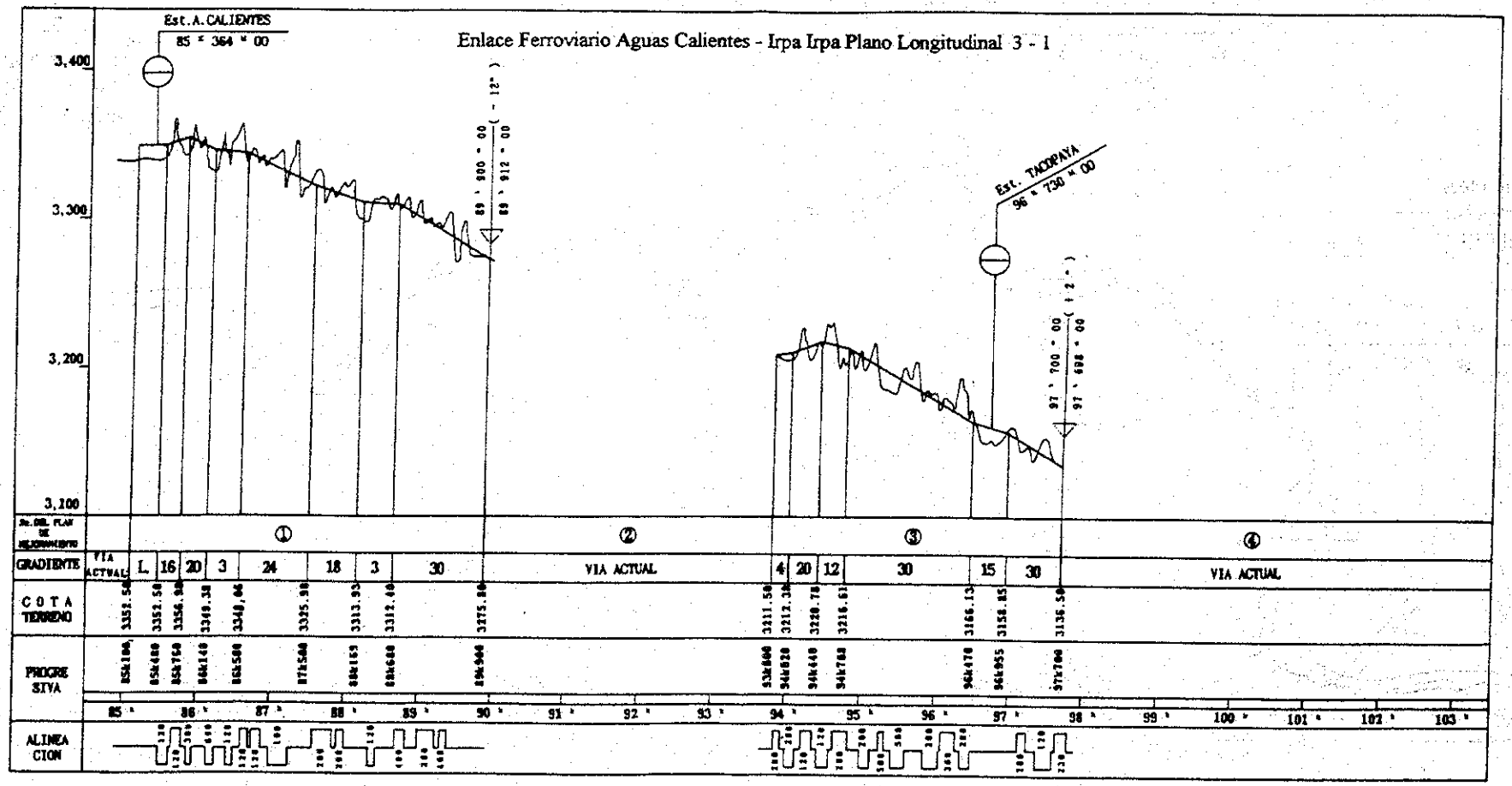


Fig. 6-2-3 Plano Longitudinal de la Vía del Plan de Mejoramiento del Ferrocarril entre Oruro y Cochabamba (1/3)

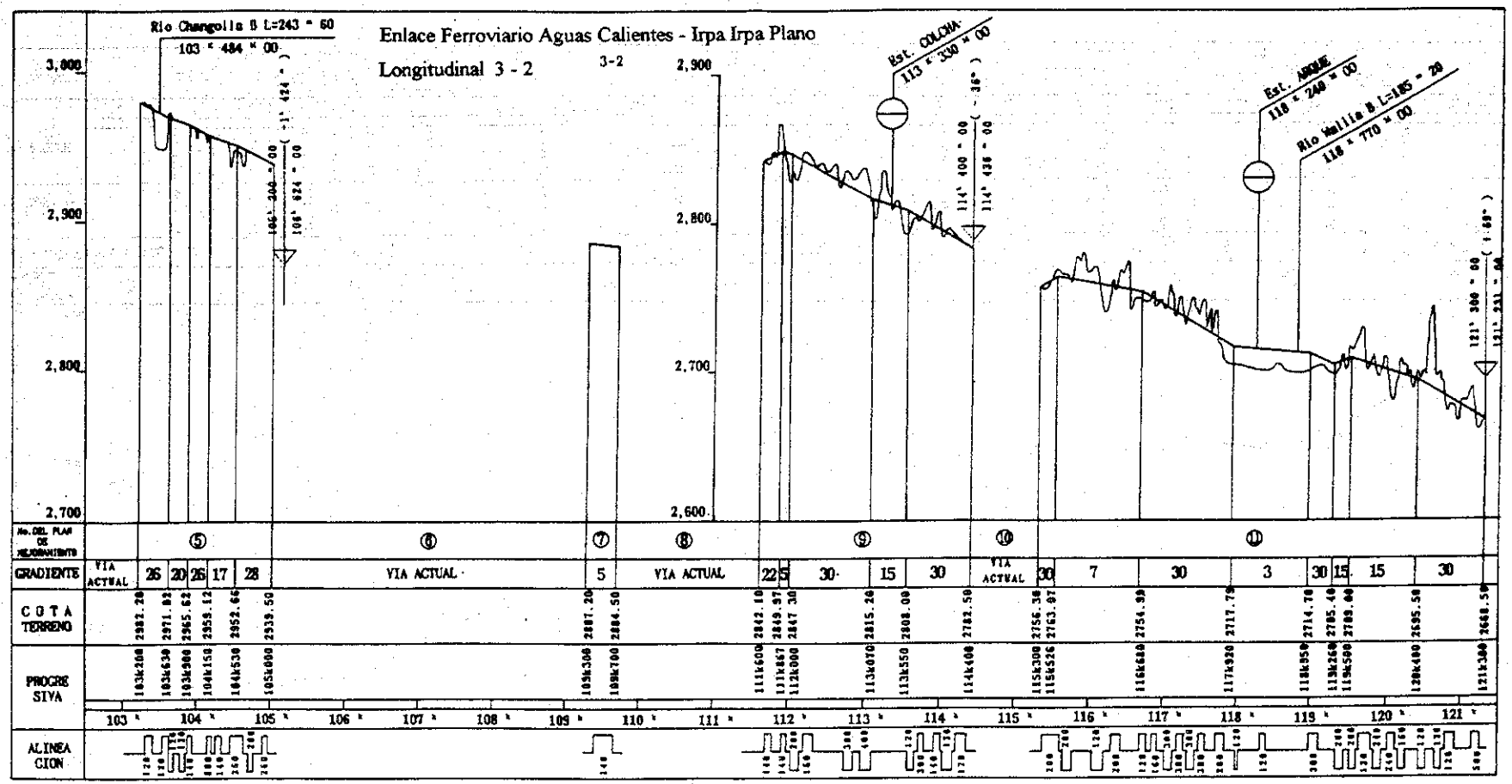


Fig. 6-2-4 Plano Longitudinal de la Vía del Plan de Mejoramiento del Ferrocarril entre Oruro y Cochabamba (2/3)

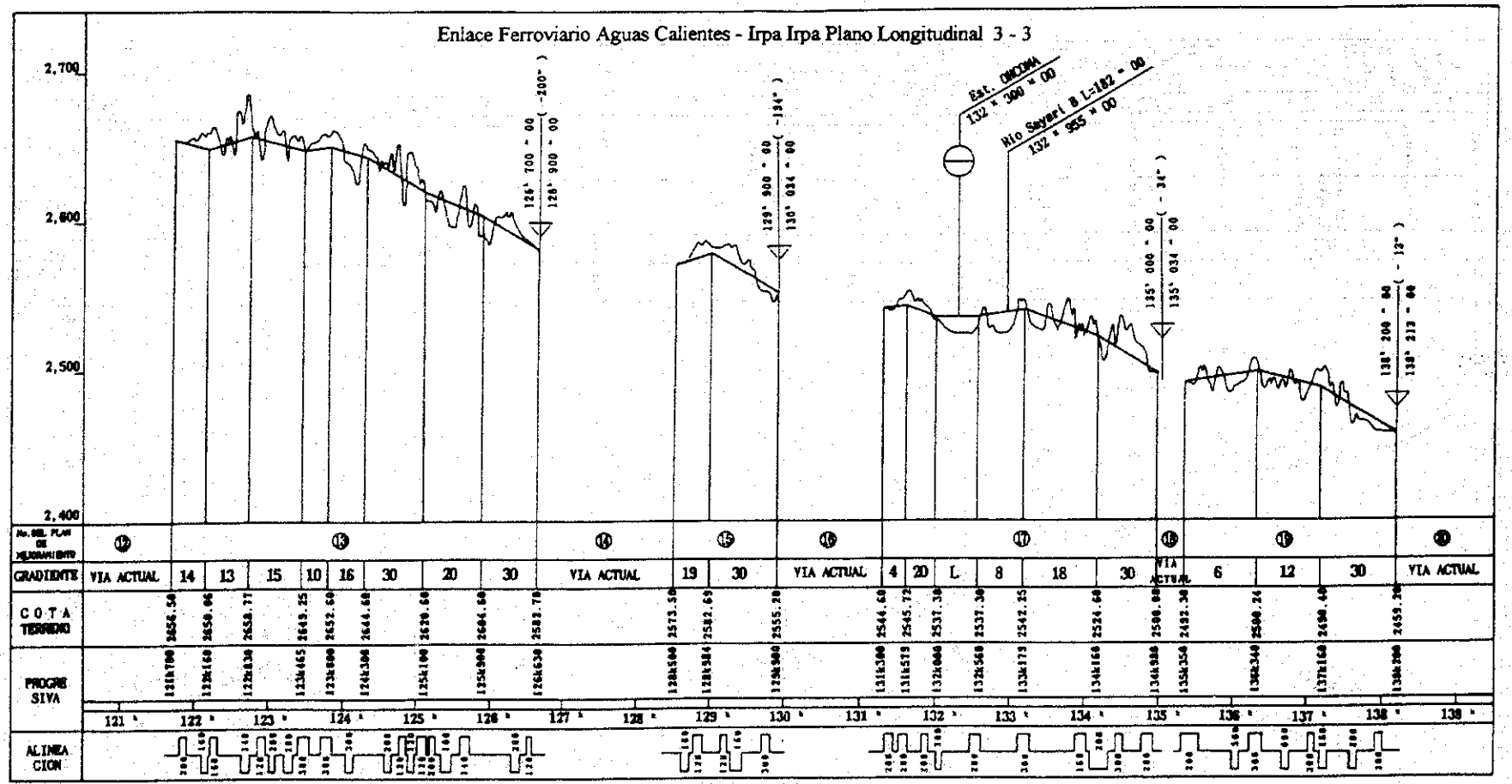


Fig. 6-2-5 Plano Longitudinal de la Vía del Plan de Mejoramiento del Ferrocarril entre Oruro y Cochabamba (3/3)

6-2-2 Resumen por Sectores del Plan de Mejoramiento

(1) Sector del Plan de Mejoramiento ① (85 k 100 m ~ 89 k 900 m)

Aunque el ascenso anual del lecho del río Tacopaya que corre paralelo en este sector es pequeño en comparación con otros sectores, el desnivel con la línea existente es poco, siendo de diez centímetros en la estación de Aguas Calientes y de 1,0 m a 3,0 m entre 85 k 500 m y 88 k 200 m. Se producen flujos de sedimentos desde los valles cerca de 88 k 760 m, 88 k 900 m y 89 k 340 m que se cruzan con la vía.

Para mejorar éstos, se ha proyectado alterar la ruta hacia el lado de la montaña y elevar la vía por 11,0 m a 17,0 m. Debido a esto, habrá un terraplén de unos 7,0 m en la estación de Aguas Calientes, y al mismo tiempo la pendiente de la vía en la estación se decidió poner en posición horizontal, en consideración del desenganche del material rodante en la estación.

(2) Sector del Plan de Mejoramiento ③ (93 k 800 m ~ 97 k 700 m)

Igual que otros sectores, el ascenso del lecho se considera poco también en este sector, pero el desnivel con el lecho de río es pequeño siendo de 2,0 m en la estación de Tacopaya y de 2,0 m a 6,0 m en general. Es un sector en que se teme la sepultación de la vía en un futuro. Además, se producen flujos de sedimentos en los valles que cruzan cerca del 94 k 260 m (Río Mollejara), 94 k 710 m y 94 k 830 m. Especialmente, en el Río Mollejara están depositados al lado de la vía sedimentos de más de 10 m topográficamente por flujos de sedimentos.

Para mejorar éstos, se ha proyectado alterar la ruta hacia el lado de la montaña y elevar la vía por 12,0 m en la estación de Tacopaya, y al mismo tiempo en el Río Mollejara se proyectó un puente de 7,0 m de altura y de 52,15 m de longitud de puente.

Contra los flujos de sedimentos cerca de 98 k 400 m que corresponden al sector del plan de mejoramiento ④, se ha decidido instalar obras de protección en la ubicación de la línea existente.

(3) Sector del Plan de Mejoramiento ⑤ (103 k 200 m ~ 105 k 200 m)

Debido a que la elevación del lecho para la vía ya ha sido terminado por la ENFE, aquí se proyectarán 6 puentes (excepto puentes de menos de 5,0 m),

incluyendo el puente del río Changolla (altitud de 25,0 m, longitud de puente 243,6 m) que se cruza. Además, para el río Caramayu que está ubicado cerca de 105 k 050 m, se ha decidido proyectar un túnel rectangular de 180 m de longitud en la ubicación de la línea existente y garantizar la seguridad de la vía haciendo correr los flujos de sedimentos en la parte superior del túnel.
En cuanto a la estación de Changolla, se decidió abolir el equipo actual de cruce de trenes como resultado de la reexaminación de la capacidad de la vía.

(4) Sector del Plan de Mejoramiento ⑦ (109 k 300 m ~ 109 k 700 m)
El río Chull Mayu que corre paralelo en este sector señala el mayor ascenso del lecho de río de los sectores del plan de mejoramiento, pero la ENFE ya ha realizado la elevación de la vía, y actualmente el desnivel con el lecho de río es de 15,0 m. Aunque hay poco peligro de sepultarse en el futuro, todos los años gran cantidad de tierras y rocas se derraman de los flujos de sedimentos de Carquiri que está ubicado cerca de 109 k 500 m.
Para mejorar éstos, como contramedidas frente a los flujos de sedimentos se decidió construir un túnel rectangular en la ubicación de la línea existente.

(5) Sector del Plan de Mejoramiento ⑨ (111 k 600 m ~ 114 k 400 m)
En este sector, el ascenso anual del lecho del río Chullu Mayu es relativamente grande. Debido a esto, en la estación de Colcha el desnivel con el lecho de río es poco siendo de 0,5 m. Igualmente entre 112 k 500 m y 113 k 800 m es de 0,5 m a 2,0 m. siendo un sector en que se necesita inmediatamente la elevación de la vía. Además, en el valle que se cruza cerca de 112 k 000 m ocurre la sepultación del puente todos los años, erogando gran cantidad de costo su reparación.
Para mejorar éstos, se ha proyectado alterar la vía en conjunto hacia el lado de la montaña y elevar la vía en 17,0 m en la estación de Colcha. Se decidió también garantizar la seguridad de la vía proyectando un puente de 11,0 m de altura y 70,00 m de longitud en el valle cerca de 112 k 000 m.

(6) Sector del Plan de Mejoramiento ⑪
En este sector, el desnivel con el río Arque es de 0,3 m a 0,5 m en la estación de Arque y es generalmente pequeño, siendo de 0,3 a 2,0 m. Además, el río

Wallia que está contiguo con el poblado de Arque, aunque su ancho es de más de 300 m, derrama todos los años gran cantidad de sedimentos causando el ascenso del lecho de río. Debido a ésto, con objeto de mantener el puente que está sobre el río Wallia, la ENFE trata de asegurar la vía, gastando todos los años gran cantidad de esfuerzo y costo. Es un sector en el que necesita inmediatamente contramedidas.

Para mejorar éstas, contra el ascenso del lecho del Río Arque se altera la ruta en conjunto hacia el lado de la montaña y se selecciona la estación de Arque hacia el Río Arque para evitar el poblado. Además, en el Río Wallia que se cruza se proyecta un puente de 15,0 m de altura y 185,20 m de longitud de puente, tomando en consideración el mantenimiento en el futuro. Debido a esto, en la estación de Arque se tendrá un terraplén de unos 17,0 m y al mismo tiempo se decidió mejorar la pendiente de la estación en 3 ‰ en consideración del desganche de trenes en el futuro. Cerca de 120 k 500 m, el ascenso del lecho de río es grande debido a la influencia del Río Taracachi que desemboca en el Río Arque desde la ribera opuesta. Por eso, se proyectó elevar la vía, pero en relación con la topografía, llegó a necesitarse un túnel montañoso de 110 m de longitud en parte.

(7) Sector del Plan de Mejoramiento ⑬

Debido a que en este sector el desnivel con el río Arque es relativamente pequeño, siendo generalmente de 1,5 a 5,0 m, se teme que sea sepultada la vía en el futuro. Al mismo tiempo, se producen flujos de sedimentos cerca de 123 k 700 m (Cala Cala), 124 k 170 m y 126 k 200 m (Higuerani) que se cruzan con la vía.

En relación con la capacidad de la vía, será innecesario el equipo de cruce de trenes en la estación de Higuerani. Para mejorar éstos, contra el ascenso del Río Arque se altera la ruta en conjunto hacia el lado de la montaña a lo largo de la línea existente y se selecciona la estación de Higuerani hacia el lado del Río Arque para evitar el poblado. Además, debido a que depósitos de antiguos flujos de sedimentos está ampliamente distribuidos en el sector de flujos de sedimentos de Cala Cala que está ubicado en 123 k 700 m, se proyectaron un túnel rectangular de 380 m de longitud e igualmente un túnel rectangular de 150 m de longitud en 126 k 200 m (Higuerani). En cuanto a la estación de

Higuerani, se decidió abolir el equipo actual de cruce de trenes como resultado de la reexaminación de la capacidad de la vía.

(8) Sector del Plan de Mejoramiento ⑮ (128 k 500 m ~ 129 k 900 m)

En este sector se considera relativamente pequeño el ascenso del lecho del Río Arque y el desnivel con la línea existente es de 15 m en conjunto, así que hay poco peligro de sepultarse. Sin embargo, cerca de 129 k 100 m que se cruza se produce la mayor cantidad de flujos de sedimentos de los sectores de mejoramiento, derramandose todos los años gran cantidad de sedimentos. Para mejorar éstos, se decidió alterar la ruta en conjunto hacia el lado de la montaña y proyectar un túnel rectangular de 300 m de longitud en el sector de flujos de sedimentos.

(9) Sector del Plan ⑰ (131 k 300 m ~ 135 k 000 m)

Debido a que el desnivel con el Río Arque en este sector es generalmente de 7,0 m a 9,0 m, hay poco peligro de sepultarse. Pero, el Río Sayari que está contiguo con el poblado de Orcoma, a pesar de que el mayor ancho del río es de 400 m , continúa derramando todos los años gran cantidad de sedientos igual que el Río Wallia mencionado antes. Además, se producen flujos de sedimentos cerca de 131 k 750 m y 134 k 550 m.

Para mejorar éstos, alterando la ruta hacia el lado de la montaña se aseguró la altura debajo de la viga de puente en el Río Sayari y al mismo tiempo se seleccionó la estación de Orcoma evitando el poblado. Debido a esto, se proyectó el puente de Sayari con 17,0 m de altura y 182,00 m de longitud de puente para asegurar la altura debajo de la viga de puente. Como resultado, en la estación de Orcoma se tuvo un terraplén de 19 m a lo máximo. Además, contra los flujos de sedimentos cerca de 131 k 750 m y 134 k 550 m que se cruza, se proyectaron respectivamente túneles rectangulares de 80 m de longitud.

(10) Sector del Plan de Mejoramiento ⑲ (135 k 350 m ~ 138 k 200 m)

Se considera que el ascenso del lecho del río Arque en este sector es relativamente pequeño, pero el desnivel con la línea existente es generalmente poco, siendo de 0,6 a 5,0 m. Debido a que hay canal para riego ubicado a un

lado de la vía, la plataforma de la vía es erosionado por el río. Se producen flujos de sedimentos en 136 k 400 m, 137 k 000 m y 137 k 560 m (Quebrada Pajchamaya) que se cruzan.

Para mejorar éstos, se decidió alterar la ruta en conjunto hacia el lado de la montaña y proyectar un puente de 7,0 m de altura y 43,65 m de longitud de puente con objeto de asegurar la altura debajo de la viga de puente desde el lecho actual de río en Quebrada Pajchamaya que se cruza.

6-2-3 Resultado de la Selección de Rutas

En los Cuadros 6-2-1 y 6-2-2 se muestran la condición de la vía y la longitud de la estructura por sector de mejoramiento que se arreglaron como resultado de la selección de ruta. Además "A" muestra el caso en que se utilicen las vigas de hierro de la Línea Yapacani y "B" el caso en que no se utilicen.

La longitud de los sectores de mejoramientos en la ruta más apropiada será de 32,850 m y en comparación con la longitud de la línea existente, será acortada por 1.782 m. A continuación, se muestra el resultado de ítems principales:

- Pendiente máxima ..... El sector de 30‰ es de 12,548 m
- Radio mínimo de curvatura ... R=100 m en 2 lugares
- Pendiente de la estación ..... A. Calientes (L), Tacopaya (15‰), Colcha (15‰), Arque (3‰), Orcoma (L)
- Longitud del corte ..... Resultado de selección "A" 14.613 m
  Proporción en la longitud total 45%
  Resultado de selección "B" 14.652 m
  Proporción en la longitud total 45%
- Longitud del terraplén ..... Ambos de A y B 15,252 m
  Proporción en la longitud total 46%
- Túnel rectangular ..... Ambos de A y B 1,380 m 9 lugares
  Proporción en la longitud total 4%
- Túnel montañoso ..... Ambos A y B 110 m 1 lugar
  Proporción en la longitud total 1%

- Puente ..... Resultado de selección "A" 1,535 m 76 lugares
  Proporción en la longitud total 4%
  Resultado de selección "B" 1,496 m 76 lugares
  Proporción en la longitud total 4%

Puente de la longitud máxima en el sector Changolla L = 243,60 m

Cuadro 6-2-1 Lista de Resultado de Selección por Sector A

Item de Selección \ Número de Sector			Unidad	Sector del Plan de Mejoramiento										Total
				①	③ ④	⑤	⑦	⑨	⑪	⑬	⑮	⑰	⑲	
Longitud de la Vía del Sector de Mejoramiento	Línea Existente		m	4.812	3.898	3.424	400	2.836	5.931	5.200	1.534	3.734	2.863	34.632m
	Nueva Línea		m	4.800	3.900	2.000	400	2.800	6.000	5.000	1.400	3.700	2.850	32.850m
	Diferencia de Longitud		m	Δ12	2	Δ1.424	0	Δ36	69	Δ200	Δ134	Δ34	Δ13	Δ1.782m
Sector de Nueva Línea	Pendiente Máxima Longitud		‰ m	30 1.220	30 2.427	28 470	5 Línea Existente	30 1.920	30 2.675	30 1.530	30 916	30 820	30 1.040	30‰ Longitud de Sectores 12.548m
	Curva	R<120	Lugar	1	0	0		0	0	1	0	0	0	2 Lugar
		120<R<250	Lugar	9	10	7		9	18	15	4	7	3	82 Lugares
		250<R	Lugar	4	3	3		2	6	3	1	1	5	28 Lugares
		Radio Mínimo de Curvatura	m	100	120	120	140	120	120	100	120	160	160	
	Pendiente en la Estación		‰	A.Cali L	Tacopa 15	Chango Abolición		Colcha 15	Arque 3	Higuer Abolición		Orcoma L		
	Corte		m	2.352	1.740	421	–	1.600	2.490	2.720	600	1.640	1.050	14.613m
	Terraplén		m	2.299	2.024 Sector	1.086	275	1.100	3.047	1.627	495	1.641	1.658	15.252m
	Túnel Rectángular		m	–	40	180	120	–	–	580	300	160	–	1.380m
	Túnel de Montaña		m	–	–	–	–	–	110	–	–	–	–	110m
	Puentes	Longitud Total de Puentes	m	149	136	*313	5	100	353	73	5	259	142	1.535m
		L<6m	Lugar	6	3	3	1	2	6	1	1	–	5	28 Lugares
		6<L<12	Lugar	3	3	2	–	2	4	5	–	2	–	21 Lugares
		12<L<25	Lugar	4	2	3	–	–	4	1	–	4	1	19 Lugares
		25<L<52	Lugar	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	3 Lugares
		52<L	Lugar	–	1	1	–	1	1	–	–	1	–	5 Lugares
		Total	Lugar	13	9	9	1	5	15	7	1	7	9	Total 76 lugares
	Desagüe de la Vía y Otros		Equipo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Nota) *: Incluyendo unos 70 m de puente en construcción por la ENFE

Cuadro 6-2-2 Lista de Resultado de Selección por Sector B

Item de Selección \ Número de Sector			Unidad	Sector del Plan de Mejoramiento										Total
				①	③ ④	⑤	⑦	⑨	⑪	⑬	⑮	⑰	⑲	
Longitud de la Vía del Sector de Mejoramiento	Línea Existente		m	4.812	3.898	3.424	400	2.836	5.931	5.200	1.534	3.734	2.863	34.632m
	Nueva Línea		m	4.800	3.900	2.000	400	2.800	6.000	5.000	1.400	3.700	2.850	32.850m
	Diferencia de Longitud		m	Δ12	2	Δ1.424	0	Δ36	69	Δ200	Δ134	Δ34	Δ13	Δ1.782m
Sector de Nueva Línea	Pendiente Máxima Longitud		‰ m	30 1.220	30 2.427	28 470	5 Línea Existente	30 1.920	30 2.675	30 1.530	30 916	30 820	30 1.040	30‰ Longitud de Sectores 12.548m
	Curva	R<120	Lugar	1	0	0		0	0	1	0	0	0	2 Lugar
		120<R<250	Lugar	9	10	7		9	18	15	4	7	3	82 Lugares
		250<R	Lugar	4	3	3		2	6	3	1	1	5	28 Lugares
		Radio Mínimo de Curvatura	m	100	120	120	140	120	120	100	120	160	160	
	Pendiente en la Estación		‰	A.Cali L	Tacopa 15	Chango Abolición		Colcha 15	Arque 3	Higuer Abolición		Orcoma L		
	Corte		m	2.352	1.740	421	–	1.600	2.490	2.720	600	1.640	1.050	14.613m
	Terraplén		m	2.299	2.024 Sector	1.086	275	1.100	3.047	1.627	495	1.641	1.658	15.252m
	Túnel Rectángular		m	–	40	180	120	–	–	580	300	160	–	1.380m
	Túnel de Montaña		m	–	–	–	–	–	110	–	–	–	–	110m
	Puentes	Longitud Total de Puentes	m	149	136	*313	5	100	353	73	5	259	142	1.535m
		L<6m	Lugar	6	3	3	1	2	6	1	1	–	5	28 Lugares
		6<L<12	Lugar	3	3	2	–	2	4	5	–	2	–	21 Lugares
		12<L<25	Lugar	4	2	3	–	–	4	1	–	4	1	19 Lugares
		25<L<52	Lugar	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	3 Lugares
		52<L	Lugar	–	1	1	–	1	1	–	–	1	–	5 Lugares
		Total	Lugar	13	9	9	1	5	15	7	1	7	9	Total 76 lugares
	Desagüe de la Vía y Otros		Equipo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Nota) *: Incluyendo unos 70 m de puente en construcción por la ENFE

6-3 ADQUISICION DE TIERRA

Según fue confirmada por la Asesoría de Ayuda Jurídica de la ENFE, la tierra de los sectores del plan de mejoramiento entre Aguas Calientes e Irpa Irpa es todo propiedad privada. Excepto la sección fluvial, será expropiada en principio. Sin embargo, debido a que en cuanto a la sección de tierra forestal, es posible el intercambio equivalente con la tierra para vía anterior, aquí la adquisición de tierra tendrá por objeto sólo el terreno para la vivienda y el campo. Además, las cosas de obstáculo tales como las casetas estacionales y otras para vivienda y pastoreo de ovejas serán objeto de compensación por el traslado de casas y otros. Su resultado es como se muestra en el Cuadro 6-3-1. El número de las casas de obstáculo es de 152 casas, la superficie de expropiación del terreno es de unos 33.000m2 de terreno para vivienda y de unos 99.000m2 de campos dentro del sector del plan de mejoramiento.

Cuadro 6-3-1 Superficie de Expropiación del Terreno y Número de Casas de Obstáculo

Item		Unidad	Sector del Plan de Mejoramiento					
			①	③	⑤	⑦	⑨	⑪
Casa de Obstáculo		Casa	74	9	0	0	12	32
Expropia-ción de Terreno	Terreno para Vivienda	m2	13.900	2.950	0	0	1.650	7.050
	Campos	m2	17.000	800	0	0	2.900	18.500

Item		Unidad	Sector del Plan de Mejoramiento				
			⑬	⑮	⑰	⑲	Total
Casa de Obstáculo		Casa	6	3	16	0	152 casas
Expropia-ción de Terreno	Terreno para Vivienda	m2	3.400	200	4.100	0	33.250 m2
	Campos	m2	9.000	7.500	31.500	12.000	99.200 m2

CAPITULO 7

PREVISION DE LA DEMANDA

CAPITULO 7
PREVISION DE LA DEMANDA

7-1 METODO DE PREVISION

(1) El Flujo de Previsión

El flujo de previsión de la demanda en este estudio se muestra en la Figura 7-1-1. Basándose en el valor previsto del indicador socioeconómico establecido como marco socioeconómico por año de previsión, se han previsto volumen de transporte total el volumen de transporte distribuido, el volumen de transporte por medios de tráfico y el volumen de transporte por tramo de vía por el método de estimación de cuatro pasos.

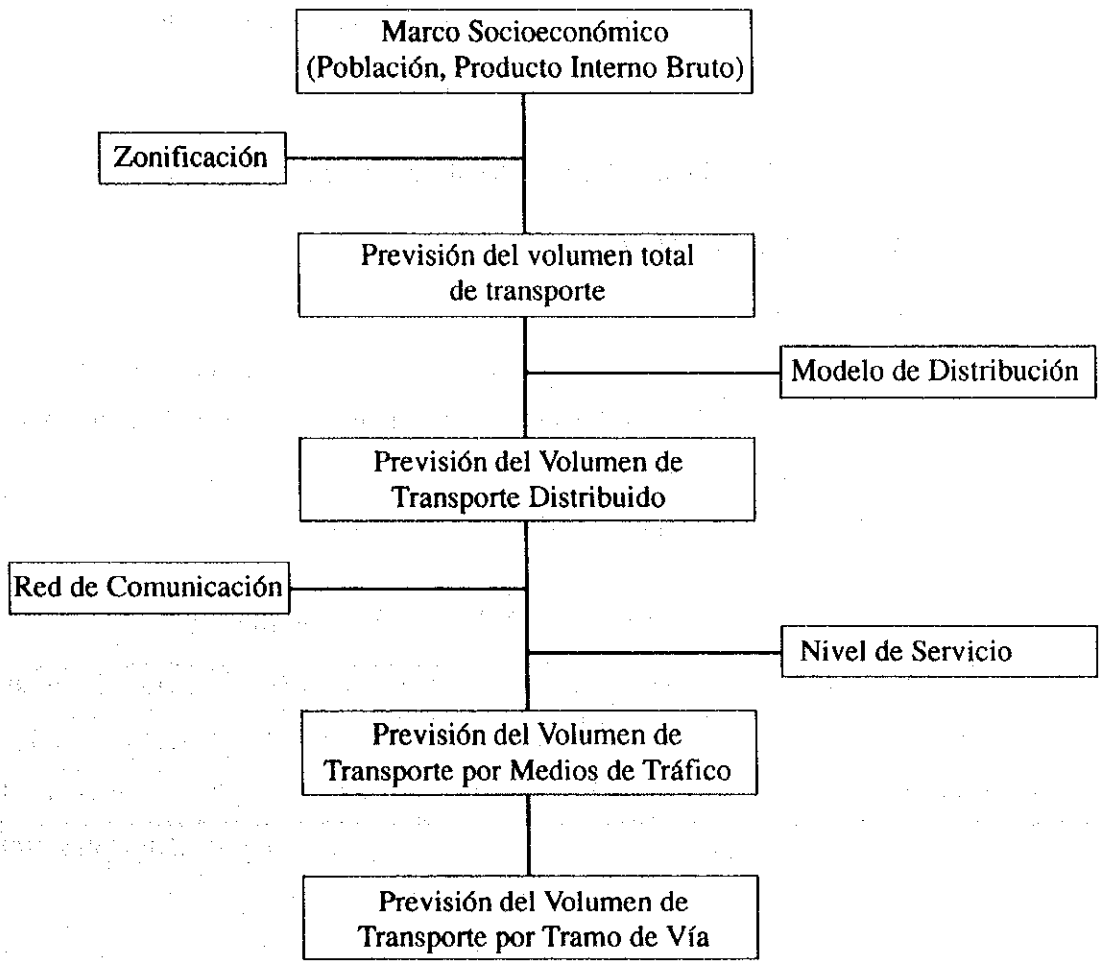


Fig. 7-1-1 Flujo de Previsión de la Demanda del Transporte

(2) Año de Previsión

Se preverá para los años 2000, 2010 y 2020.

(3) Medios de Tráfico , Objeto de la Previsión

Los medios de tráfico que se harán objeto de la previsión se han establecido por pasajeros y carga:

Pasajeros: Ferrocarril, Carretera (Autobús),Aviación

Carga: Ferrocarril, Carretera (Camión)

Sin embargo, en cuanto a la previsión del transporte por carretera de pasajeros, se excluyó del objeto el transporte dentro de una zona, puesto que éste estudio tiene por objeto la respectiva reparación de los medios de ferrocarril y aviación. Por consiguiente, excepto turismos, se tomaron por objeto los autobuses de media y larga distancia. En cuanto al transporte aéreo de carga, se excluyó del objeto debido a su participación baja. Por otra parte, se consideró el transporte auxiliar del intermodal.

7-2 CONDICION PRELIMINAR DE PREVISION DE LA DEMANDA

7-2-1 Marco socioeconómico

(1) Marco Demográfico

En cuanto a la población futura, como se mencionó en el Capitulo 2,2-4, INE ya ha publicado el valor previsto en el futuro en base al censo nacional levantado en junio de 1992.

En este E/F se empleará dicho valor estimado.

Cuadro 7-2-1 Previsión de la Población Total de Bolivia

Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Población Total	6.573	7.414	8.329	9.275	10.229	11.219	12.193
Tasa de Aumento	2,07	2,44	2,35	2,17	1,98	1,86	1,68 1,49

Fuente: Datos de INE (Julio, 1994)

(2) Tasa de Crecimiento del Producto Bruto Interno (PIB) por Sector

① Método de establecimiento

El marco socioeconómico para la previsión de la demanda se basa en la previsión de la tasa de crecimiento del PIB por sector (Ver Cuadro 2-3-2) en la "Estrategia de Desarrollo Económico y Social (1989 - 2000)" mencionada en el Capítulo 2,2-3, tendrá hecha una modificación necesaria para el valor establecido del P/M, tomando en consideración la tasa de crecimiento real del PIB después de 1989 y la situación de producción por sector en estos últimos años.

② Comparación del valor previsto del PIB con su valor real reciente

Comparando el valor previsto de crecimiento del PIB en la "Estrategia de Desarrollo Económico y Social" con su tasa de crecimiento real reciente, se muestra en el cuadro 7-2-2.

Comparando el valor previsto con el valor real en los últimos 6 años (1988-1993), en la totalidad del PIB, el valor real de 3,02%/año es un poco más bajo que el valor previsto de 4,23%/año en base real. Observándolos por sector, la diferencia entre el valor previsto y el valor real se agranda, pero en los 3 sectores de metalúrgia, transporte y construcción, el valor real crece más que el valor previsto.

Cuadro 7-2-2 Comparación del Valor Previsto con el Valor Real de la Tasa de Crecimiento del PIB

Economía		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1988 ~1993 Promedio Anual
Agropecuaria	V. Previsto	-0,20	3,80	3,90	4,20	4,50	3,90	3,02
	V. Real	2,42	-1,34	-1,98	7,23	-4,56	5,77	1,17
Minería • Metalúrgica	V. Previsto	8,00	8,90	9,70	12,90	12,90	11,80	10,68
	V. Real	41,03	25,31	10,63	7,56	-3,37	6,20	13,68
Industria	V. Previsto	5,30	6,20	6,90	7,40	7,70	12,5	7,64
	V. Real	5,43	3,51	5,70	6,66	3,37	1,08	4,28
Hidrocarburo	V. Previsto	12,20	10,70	9,90	5,20	1,90	4,10	7,27
	V. Real	3,44	4,37	3,69	2,19	0,08	0,58	2,38
Electricidad Gas Agua	V. Previsto	4,70	5,20	9,10	9,80	8,40	6,00	7,18
	V. Real	5,52	5,14	5,34	6,52	5,56	8,24	6,06
Transporte	V. Previsto	-1,50	0,00	1,40	2,50	3,40	4,30	1,66
	V. Real	0,44	2,09	2,85	3,96	7,75	4,04	3,50
Construcción	V. Previsto	2,60	-4,20	10,00	16,40	4,70	2,30	5,10
	V. Real	14,49	6,59	2,45	2,03	14,60	4,07	7,24
Servicios	V. Previsto	4,00	3,40	2,50	1,90	1,40	1,10	2,38
	V. Real	-1,27	0,64	3,22	1,34	5,45	2,86	2,02
PIB	V. Previsto	2,70	4,30	4,70	4,70	4,40	4,60	4,23
	V. Real	2,96	2,73	2,72	4,14	2,02	3,53	3,02

(Nota) Valor Previsto: Estrategia de Desarrollo Económico y Social (Ver el Cuadro 2-3-2)
Valor Real: Boletín Estadístico No. 280 (Ver el Cuadro 2-2-2)
Cifra provisoria para 1988 ~ 1993

③ Tasa de crecimiento del PIB establecida en P/M

El Cuadro 7-2-3 muestra la previsión de la tasa de crecimiento del PIB establecida en el P/M. En el cuadro, el valor de 1993 a 2000 adopta el valor previsto de la "Estrategia de Desarrollo Económico y Social" y el valor de 2000 a 2020 adopta 1/2 de la tasa media de crecimiento antes de entonces (hasta 2000).

Cuadro 7-2-3 Valor Previsto Futuro de la Tasa de Crecimiento del PIB Establecida en P/M

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2010	2020
Agropecuaria	3,9	4,0	4,2	4,4	4,6	4,6	3,8	3,8	1,9	1,9
Minería y Metalúrgica	11,8	14,1	14,1	14,2	14,2	14,1	13,1	13,1	6,2	6,2
Industria Manufacturera	12,5	6,3	6,0	5,6	4,9	9,8	9,4	9,1	3,7	3,7
Petróleos	4,1	35,2	4,4	7,2	8,0	5,9	5,9	5,9	4,5	4,5
Electricidad, Gas y Agua	6,0	63,0	33,8	28,9	2,5	2,6	2,8	3,0	7,0	7,0
Tráfico y Transporte	4,3	6,1	6,2	6,4	6,7	7,1	7,2	7,4	2,2	2,2
Construcción	2,3	5,1	1,2	2,0	0,0	2,3	1,2	2,7	1,8	1,8
Promedio Anual	4,9								2,45	
Servicios	4,9									
Población	2,8									

Fuente: Estudio del Plan Maestro sobre la Modernización y Rehabilitación de la Empresa Nacional de Ferrocarriles de la República de Bolivia, Noviembre de 1991 (JIC)

④ Establecimiento de la tasa de crecimiento del PIB en éste Estudio de Factibilidad

Debido a que la tasa real de crecimiento del PIB en estos últimos años es un poco más baja que el valor previsto en la "Estrategia de Desarrollo Económico y Social (1989 - 2000), en cuanto a todos los sectores excepto "construcción" y "Servicios", se establecerá para el período de 1994 a 2000, como 80% del valor previsto en dicha Estrategia. En cuanto a la "construcción" y "servicios", será igual que la tasa real de crecimiento reciente. Para 2000 a 2020, se modificará en parte el valor establecido en P/M, considerando el cambio de la situación de producción por sector en éstos últimos años. El resultado se muestra en el Cuadro 7-2-4.

Cuadro 7-2-4 Establecimiento de la Tasa de Crecimiento del PIB en E/F

(Unidad: % / año, Real)

Período	1994 ~ 2000	2001 ~ 2010	2011 ~ 2020	Observabiones
Agropecuaria (excepto Soja)	3,4	1,9	1,9	Después de 2001, es igual que P/M
Minería y Metalúrgica	11,1	6,2	6,2	Idem
Industria Manufacturera	5,8	3,7	3,7	Idem
Petróleos	8,0	4,5	4,5	Idem
Electricidad, Gas y Agua	14,2	6,0	6,0	Después de 2001, P/M es de 7,0
Tráfico y Transporte	5,4	3,5	3,5	Después de 2001, P/M es de 2,2
Construcción	5,8	4,6	4,6	Hasta 2000, es el valor real reciente x 80%
Servicios	2,2	2,2	2,2	Es igual que el valor real reciente
Producto Interno Bruto (PBI)	4,6	3,0	3,0	
(Referencia) Idem	Estrategia 5,20	M/P 2,45	M/P 2,45	

Además del Cuadro 7-2-4, en cuanto a la previsión del volumen de producción de la soja y del volumen de producción de la Mina de Mutun, se establecerá lo siguiente:

- Volumen de Producción de la Soja

  Además de Santa Cruz, la soja se produce un poco en Tarija y Chuquisaca. La producción de Santa Cruz alcanza el 97% de todo el país. El plan de producción de la ANAPO (Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo) y la previsión del crecimiento después de eso, se muestra en el Cuadro 7-2-5.

Cuadro 7-2-5 Previsión del Volumen de Producción de la Soja en el Departamento de Santa Cruz

Año	Volumen de Producción	Observaciones
1992	308,666 tons/Año	Producción real de ANAPO
1993	513,355	"
1994	604,000	Plan de Producción de ANAPO
1995	744,000	"
1996	913,000	"
1997	1,097,000	"
1998	1,320,000	"
2000	1,463,000	El aumento después de 1998 será de 5,28%/año. (Previsión de la Secretaría Nacional de Agricultura y Ganadería)
2010	2,447,000	
2020	4,093,000	

Del volumen de producción de la soja, la demanda del transporte entre zonas (transporte afuera de un departamento) es el volumen de producción de cada departamento menos el volumen de elaboración del aceite de soja y otros y el volumen de consumo.

Calculando el volumen de soja y forta de soja que se hacen objeto del transporte en el supuesto de que la proporción de estos volúmenes en 1993 siga siendo fijada en el futuro, se muestra en el Cuadro 7-2-6.

Cuadro 7-2-6 Demanda del Transporte afuera del Departamento de la Soja y la Forta de Soja (tonelada/año)

	1993	2000	2010	2020
Chuquisaca	600	1.684	2.818	4.714
Tarija	15.316	43.016	71.960	120.379
Santa Cruz	289.570	813.268	1.360.481	2.275.892
Total	305.486	857.969	1.435.259	2.400.984

- Volumen de Producción de la Mina de Mutun

  En el P/M se observaron los contratos de exportación con Argentina y Paraguay (respectivamente 300 mil toneladas/año y 150 mil toneladas/año, 450 mil toneladas/año en total). Tomando estas 450 mil toneladas/año como el valor inicial de 1991, se estableció que se realizara después la misma tasa de crecimiento que el metal no ferroso. Sin embargo, con el atraso de la conservación de dicha mina, el plan de producción también estaba bastante atrasado. En realidad, el volumen de producción en 1993 fue sólo de 32.108 toneladas/año de minerales de hierro y 3.535 toneladas/año de tantalita, totalizando 35.643 toneladas/año. Por consiguiente, suponiendo que dicho valor inicial del P/M sea para 1996 después de 5 años, el aumento de producción después será de la misma tasa que el valor establecido del P/M.

Cuadro 7-2-7 Tasa de Crecimiento del Metal No Ferroso (%/año)

Año	1997	1998	1999	2000	2000 ~ 2020
Tasa de Crecimiento	11,3	11,2	10,4	10,5	5,0

(Nota): Volumen de producción de 1996 establecido como 450 mil toneladas/año
Fuente: Informe del P/M, Noviembre de 1991 (JICA)

La producción de la Mina de Mutun es actualmente transportada por camión a Pto. Suarez y Ladario vía Quijarro. Pero, en cuanto a la ruta de transporte en el futuro, será la misma que la situación toda la producción actual hasta el año 2009, después de 2010, se transportará directamente de Mutun a Pto. Bush, con la construcción de la nueva linea ferroviaria entre Quijarro y Pto. bush en el plan sobre la modernización y la rehabilitación de la red ferroviaria del P/M.

7-2-2 Zonificación

Del volumen total de transporte de carga de la ENFE, alrededor de 90% es el transporte entre el lugar de producción y la frontera (según los transportes realizados en 1993, el 87,8% es la carga que pasa por la frontera y el 12,2% es el transporte dentro del país). Unos 10% restante es el transporte interior y su distancia media de transporte es larga, siendo de 550 km. En cuanto al transporte

de pasajeros, de unos 210 km entre Oruro y Cochabamba, tramo objeto del estudio, muy pocos pasajeros utilizan la ENFE dentro del tramo excepto ambas estaciones terminales. Además de tal situación de transporte, diversos datos existentes son sumados principalmente por departamento, y los datos sumados en cuanto al transporte dentro del departamento son también pocos. Por eso, la zonificación en Bolivia será fundamentalmente una zona por departamento, excluyendo el transporte interno dentro de una zona del objeto de la previsión de la demanda. Sin embargo, debido a que la superficie del departamento de Santa Cruz es bastante más extensa que la de otros departamentos y todo el movimiento dentro del departamento, es excesivo para el sistema de una zona por departamento, se dividió el departamento de Santa Cruz en 10 zonas.

Por otra parte, en cuanto al extranjero, se consideraron Brasil, Chile, Argentina (incluyendo Paraguay) y Perú respectivamente como una zona, totalizando 4 zonas. Por consiguiente, las zonas para realizar la previsión de la demanda es de 22 zonas en total (Ver la Figura 7-2-1), haciéndose igual que las del P/M.

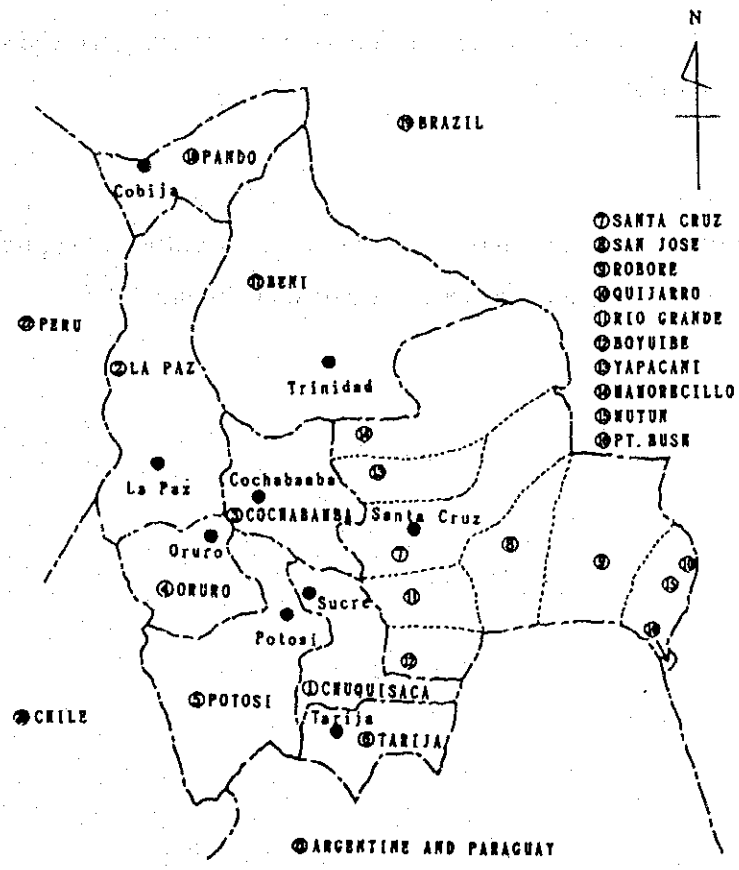


Fig. 7-2-1 Plano de Zonificación

7-2-3 Red de Comunicación en el Futuro

En cuanto al nivel de mejoramiento futuro de cada uno de los medios de transporte, por ferrocarril, carretera y avión, se pidió el parecer del respectivo sector encargado. Como resultado de eso, se confirmó que la red establecida en el P/M no fuera cambiada. Por eso, se decidió que se aplicaría para los años 2000, 2010 y 2020 el nivel de mejoramiento establecido en el P/M.

(1) Ferrocarril

La nueva linea es sólo la linea Quijarro - Puerto Busch la que será construido antes del año 2010.

La situación de mejoramiento en 2000, 2010 y 2020 se muestra en la Figura 7-2-2~4.

(2) Carretera

Clasificando el estado de superficie de camino en pavimentado, grava y tierra (incluyendo la construcción de nuevos caminos). y expresándolo de acuerdo con el año del plan de mejoramiento del ferrocarril, la red vial se muestra en la Figura 7-2-5~7.

(3) Aviación

Considerando que hay servicios directos entre las capitales de cada departamento, la red aérea se muestra en la Figura 7-2-8.

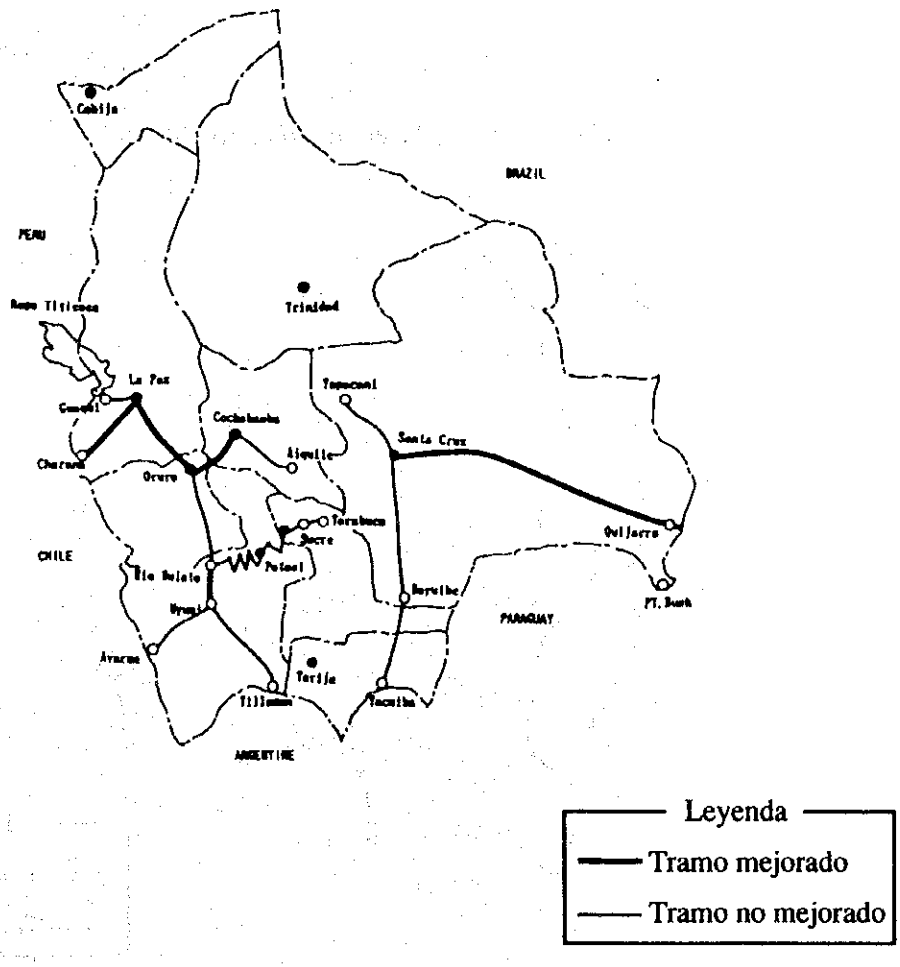


Fig. 7-2-2 Red Ferroviaria (Año 2000)

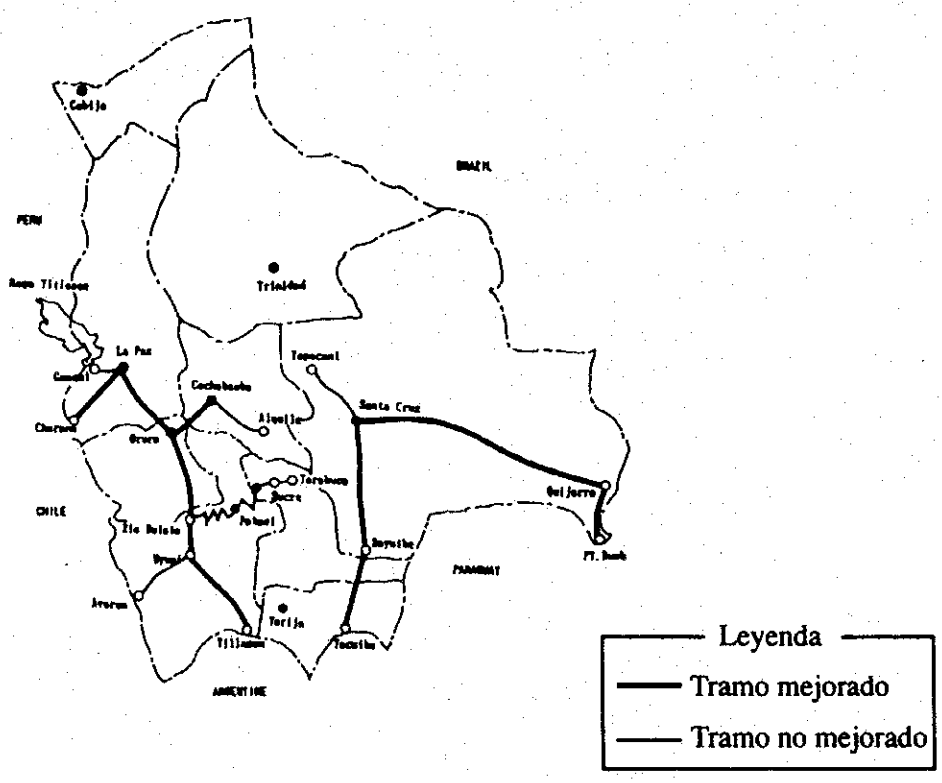


Fig. 7-2-3 Red Ferroviaria (Año 2010)

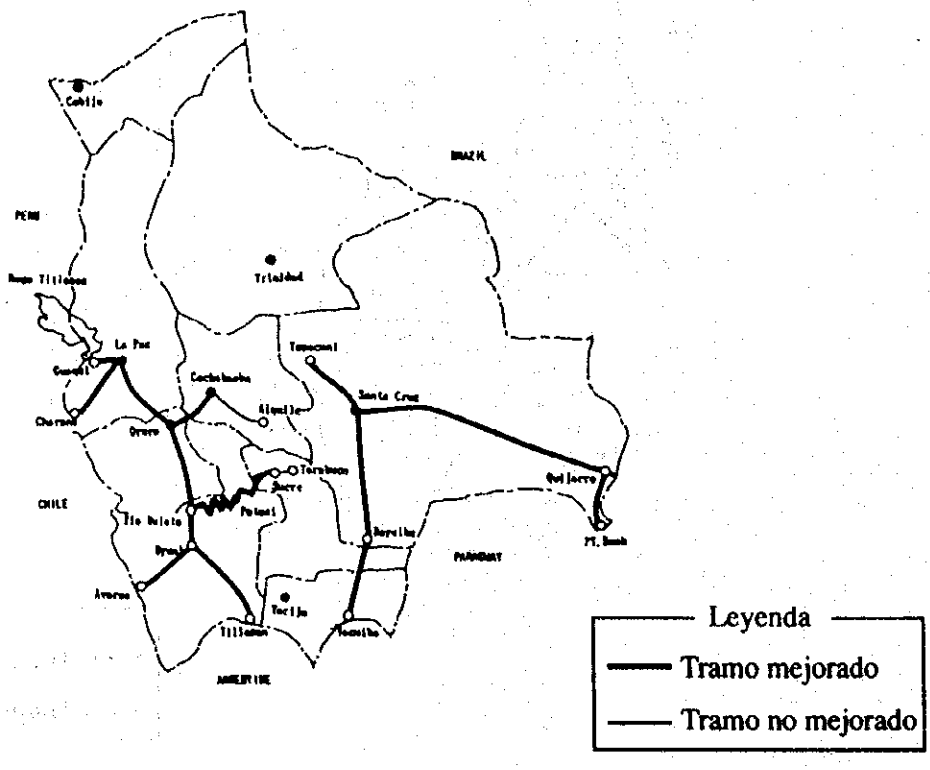


Fig. 7-2-4 Red Ferroviaria (Año 2020)

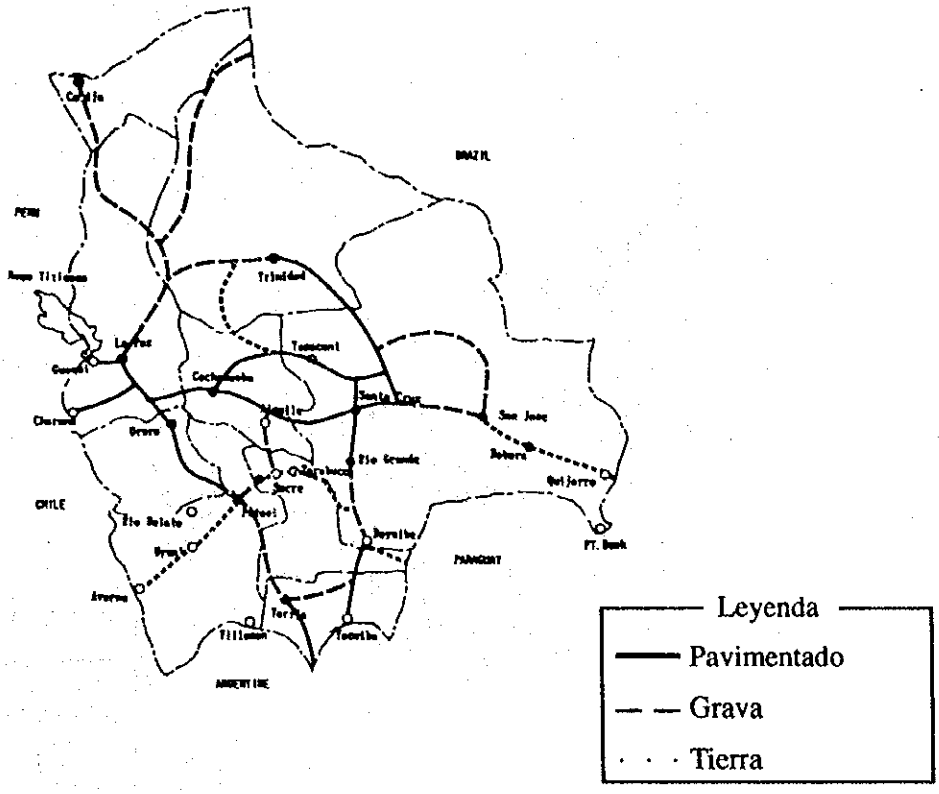


Fig. 7-2-5 Red Vial (Año 2000)

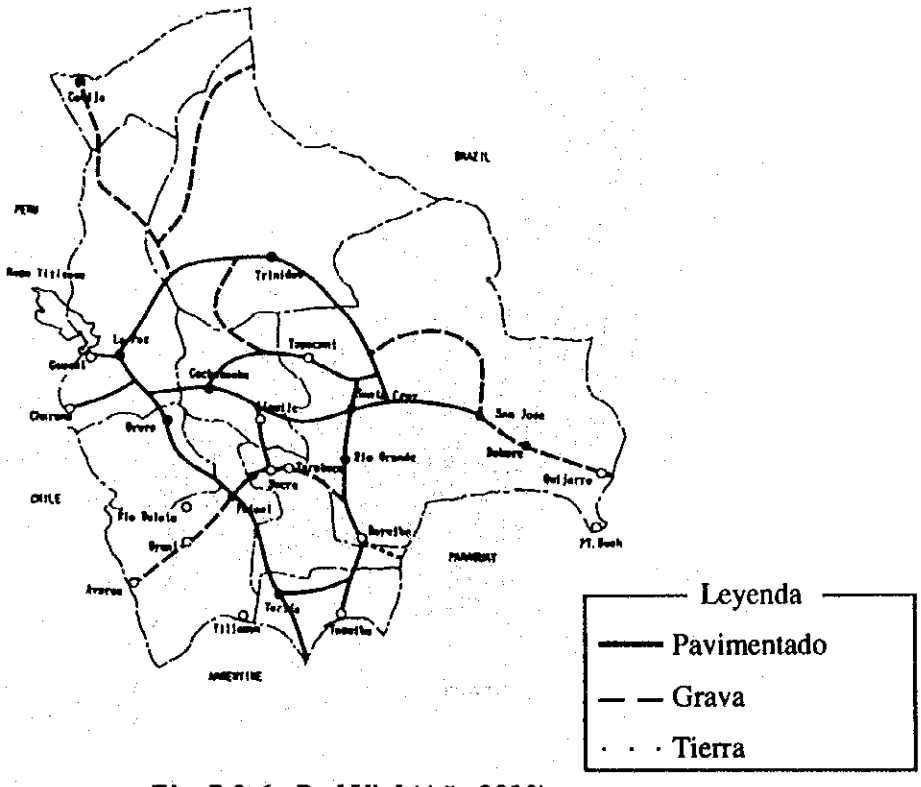


Fig. 7-2-6 Red Vial (Año 2010)

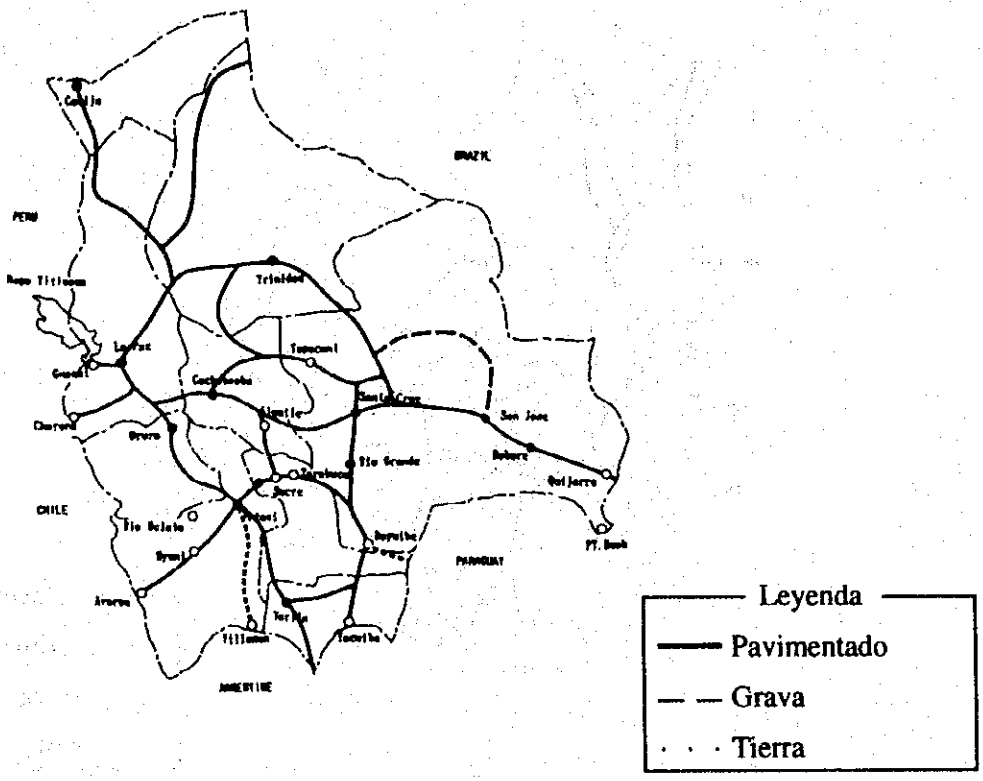


Fig. 7-2-7 Red Vial (Año 2020)

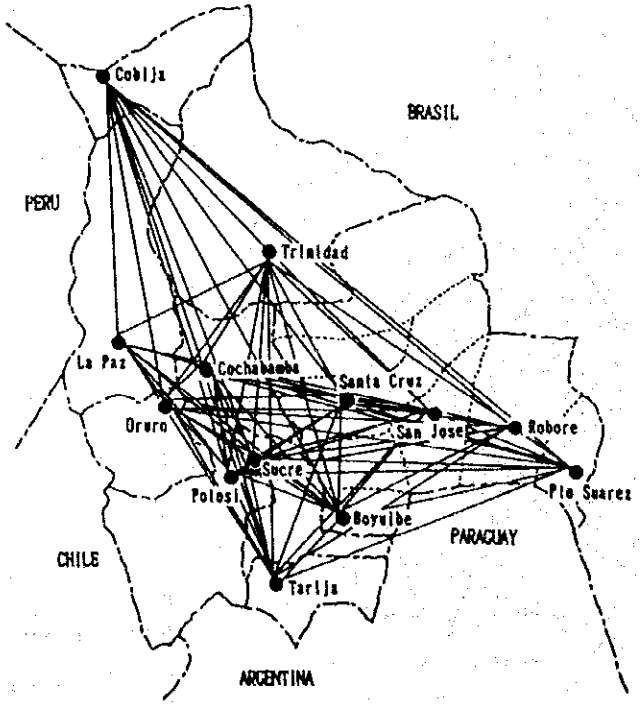


Fig. 7-2-8 Red Aérea (Años 2000, 2010 y 2020 en común)

7-2-4 Nivel de Servicio

(1) Velocidad Media Futura

En cuanto a la velocidad media del ferrocarril, carretera y aviación que corresponden a la red de comunicación futura (años 2000, 2010 y 2020), no se consideró tampoco necesario cambiar el valor establecido en el P/M. Por eso, se ha decidido aplicar fundamentalmente la velocidad media establecida en el Plan Maestro.

La velocidad comercial (km/h) por sector del ferrocarril se muestra en el Cuadro 7-2-8, la velocidad media de marcha (km/h) en la carretera que corresponde a la topografía y al estado de superficie de carretera se muestra en el Cuadro 7-2-9 y la velocidad media de marcha por sector (km/h) basada en ésta, se muestra en el Cuadro 7-2-10. En cuanto a la aviación, se estableció el tiempo requerido entre los aeropuertos según la correlación entre el tiempo de vuelo y la distancia por el avión jet.

- Tiempo requerido entre aeropuerto por aviación (horas) = 0,00108 x L + 0,293
  L: Distancia entre aeropuertos (km)
- Tiempo de acceso al aeropuerto: 1,0 hora, Tiempo de espera: 1,5 horas se agregan al tiempo mencionado arriba.

(2) Sistema de Flete

En cuanto al flete de los respectivos medios de transporte, considerando que el nivel actual de flete continúe fijo, también en el futuro, el concepto de establecer el flete será lo siguiente:

- Se aplicará fundamentalmente el sistema de flete establecido en el P/M. (Sistema de flete basado principalmente en el flete real en septiembre de 1990)
- Para comprender la fluctuación del flete después del P/M, se obtendrá la correlación entre la distancia y el flete basada en el flete real en agosto de 1994, por el mismo método que el P/M.

Expresando en dólares el flete establecido nuevamente y comparándolo con

el flete establecido en el P/M, se observa que la fluctuación en 4 años es sumamente pequeña. Sin embargo, comparado en moneda boliviana, resulta que subió, por la baja del tipo de cambio.

(Nota) Tipo de cambio en septiembre :/dólar = 3,20 bolivianos de 1990 (en el momento del P/M)

Tipo de cambio en agosto de 1994 en el momento del E/F):/dólar = 4,65 bolivianos

① Flete del ferrocarril

- Flete del pasajero por persona (dólar) = 0,00950 x L (km) + 0,0058

  (Nota) El valor de ingresos medios reales del ferrocarril de todo el país en 1993 es de 0,0148 dólar por pasajeros - km.

- Flete proyectado de carga por tonelada (dólar) = [0,0491 x L (km) +4,62] x 0,9

  (Nota) El valor de ingresos medios reales del ferrocarril de todo el país en 1993 es de 0,0593 dólar por toneladas - km.

Cuadro 7-2-8 Velocidad Comercial de Trenes (km/h)

Tramo	Pasajeros			
	Actual (Año 1994)	Año 2000	Año 2010	Año 2020
La Paz - Oruro	60	62	62	62
Oruro - Rio Mulato	57	57	62	62
Rio Mulato - Uyuni	47	62	62	62
Uyuni - Villazon	35	35	62	62
La Paz - Guaqui	49	49	49	65
La Paz - Charana	51	52	52	52
Oruro - Cochabamba	41	42	42	42
Cochabamba - Aiquile	21	21	21	21
Rio Mulato - Potosi	45	39	39	39
Potosi - Sucre	39	39	39	39
Uyuni - Avaroa	40	40	40	68
Santa Cruz - Quijarro	42	74	74	74
Santa Cruz - Yacuiba	43	43	74	74

Tramo	Carga			
	Actual (Año 1994)	Año 2000	Año 2010	Año 2020
Viacha - Oruro	33	51	51	51
Oruro - Rio Mulato	25	25	52	52
Rio Mulato - Uyuni	32	53	53	53
Uyuni - Tupiza	26	26	41	41
Tupiza - Villazon	29	29	40	40
Viacha - Guaqui	26	26	26	44
Viacha - Charana	25	41	41	41
San Pedro - Cochabamba	19	33	35	35
Cochabamba - Aiquile	22	22	22	22
Rio Mulato - Potosi	21	21	21	29
Potosi - Sucre	28	28	28	29
Uyuni - Avaroa	42	42	42	43
Santa Cruz - Quijarro	27	44	44	44
Santa Cruz - Yacuiba	29	29	38	38
Santa Cruz - Yapacani	22	22	22	22

Cuadro 7-2-9 Velocidad Media de Marcha en la Carretera por Topografía y Superficie de Carretera (km/h)

Topografía	Estado de Superficie de Carretera	Autobús	Camión
Tierra Alta	Pavimentado	80	60
	Grava	50	45
	Tierra	40	30
Región Montañosa	Pavimentado	45	40
	Grava	35	30
	Tierra	25	20
Tierra Baja	Pavimentado	80	60
	Grava	60	45
	Tierra	40	30

Cuadro 7-2-10 Velocidad Media de Marcha en la Carretera por Tramo (km/h)

Tramo	Autobús			
	Actual (Año 1994)	2000	2010	2020
La Paz - Patacamaya	40	62	62	62
Patacamaya - Oruro	80	80	80	80
Caracollo - Cochabamba	40	40	40	40
Cochabamba - Chimore	40	40	40	40
Chimore - Santa Cruz	60	60	60	60
Santa Cruz - San jose	30	30	60	60
San Jose - Robore	30	30	50	60
Robore - Quijarro	30	30	50	60
Santa Cruz - Rio Grande	30	60	60	60
Rio Grande - Boyuibe	30	50	60	60
Boyuibe - Yacuiba	30	60	60	60
San Antonio - Tarija	30	30	40	40
Potosi - Sucre	30	30	40	40
Sucre - Ipati	25	25	30	40
Totora - Sucre	30	30	40	40
Patacamaya - Chile	45	50	50	60
Potosi - Chile	30	30	45	60
Santa Cruz - Trinidad	50	60	60	60

Tramo	Camión			
	Actual (Año 1994)	2000	2010	2020
La Paz - Patacamaya	35	35	35	35
Patacamaya - Oruro	60	60	60	60
Caracollo - Cochabamba	35	35	35	35
Cochabamba - Chimore	35	35	35	35
Chimore - Santa Cruz	43	43	43	43
Santa Cruz - San jose	20	20	43	43
San Jose - Robore	20	20	35	43
Robore - Quijarro	20	20	35	43
Santa Cruz - Rio Grande	20	43	43	43
Rio Grande - Ipati	20	35	43	43
Ipati - Boyuibe	20	35	43	43
Boyuibe - Yacuiba	20	43	43	43
San Antonio - Tarija	25	25	35	35
Potosi - Sucre	25	25	35	35
Sucre - Ipati	20	20	25	35
Totora - Sucre	25	25	35	35
Patacamaya - Chile	35	41	41	41
Potosi - Chile	23	23	35	48
Santa Cruz - Trinidad	35	43	43	43

② Flete de Carretera

- Flete de autobús por persona (autobús de larga distancia; dólar) = 0,0245 x L (km) = 1,95

  (Nota) Incluyendo la tarifa de utilización de la estación terminal de autobuses y la tarifa de exceso de equipaje.
- Flete de camión de carga por tonelada (dólar) = 0,0491 x L (km) + 4,62

③ Flete aéreo

- Flete de pasajeros por persona (dólar) = 0,0922 x L (km) + 9,241

  Además, se agregan 6,31 dólares como los gastos de acceso y la tarifa de utilización del aeropuerto.
- Ya que la carga aérea está excluida del estudio del volumen de transporte por medios, no se establece el flete de la carga aérea.

(3) Diferencia del nivel de servicio entre el caso en que se realice el mejoramiento del ferrocarril entre Oruro y Cochabamba (caso "con") y el caso en que no se realice (caso "sin")

La diferencia entre las condiciones de 2 casos en la previsión de la demanda tendrá por objeto sólo este sector y es lo siguiente:

① En el caso "sin", la velocidad de trenes en este sector será la misma también en el futuro que la actual (1993).

② En el transporte pro ferrocarril en este sector, ocurren muchas veces cancelaciones de servicio, operaciones disminuidas y retrasos durante el período de noviembre a abril que es un período de lluvias. Por eso, en el caso "sin", la velocidad de trenes será el 75% de la actual.

③ En cuanto a otras condiciones establecidas del ferrocarril y a las condiciones establecidas de carretera, no hay diferencia entre los dos casos.

7-3 PREVISION DE LA DEMANDA DE PASAJEROS

7-3-1 Método de Previsión

(1) Previsión del volumen total de transporte

Se previó el volumen total de transporte entre zonas en el supuesto de que el número actual de viajes ("trips") anuales generados por persona no cambiara tampoco en el futuro y estuviera proporcionado al aumento de la población. En cuanto al número de usuarios anuales del ferrocarril y del avión en 1993, se estimó el valor real de los datos estadísticos de ENFE y AASANA. Debido a que no hay datos estadísticos sobre el número de usuarios de la carretera (autobús), se lo estimó según el estudio de la estación terminal de autobuses (La Paz, Cochabamba, Santa Cruz), el estudio del volumen de tráfico entre Oruro y Cochabamba que se ejecutó el 27 al 28 de julio de 1994 y el número de usuarios examinado en el P/M.

Como resultado, el número de viajes anuales generados por año fue de 1,30 (viaje/persona - año). Como se nuestra en el cuadro 7-3-1, en cuanto al volumen total de transporte de pasajeros en el futuro, se calcularon 10.828 mil personas para 2000, 13.298 mil personas para 2010 y 15.851 mil personas para 2020.

Cuadro 7-3-1 Estimación del Volumen Total de Transporte de Pasajeros entre Zonas

	2000	2010	2020	1993 (Referencia)
Población Total (mil personas)	8.329	10.229	12.193	1 Población 2 Número de Usuarios del Ferrocaril 3 Número de Usuarios de la Carretera 4 Número de Usuarios del Avión
Número Total de Pasajeros (mil personas/año)	10.828	13.298	15.851	5 Número Total de Viajes (= 2 + 3 + 4) 9.163 (mil personas/año) 6 Número de Viajes Anuales Ocurridos (= 5 / 1) 1,30 (viaje/persona-año)

(2) Previsión del Volumen de Transporte Distribuido

Se previó el volumen de transporte distribuido en el futuro por el método de modelo actual. Este método de modelo actual es un método de prever en el

supuesto de que el modelo actual de OD (Origen - Destino) y el modelo futuro de OD evolucionen en la misma forma. Es decir, arreglando separadamente el modero actual de OD del ferrocarril, carretera y aviación y sumándolo por cada OD, se obtiene el OD de todo el volumen de transporte. Se hace la previsión suponiendo que éste aumente en proporción con el aumento del volumen total de transporte del año de previsión.

De los modelos actuales de OD por medios de comunicación, los del ferrocarril y de la aviación fueron preparados respectivamente en base a los resultados reales de la ENFE y AASANA. El volumen de aparición y concentración de carretera por departamento se calculó empleando la proporción por zona del año 1988 del P/M. Luego, en cuanto al OD, se preparó según el modelo gravitacional mostrado abajo y el cálculo de convergencia:

Modelo Gravitacional

$$Tij = \frac{Ai \times Aj}{Dij2}$$

donde

Tij: volumen de transporte entre i y j

Ai: volumen de aparición en zona i

Aj: volumen de concentración en zona j

Dij: distancia vial entre i y j

Se muestran la lista de OD de transporte actual de pasajeros por medios en Apéndice 7-3-1 ~2 y la lista de OD de transporte futuro de pasajeros de todos los medios de comunicación en Apéndice 7-3-3~4.

(3) Previsión del Volumen de Transporte por Medios de Comunicación

Como el modelo de previsión del volumen de transporte por medios de comunicación, se decidió emplear el siguiente modelo logit:

$$Pi = \frac{\exp(Gi)}{\sum_{j=1}^{n} \exp(Gj)}$$

$$Gj = \sum_{k=1}^{m} ak \cdot Xjk + aj$$

donde

Pi : tasa de repartición de los medios de comunicación i

Gj : función de utilidad

Xjk : valor del factor k de la tara de repartición de los medios de comunicación j

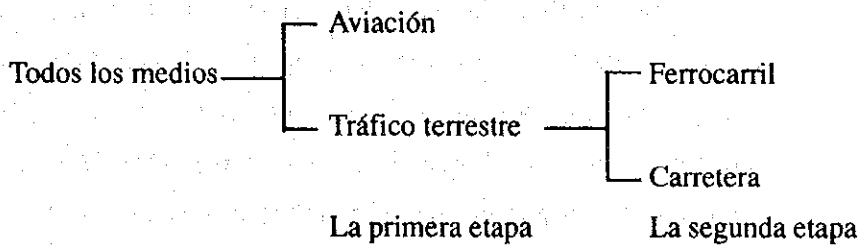
ak : parámetros referente al factor k

aj : término de constante referente a los medios de comunicación j

n : número de medios de comunicación (2: Aviación, Terrestre/Ferrocarril, Carretera)

m : número de factores de selección (2; tiempo de transporte, flete)

Los medios de comunicación serán el ferrocarril, autobús y aviación, y se decidió prever la selección de los medios según las siguientes 2 etapas:



En cuanto al factor de repartición de medios k, se decidieron 2 factores: tiempo requerido y flete. El parámetro por factor ak y la constante por medios de comunicación aj se calcularon del modelo de la proporción de transporte actual por medios de comunicación. En el cuadro abajo se muestran ak, aj y sus coeficientes correlativos.

Cuadro 7-3-2 Parámetros por Factor, Término de Constante y Coeficiente Correlativo por Medios de Comunicación

	Primera Etapa (Terrestre-Aviación)	Segunda Etapa (Ferrocarril-Carretera)
Parámetro de Tiempo Requerido ak	-0,1039	-0,4243
Parámetro de Flete ak	-0,0697	-0,2379
Término de Constante ak	0,6940	0,5776
Coeficiente Correlativo	0,85370	0,8239

7-3-2 Resultados de la Previsión

El cuadro 7-3-3 y la Figura 7-3-1 el volumen de transporte, la participación y la tasa de aumento en relación con la situación actual de los respectivos medios. El aumento del volumen total de transporte es de 1,18 veces más grande en 2000, 1,45 veces más grande en 2010 y 1,73 veces más grande en 2020 respectivamente en relación con 1993. De éstos datos, el aumento del ferrocarril es mayor que el del total, siendo de 1,61 veces más grande, 1,94 veces más grande y 2,14 veces más grande respectivamente. En el caso de "sin" en que no se realicen la modernización y rehabilitación del ferrocarril entre Oruro y Cochabamba, el volumen de transporte es del 98% a 99% del caso de "con". Así, el efecto de modernización y rehabilitación es muy pequeño, lo cual es debido a que de todos los sectores, la longitud de este sector es corta, teniendo poca influencia sobre el total.

La participación del ferrocarril es actualmente del 8,2% y aumentará hasta el 11,1%. Luego, disminuirá gradualmente y mantendrá alrededor del 10%. El número de pasajeros muestra bastante aumento, siendo de 1,20 millones de pasajeros en 2000, 1,45 millones de pasajeros en 2010 y 1,60 millones de pasajeros en 2020. Pero, en comparación con el mayor numero de 2,30 millones de pasajeros en el pasado (1983), es absolutamente menor.

El pasajero-km en total del transporte por ferrocarril y el kilometraje medio del servicio a bordo son como se muestra en el Cuadro 7-3-4. En el caso de "con", la

tasa de aumento del pasajero-km en total es de 1,73 veces más grande en 2000, 2,10 veces más grande en 2010 y 2,32 veces más grande en 2020 en relación con 1993, sobrepasando respectivamente a la tasa de aumento del volumen total de transporte de pasajeros.

Como resultado de esto, la distancia media de recorrido por viaje será de 530 km, aumentando un poco en comparación con la situación actual de 490 km. De esto, se entiende que los pasajeros del ferrocarril lo utilizan por bastante larga distancia.

Se muestra la lista de OD del transporte futuro de pasajeros por medios en Apéndice 7-3-5 ~ 12.

Cuadro 7-3-3 Resultado de la Previsión de la Demanda de Pasajeros

Item \ Medios / Año		Ferrocarril ("con")	Carretera	Aviación	Todos los Medios	Ferrocarril ("sin")
Volumen de transporte (mil personas/año)	1993	747	7.600	816	9.163	–
	2000	1.203	8.768	857	10.828	1.190 (98,9)
	2010	1.450	10.947	902	13.299	1.426 (98,3)
	2020	1.599	13.252	1.001	15.852	1.562 (97,7)
Participación (%)	1993	8,2	82,9	8,9	100	–
	2000	11,1	81,0	7,9	100	11,0
	2010	10,9	82,3	6,8	100	10,7
	2020	10,1	83,6	6,3	100	9,9
En comparación con 1993	1993	1,00	1,00	1,00	1,00	–
	2000	1,61	1,15	1,05	1,18	1,59
	2010	1,94	1,44	1,11	1,45	1,91
	2020	2,14	1,74	1,23	1,73	2,09

( ) : Proporción en relación con el caso "con", %

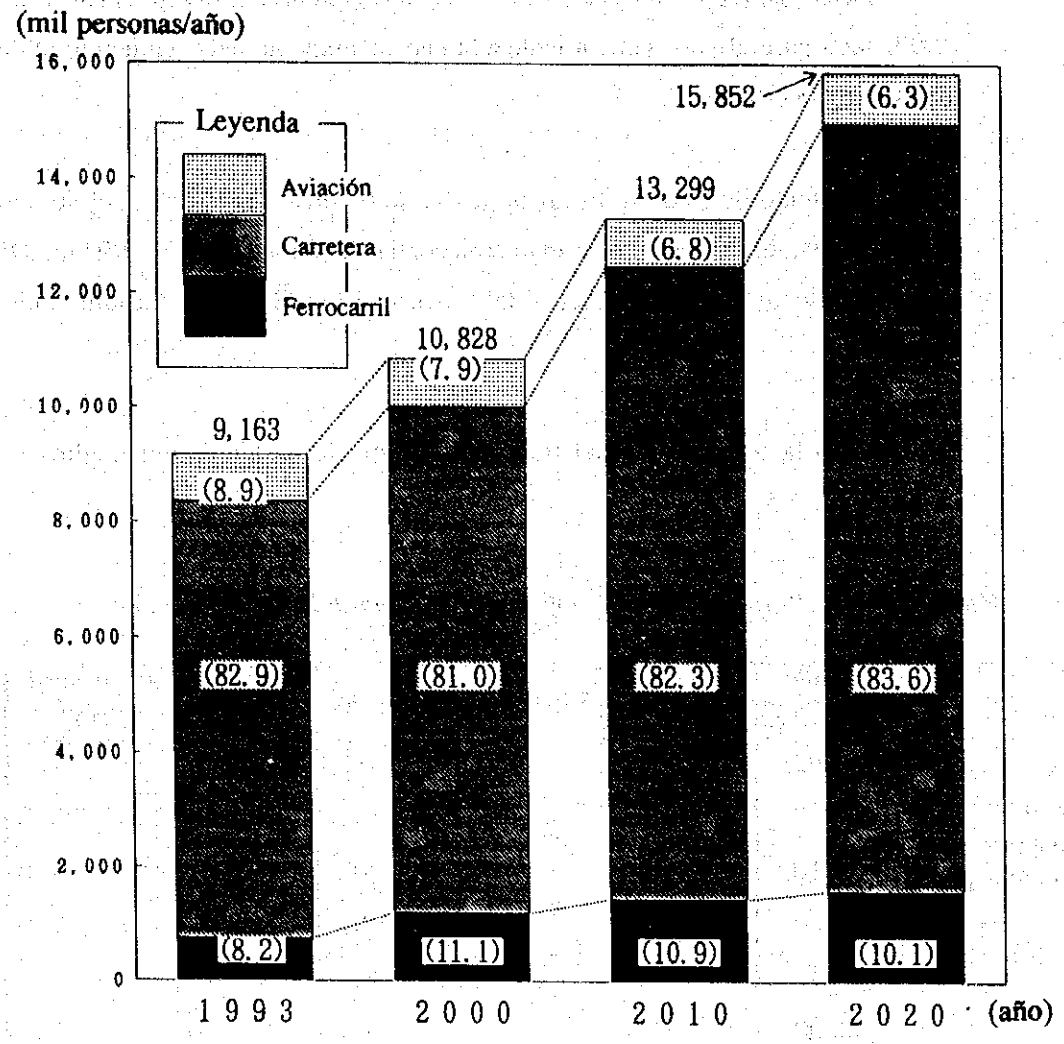


Fig. 7-3-1 Resultado de la Previsión de la Demanda de Pasajeros

Cuadro 7-3-4 Pasajeros - Km en Total por Año del Transporte de Pasajeros Ferroviarios

		2000	2010	2020	1993
"Con"	Personas • km (mil pasajeros • km)	633.886	768.905	848.979	366.657
	En comparación con 1993 kilometraje medio de recorrido (km)	1,73 (527)	2,10 (530)	2,32 (531)	
"Sin"	Personas • km (mil pasajeros • km)	628.827	759.059	833.071	1,00 (491)
	En comparación con 1993 kilometraje medio de recorrido (km)	1,72 (528)	2,07 (532)	2,27 (533)	

(2) Volumen de Transporte Seccional de Pasajeros

Se muestran el volumen de transporte seccional de pasajeros ferroviarios por cada año entre estaciones principales en la Figura 7-3-2, el volumen total de transporte seccional de pasajeros en la figura 7-3-3 y la participación de transporte de pasajeros ferroviarios en la Figura 7-3-4.

Ya que la carretera y aviación no hacen el servicio en la misma vía que el ferrocarril, no es correcto comparar las Figuras 7-3-3 y 7-3-4 de la misma manera. Pero, eso no es nada más que un recurso provisional para ver la participación del ferrocarril por OD de la demanda de transporte de pasajeros. Por influencia del hecho de que el volumen generado y concentrado de pasajeros totales en La Paz es muy grande, aumenta también el volumen de transporte del ferrocarril. La participación casi no cambiará en comparación con la situación actual.

En cuanto a la situación general de utilización del ferrocarril, la participación de la Red Oriental es grande. Tiene una participación del 60% al 70% de todos los pasajeros especialmente entre Santa Cruz y Quijarro y tiene una participación del nivel de 30% también en la dirección de Yacuiba. Por otra parte, la Red Andina tiene una participación del nivel de 20% en el sector de Oruro a Villazón, pero en otros sectores la tasa de utilización es muy baja siendo sólo de unos por ciento. Esto es debido a que en el caso de aquélla, la red de carreteras que posibilita el transporte de larga distancia durante un año es escasa y el ferrocarril resulta necesariamente favorable. En cambio, en el caso de ésta, es porque el plan de modernización y rehabilitación del ferrocarril se termina relativamente temprano y el volumen de aparición y concentración de pasajeros totales en La Paz es muy grande, resultando que la participación del ferrocarril muestra un pequeño valor.

Entre Oruro (San Pedro) y Cochabamba que es el tramo objeto de este E/F, se estima que el volumen de transporte en total de ida y vuelta sea 114 mil personas en 2000, 156 mil personas en 2010 y 185 mil personas en 2020. Estos son 2,7 veces más grande, 3,7 veces más grande y 4,3 veces más grande respectivamente en relación con los resultados reales del transporte en 1993.

Sin embargo, los pasajeros totales en este tramo sobrepasan a 4.000 mil personas en total de ida y vuelta en 2000 y la participación del ferrocarril es pequeña siendo de un poco menos de 3%. Esta tendencia no cambiará tampoco en 2020. En el caso en que no se realicen la modernización y rehabilitación de este tramo ("sin"), el volumen de transporte disminuirá al 90% en 2000, al 85% en 2010 y al 80% en 2020 respectivamente del caso de "con". En cuanto a este volumen de disminución, el aumento de la velocidad de trenes de pasajeros será pequeño (41 km/h - 42 km/h; Ver Cuadro 7-2-8) aun después de la modernización y rehabilitación, a lo cual se piensa que la desaparición de retrasos y cancelaciones de servicio contribuya.

Cuadro 7-3-5 Volumen de Transporte Seccional entre Oruro y Cochabamba

		Transporte Realizado en 1993	"Con"			"Sin"		
			2000	2010	2020	2000	2010	2020
Volumen de transporte (pasajero/ año)	Oruro Cochabamba	21.530	56.268	77.800	92.789	49.628	65.897	77.200
	Cochabamba Oruro	21.135	57.601	78.406	92.563	51.610	67.116	71.551
	Total	42.665	113.869	156.206	185.352	101.238 (88,9)	133.013 (85.2)	148.751 (80.3)
En compara-ción con 1993	Oruro Cochabamba	–	2,61	3,61	4,31	2,31	3,06	3,59
	Cochabamba Oruro	–	2,73	3,71	4,38	2,44	3,18	3,39
	Total	–	2,67	3,66	4,34	2,37	3,12	3,49

( ): Proporción en relación con el caso de "con" ; %

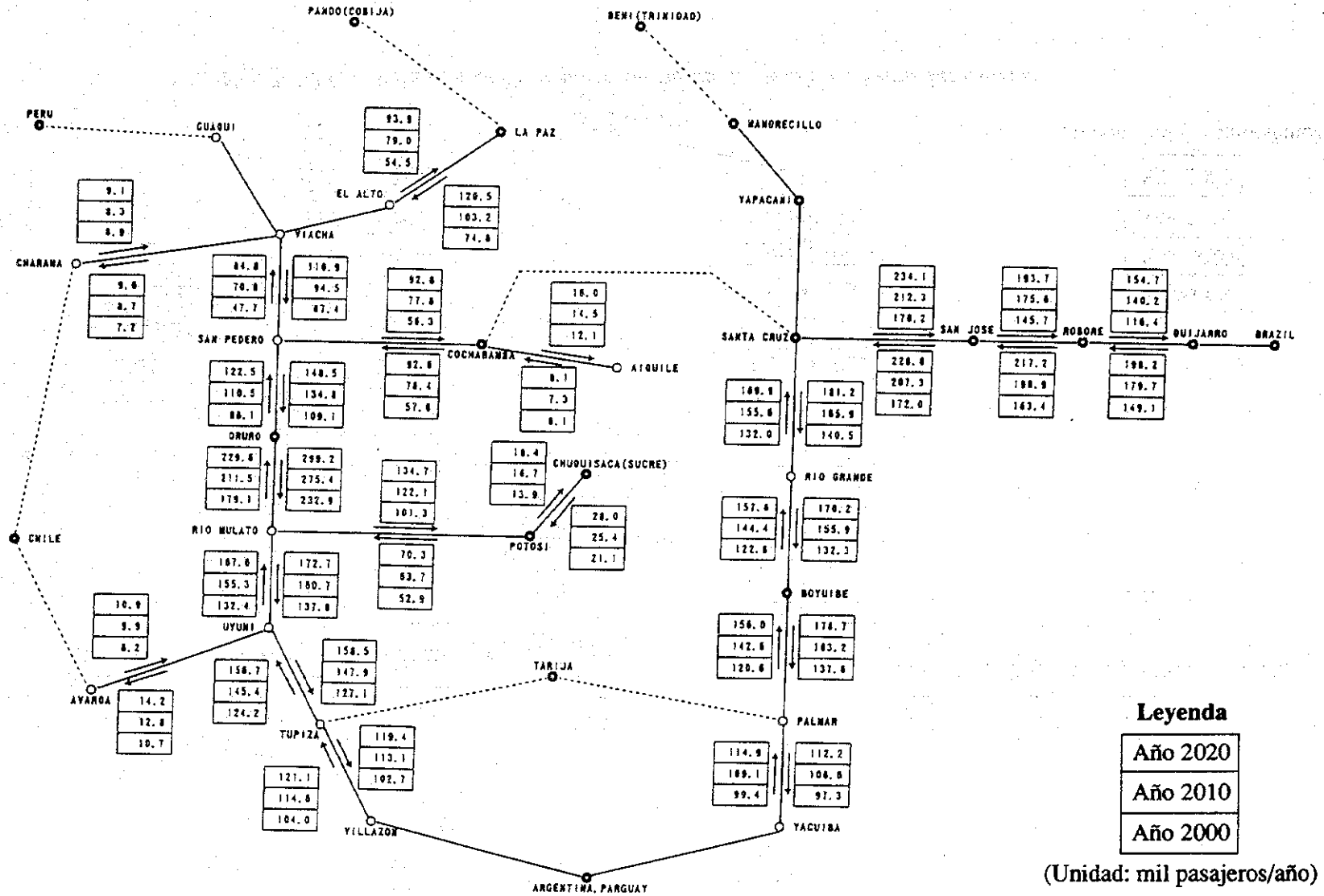


Fig. 7-3-2 (1) Volumen de Transporte Seccional de Pasajeros Ferroviarios [con]

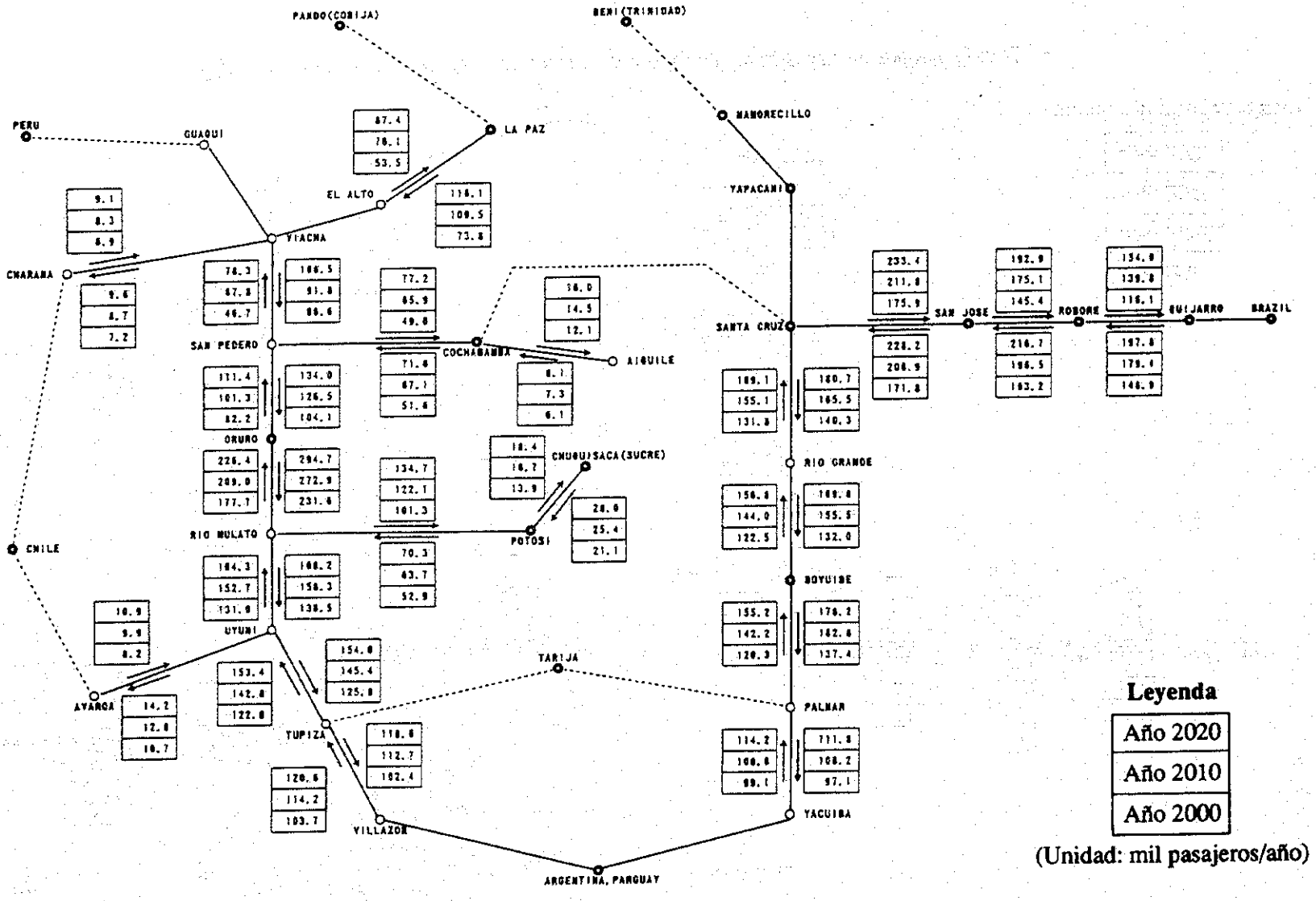


Fig. 7-3-2 (2) Volumen de Transporte Seccional de Pasajeros Ferroviarios [sin]

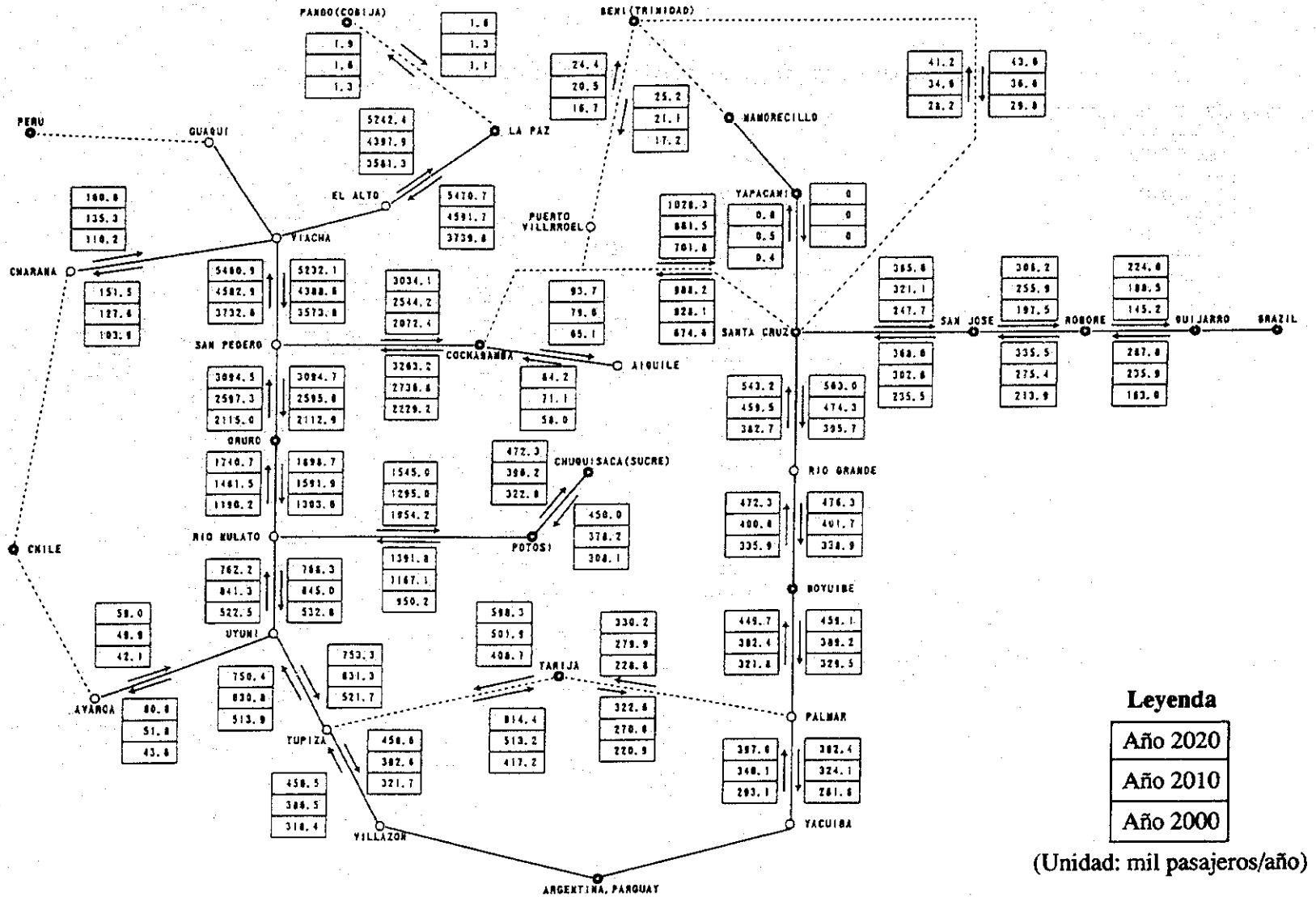


Fig. 7-3-3 (1) Volumen Total de Transporte Seccional de Pasajeros [con]

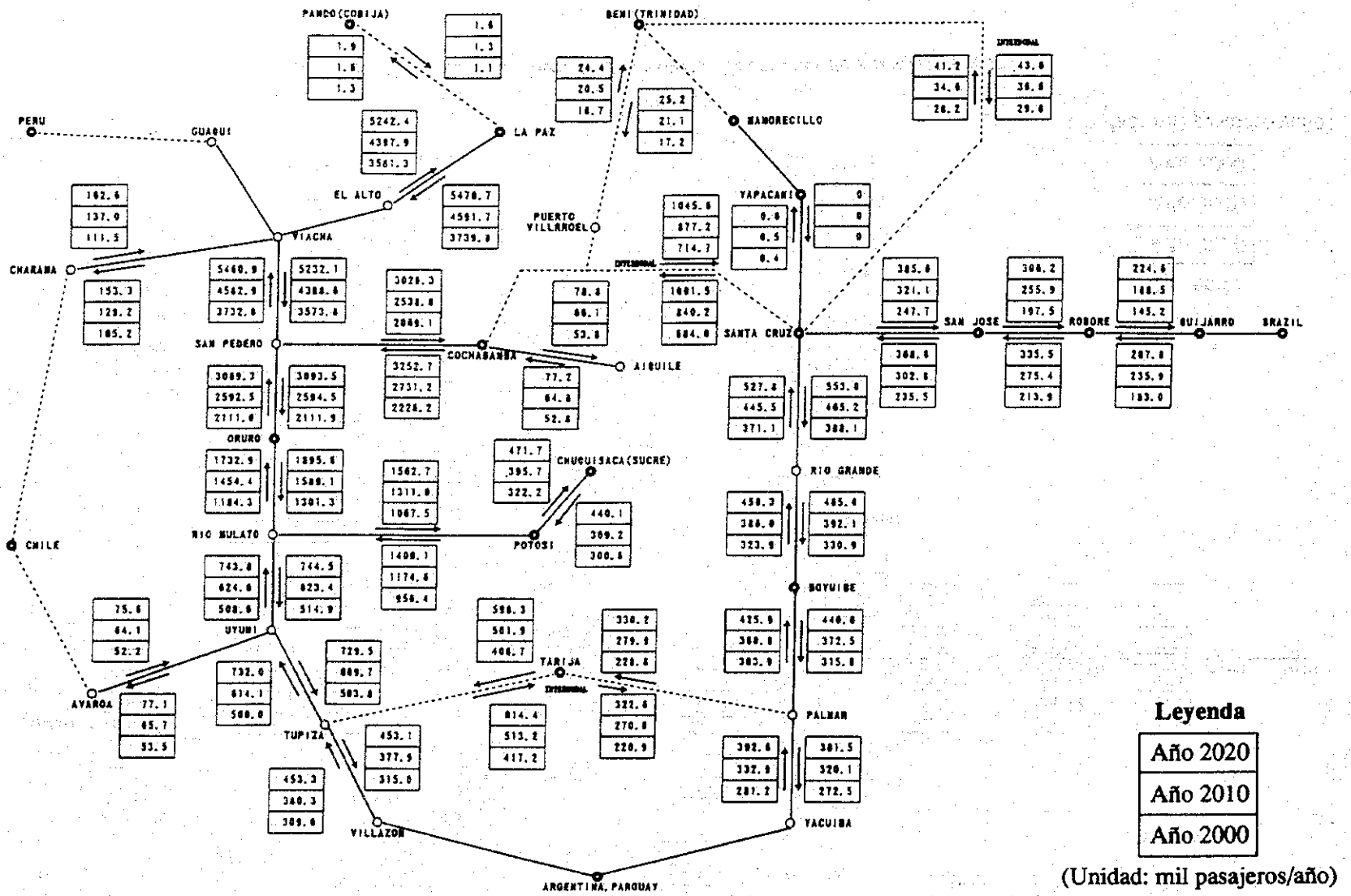


Fig. 7-3-3 (2) Volumen Total de Transporte Seccional de Pasajeros [sin]

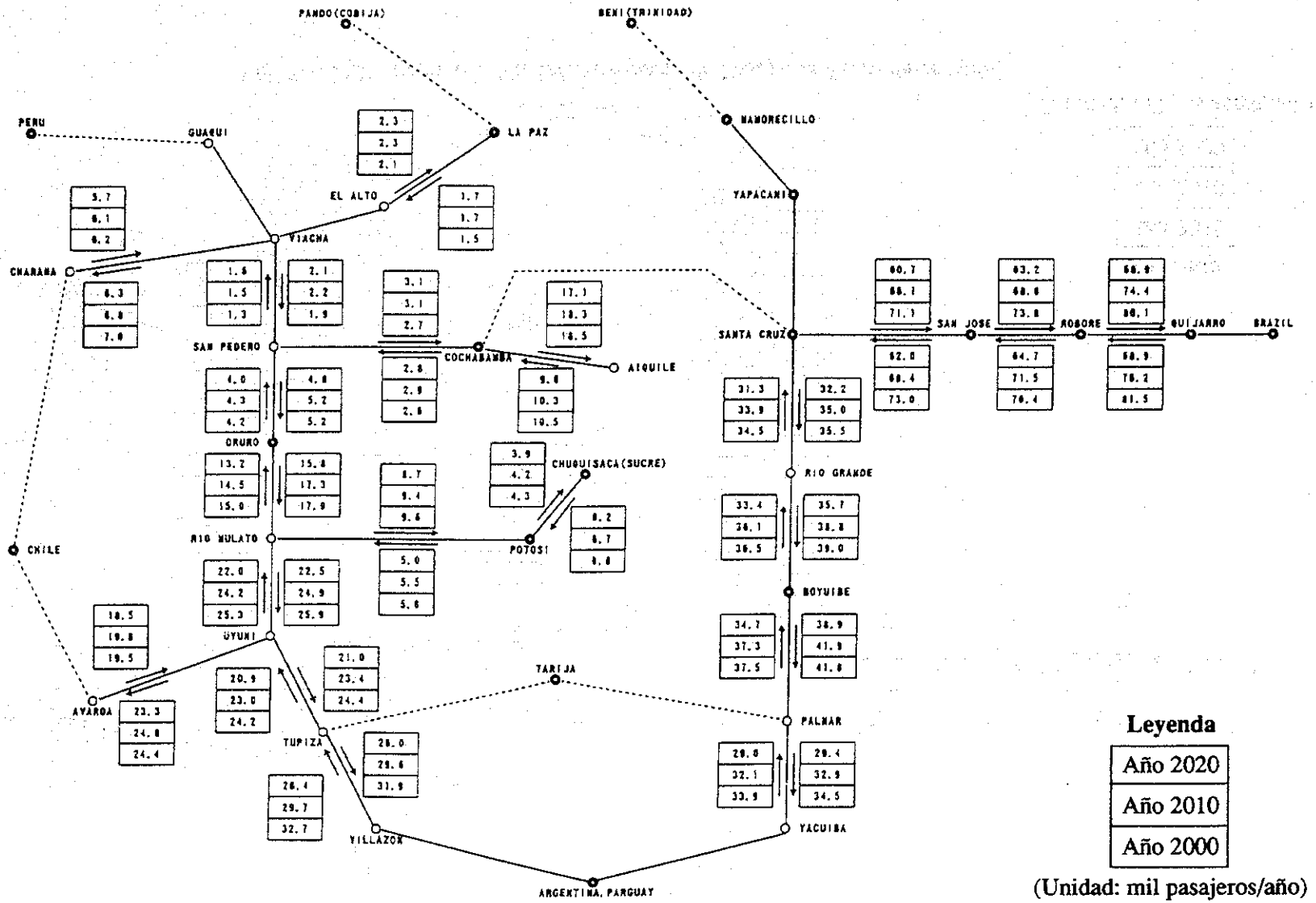


Fig. 7-3-4 (1) Participación del Transporte de Pasajeros Ferroviarios [con]

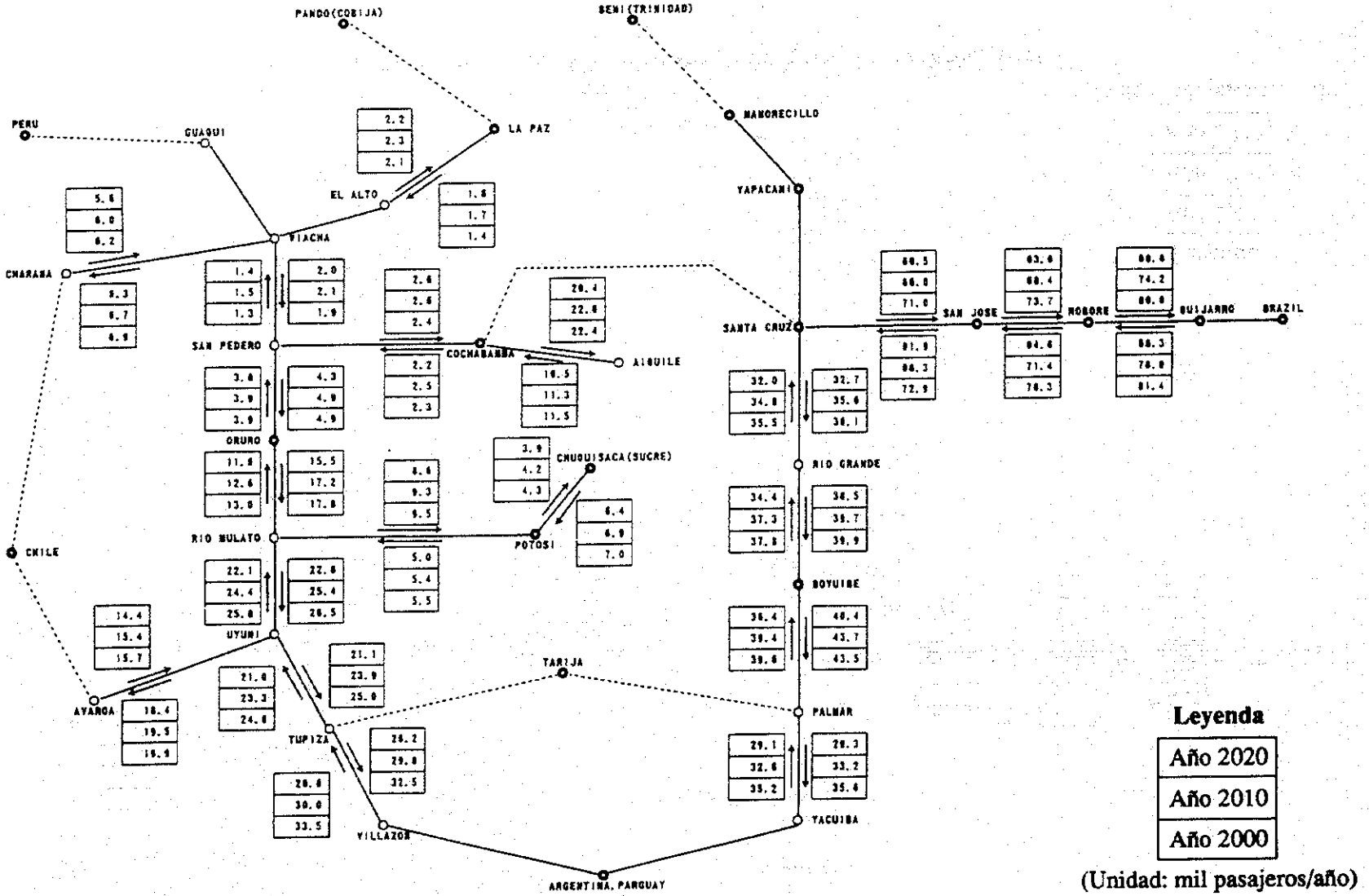


Fig. 7-3-4 (2) Participación del Transporte de Pasajeros Ferroviarios [sin]

7-4 PREVISION DE LA DEMANDA DE CARGA

7-4-1 Método de Previsión

(1) Previsión del volumen total de transporte

En cuanto al volumen de transporte futuro de la carga, se ha considerado que la diferencia entre la producción y el consumo por artículo de cada departamento sea el objetivo del transporte fuera del departamento. Es decir, previendo la producción y el consumo por cada departamento sobre los 12 artículo principales, en caso de que la producción sea más grande que el consumo, la diferencia se transporta fuera del departamento. Al contrario, en caso de que el consumo sea más grande que la producción, la diferencia de transporte fuera del departamento. Por consiguiente, la diferencia entre la producción y el consumo en toda Bolivia que se obtiene sumando éstos será el volumen de exportación o el volumen de importación del artículo.

① Estimación del volumen generado y concentrado actual

El volumen generado y concentrado actual de los 12 artículos principales se basa en los datos estadísticos de producción y consumo (Apéndice 7-4-1~6) del Instituto Nacional de Estadística (INE). Sin embargo, en cuanto a algunos artículos, faltan datos necesarios o difieren del resultado del volumen de producción y consumo de otras estadísticas y de los transportes realizados de la ENFE. Por eso, se estableció el valor actual (1993) del volumen de producción y consumo por artículo y por departamento modificando los datos del INE. (Ver Apéndice 7-4-7)

Los 12 artículos principales son el trigo, harina de trigo, azúcar, soja, ganado - carne, cemento, producto siderúrgico elaborado, material de construcción, automóvil, máquina - equipo, madera, mineral y metal.

② Estimación del volumen futuro de aparición y concentración futuro

Se estimó el volumen de aparición y concentración calculando el volumen futuro de producción y consumo, dichos 12 artículos (para años 2000, 2010 y 2020) según la tasa de crecimiento por sector que se arregló en la cláusula 7-2-1. (Ver Apéndice 7-4-8~10) Ya que la tasa de consumo futuro no necesariamente coincide con el aumento de la producción de cada sector, se decidió lo siguiente:

trigo, harina de trigo, azúcar, soja, ganado;	coincidiendo con el aumento de la población
cementos, producto siderúrgico elaborado;	coincidiendo con el aumento de la construcción
material de construcción, automóvil, máquina - equipo:	coincidiendo con el aumento de la industria manufacturera
madera;	coincidiendo con el aumento de la agricultura
productos minerales;	coincidiendo con el aumento de la minería

En cuanto a los otros artículos aparte de dichos 12 artículos, se decidió tratar englobándolos como "otros artículos". En cuanto al ferrocarril, se ha fijado de la misma tasa que la participación de otros artículos por el transporte por camión, esta proporción sea más elevada que el transporte por ferrocarril. Por eso, se modifico el transporte realizado de la ENFE teniendo en cuenta el resultado del estudio del tráfico entre Oruro y Cochabamba (volumen de transporte por camión, por articulo). (Ver Apéndice 7-4-11~13)

③ Carga de exportación e importación

Se consideró como el volumen de exportación e importación la diferencia entre la producción y el consumo de la totalidad del país. Suponiendo que este volumen pase por Brasil, Chile, Argentina • Paraguay y Perú que son países vecinos, se repartió por país según el transporte por artículo realizado por cada ruta del ferrocarril.

(2) Previsión del volumen de transporte distribuido

Del volumen de aparición y concentración por zona y por articulo de cada año se estimó el volumen de transporte distribuido, por medio del cálculo de convergencia, por el modelo gravitacional y el método de Fratar y se la lista

de OD de transporte de carga por artículo actual y futuro. (Apéndice 7-4-14~41)

Modelo Gravitacional

$$Tij = \frac{Ai \times Aj}{Dij2}$$

donde

Tif : volumen entre i y j

Ai : volumen de aparición en zona i

Aj : volumen de concentración en zona j

Dij : distancia de transporte entre i y j

(3) Previsión del volumen de transporte repartido por los medios de tráfico

① Fórmula de modelo de previsión

En cuanto a la fórmula de modelo de previsión del volumen de transporte repartido por los medios de tráfico, al igual que la previsión de la demanda de pasajeros se utilizó el modelo logit en que el tiempo y flete requeridos son factores de selección de los medios. Se establecieron estos factores de selección de los medios en consideración al sistema intermodal y el retraso de trenes. (Ver 2 del párrafo siguiente)

$$CFij = \left[\frac{1}{1 + EXP\left[\alpha \times \frac{FTij}{RTij} + \beta \times \frac{FCij}{RCij} + \gamma \right]} \right] \times Tij$$

donde

CFij : Volumen de transporte por ferrocarril entre i y j

CRij : Volumen de transporte por carretera entre i y j

Tij : Volumen de transporte total entre i y j

FTij : Tiempo de transporte por ferrocarril entre i y j

RTij : Tiempo de transporte por carretera entre i y j

FCif : Flete de ferrocarril entre i y j

RCij : Flete de carretera entre i y j

$\alpha = 1,7$ $\beta = 1,7$ $\gamma = -3,034$; parámetros

Del volumen de transporte de carga total al año 1993 estimado en (1) y el valor de transporte realizado de la ENFE, se calcularon a prueba los parámetros α, β y γ.

② Modificación debido al sistema intermodal y retraso de trenes

El tiempo y flete requeridos que serán factores explicativos de la repartición por los medios, se basan en el nivel de servicio establecido en 7-2-4. Pero, en cuanto al transporte de carga por ferrocarril, fue necesario tomar en consideración el tiempo y flete requeridos para el sistema intermodal, y se aplicó el valor del Cuadro 7-4-1.

Cuadro 7-4-1 Tiempo y Flete Requeridos para el Sistema Intermodal

Item \ Año		Actualidad	2000	2010	2020
Tiempo requerido para carga y descarga (horas)	Santa Cruz	36	8	8	8
	Cochabamba	36	8	8	8
	Tupiza	36	36	8	8
	Villa Montes	36	36	8	8
	Motaccito	36	36	–	–
	Puerto Villaroel	36	36	36	36
	Mamorecillo	36	36	36	36
Tiempo requerido para transporte por agua (horas)	Puerto Villarroel – Mamorecillo	96	96	75	75
	Mamorecillo – Trinidad	96	96	96	75
Flete para transporte por agua	Puerto Villarroel – Mamorecillo	16,10 US$ / t			
	Mamorecillo – Trinidad	16,10 US$ / t			
	Puerto Villaroel – Trinidad	24,15 US$ / t			
	Tarifa para embarque y desembarque	4,62 US$ / t			

Fuente: Estudio del Plan Maestro sobre la Modernización y Rehabilitación de la Empresa Nacional de Ferrocarriles de la República de Bolivia, Noviembre de 1991 (JICA)

7-4-2 Resultado de la Previsión

(1) Volumen de transporte de carga por medios

Se muestra el resultado de la previsión de la demanda de carga por medios estimada por el método mencionado antes en el Cuadro 7-4-2 y la Figura 7-4-1.

El aumento del volumen de transporte total es de 1,64 veces más grande en 2000; 2,60 veces más grande en 2010 y 4,18 veces más grande en 2020 respectivamente en relación con 1993. En cuanto al ferrocarril, su aumento será de 1,64 veces más grande en 2000, igual que el del volumen de transporte total, pero sobrepasando considerablemente al aumento del transporte por carretera después de 2010, será de 3,09 veces más grande y 4,59 veces más grande. Esto es debido a que en 2010 el transporte de los productos minerales de la Mina de Mutun se convertirá de camión en ferrocarril con la construcción de la nueva línea ferroviario entre Quijarro y Pto. Busch.

En caso de "sin" en que no se ejecute el mejoramiento del ferrocarril entre Oruro y Cochabamba, la tasa de aumento bajará, siendo respectivamente de 1,58 veces más grande, 2,95 veces más grande y 4,38 veces más grande, y el volumen de transporte será del 95% al 96% del caso de "con". Por consiguiente, el efecto del mejoramiento de este tramo es pequeño siendo el aumento del 4% al 5% del volumen de transporte de todo el tramo de vía. Pero, como ya se ha mencionado en el resultado de la previsión de pasajeros, el hecho de que la longitud de este tramo que ocupa en la totalidad es pequeña disminuye el efecto. Sin embargo, el aumento de pasajeros con el mejoramiento es del 1% al 2%, mientras que mayor efecto en la carga es debido a que el aumento de la velocidad de trenes de carga es notable (19 km/h - 35 km/h; Ver Cuadro 7-2-8), además de que se evitan los retrasos y cancelaciones de servicio de trenes.

La participación del ferrocarril será del 41,5% en el momento del año 2000, igual que la actualidad. Pero, con la conversión en ferrocarril del transporte de los productos minerales de la Mina de Mutun que se mencionó antes, será del 49,3% en 2010 y después también mantendrá la participación del nivel

del 40%. Por consiguiente, desempeñará un papel importante que sea igual a toda la red vial. En cuanto al transporte de pasajeros, la participación del ferrocarril de la Red Oriental es grande siendo del 30% al 70% de todos los pasajeros, mientras que la participación de la Red Andina es muy pequeña, utilizándose principalmente los autobuses en tierras altas y montañosas. Por otra parte, en cuanto al transporte de la carga, la participación del ferrocarril es grande en ambos tramos de vía de la Red Oriental y la Red Andina. Esto demuestra que hay muchas cargas adecuadas para el transporte por ferrocarril en toda Bolivia y el grado de dependencia del transporte por ferrocarril es grande.

Se muestran la lista de OD del transporte por ferrocarril de la carga por articulo en 1993 en Apéndice 7-4-42~48, la lista de OD del transporte por carretera de la carga total en el mismo año en Apéndice 7-4-49 y la lista de OD del transporte futuro de la carga por medios según cada caso de "con" y "sin" en Apéndice 7-4-50~55.

Cuadro 7-4-2 Resultado de Previsión de la Demanda de Carga

Item \ Medios / Año		Ferrocarril ("con")	Carretera	Todos los Medios	Ferrocarril ("sin")
Volumen de transporte (mil t/año)	1993	1.342	1.891	3.233	–
	2000	2.204	3.109	5.313	2.117 (96,1)
	2010	4.150	4.268	8.418	3.953 (95,3)
	2020	6.156	7.351	13.507	5.883 (95,6)
Participación con 1993	1993	41,5	58,5	100	–
	2000	41,5	58,5	100	39,8
	2010	49,3	50,7	100	47,0
	2020	45,6	54,4	100	43,6
En comparación con 1993	1993	1,00	1,00	1,00	–
	2000	1,64	1,64	1,64	1,58
	2010	3,09	2,26	2,60	2,95
	2020	4,59	3,89	4,18	4,38

( ): Proporción en relación con el caso de "con", %

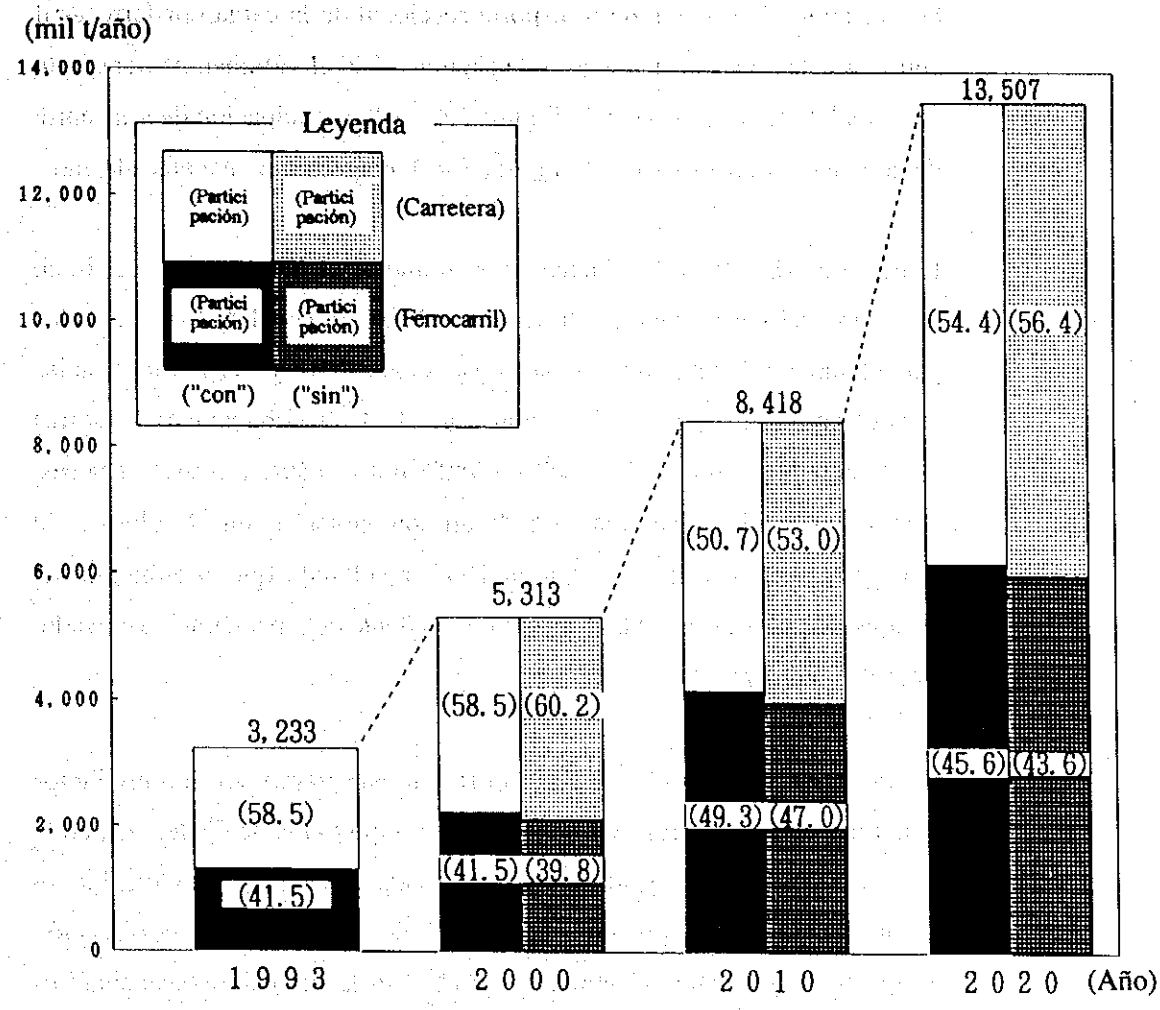


Fig. 7-4-1 Resultado de Previsión de la Demanda de Carga

Cuadro 7-4-3 Toneladas - km en Total por Año del Transporte de carga por Ferrocarril

		2000	2010	2020	1993
"con"	Toneladas•km (mil t • km)	1.310.577	1.852.009	2.709.810	703.066
	En comparación con 1993 kilometraje medio de recorrido (km)	1,86 (595)	2,63 (446)	3,85 (440)	
"sin"	Toneladas•km (mil t • km)	1.225.138	1.768.440	2.552.029	1,00 (524)
	En comparación con 1993 kilometraje medio de recorrido (km)	1,72 (579)	2,52 (447)	3,63 (434)	

(2) Volumen de Transporte Seccional de Carga

Se muestran el volumen de transporte seccional de la carga por ferrocarril entre las estaciones principales en la Figura 7-4-2, el volumen de transporte seccional de la carga total en la Figura 7-4-3 y la participación de transporte de la carga por ferrocarril en la Figura 7-4-4, respectivamente en cada año.

Entre Oruro (San Pedro) y Cochabamba, tramo objeto de este E/F, se estiman en la dirección descendente (Oruro -> Cochabamba) en 178,3 mil t anuales para el año 2000, 269,4 mil t anuales para el año 2010 y 399,3 mil t anuales para el año 2020, y en la dirección ascendente (Cochabamba -> Oruro) igualmente 563,9 mil t, 779,7 mil t y 989,8 mil t. Estas son de 3,71 veces, 5,25 veces y 6,95 veces más grande en comparación con el volumen de transporte seccional de la carga en 1993, resultando que el aumento del volumen de transporte en la dirección ascendente es especialmente elevado. (Ver el Cuadro 7-4-3.)

Hasta ahora, los artículos de transporte en este tramo son los productos minerales de Potosí, trigo y harina de trigo importados de Chile, etc., en la dirección descendiente y son los productos agrícolas de Santa Cruz, bienes de producción y de consumo importados de Brasil etc., en la dirección ascendente. De éstos, el aumento notable en la dirección ascendente es principalmente debido a la aumento de producción de la soya y sus productos elaborados en el departamento de Santa Cruz.

En cuanto a la participación del ferrocarril, se mantiene la participación de más o menos 50% cada año en la dirección descendente de este tramo, y en la dirección ascendente bajará gradualmente después de haber llegado al 50% en el año 2000. Sin embargo, el volumen de transporte en el año 2020 llegará a 1.389 mil toneladas en ida y vuelta (este volumen es casi igual al volumen de transporte actual en todos los tramos de vía de la ENFE; 1.343 mil toneladas/ 1993), resultando que será la ruta de transporte muy importante para la ENFE.

Luego, en el caso de "sin", la baja de la participación en este tramo avanzará año tras año, diminuyendo al 82% del volumen de transporte del caso de

"con" en el año 2020. Por consiguiente, se espera mucho que se realice temprano el mejoramiento de este tramo.

Cuadro 7-4-4 Volumen de Transporte Seccional por Ferrocarril entre Oruro y Cochabamba

		Resultados Reales en 1993	CON			SIN		
			2000	2010	2020	2000	2010	2020
Volumen de transporte (mil t/año)	Oruro → Cochabamba	75,5	178,3	269,4	399,3	157,2	228,2	332,1
	Cochabamba → Oruro	124,5	563,9	779,7	989,8	505,5	638,4	807,4
	Total	200,0	742,2	1049,1	1389,1	662,7 (89.3)	866,6 (82,6)	1139,5 (82.0)
En comparación con 1993	Oruro → Cochabamba	–	2,36	3,57	5,29	2,08	3,02	4,40
	Cochabamba → Oruro	–	4,53	6,26	7,95	4,06	6,15	5,36
	Total	–	3,71	5,25	6,95	3,31	4,97	5,00

( ): Proporción en relación con el caso de "con", %

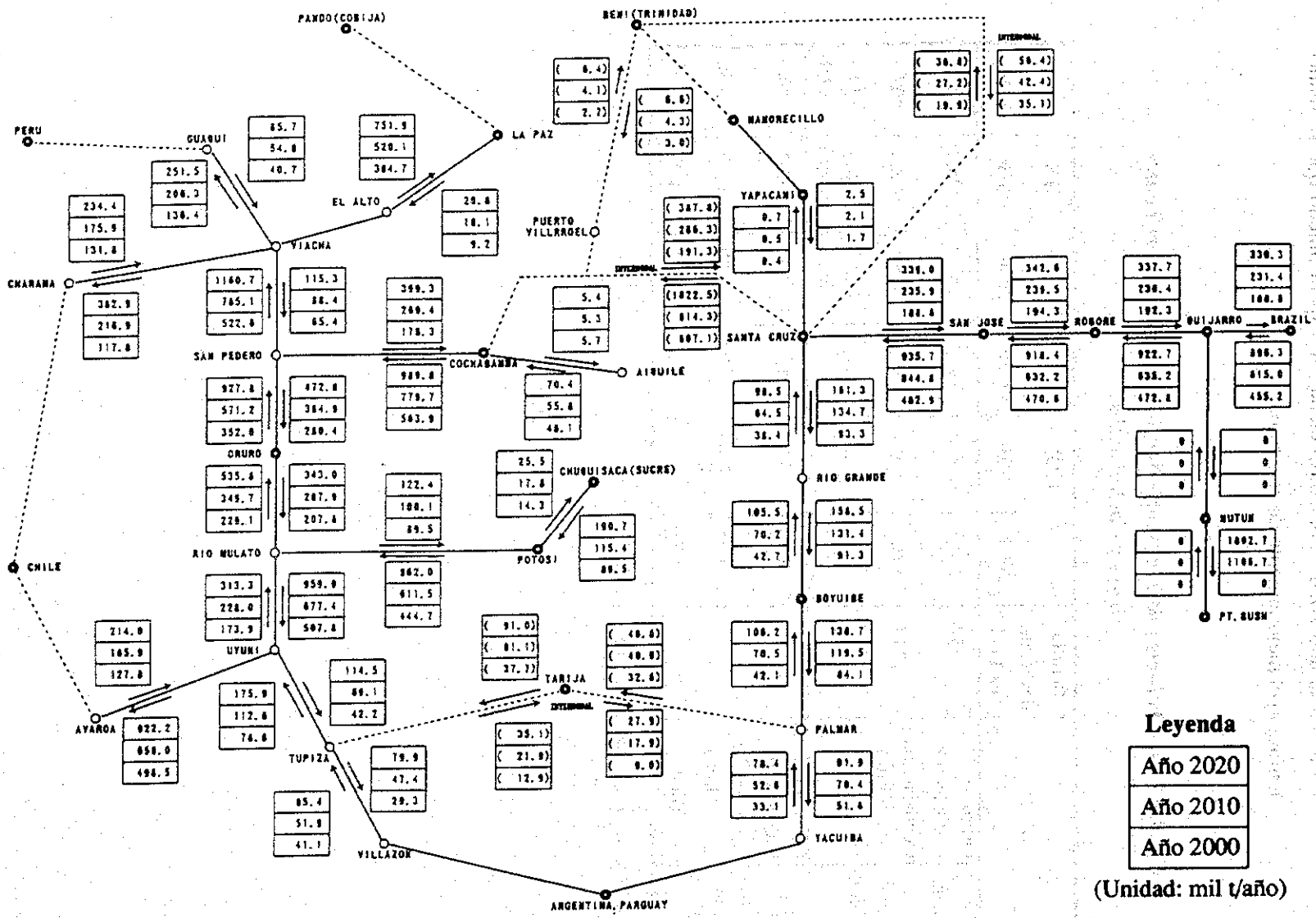


Fig. 7-4-2 (1) Volumen de Transporte Seccional de la Carga por Ferrocarril ["con"]

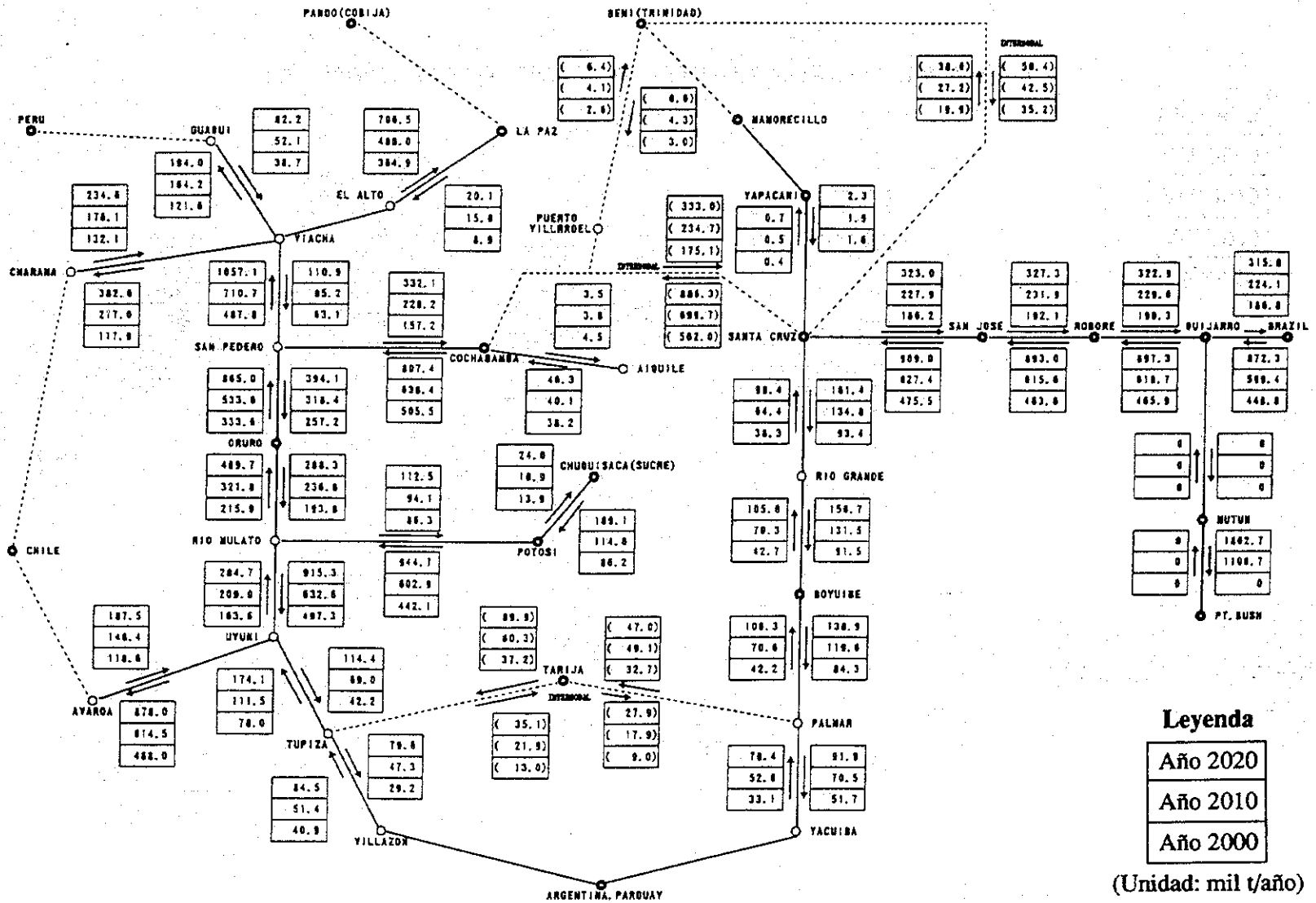


Fig. 7-4-2 (2) Volumen de Transporte Seccional de la Carga por Ferrocarril ["sin"]

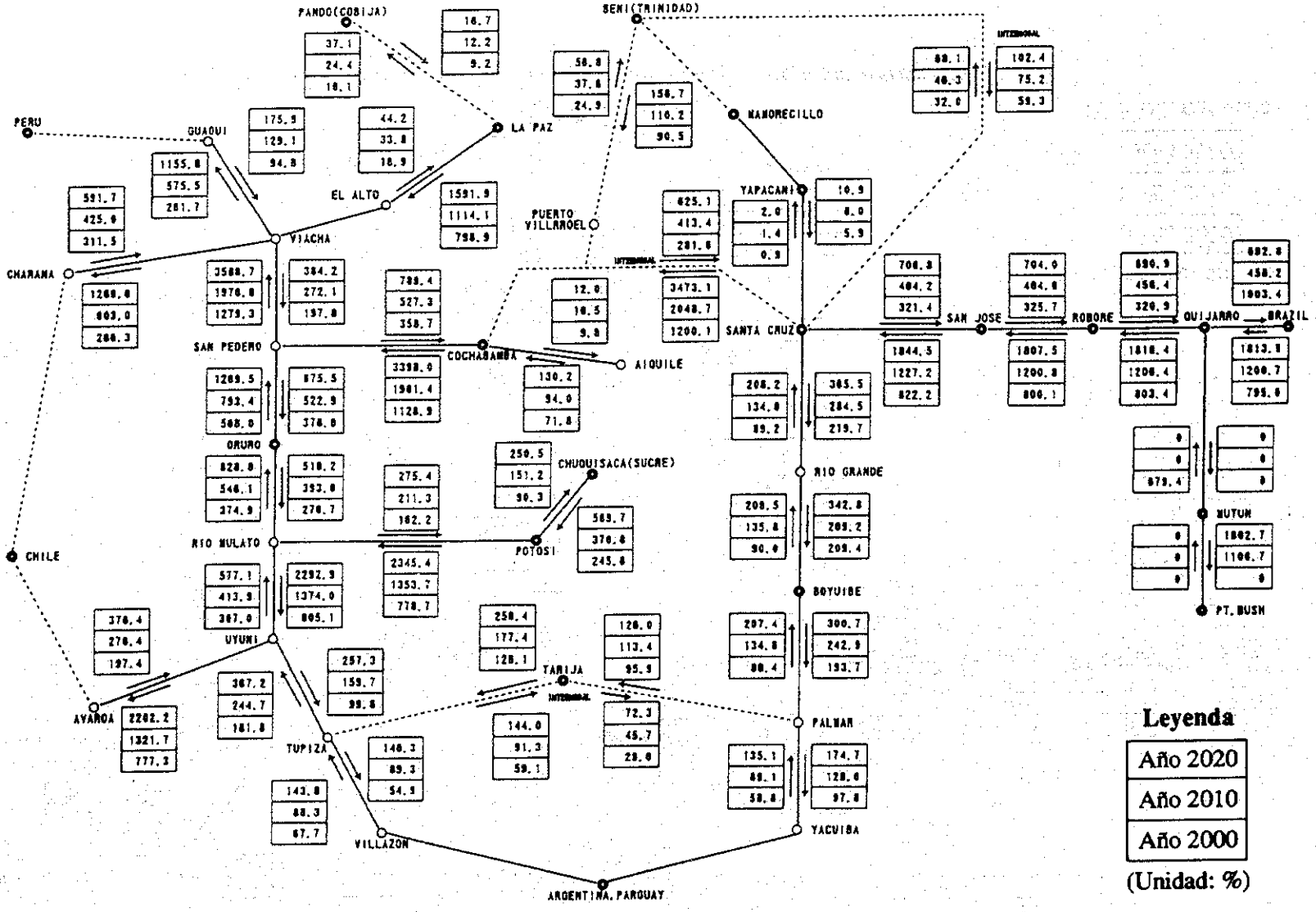


Fig. 7-4-3 (1) Volumen de Transporte Seccional de la Carga Total ["con"]

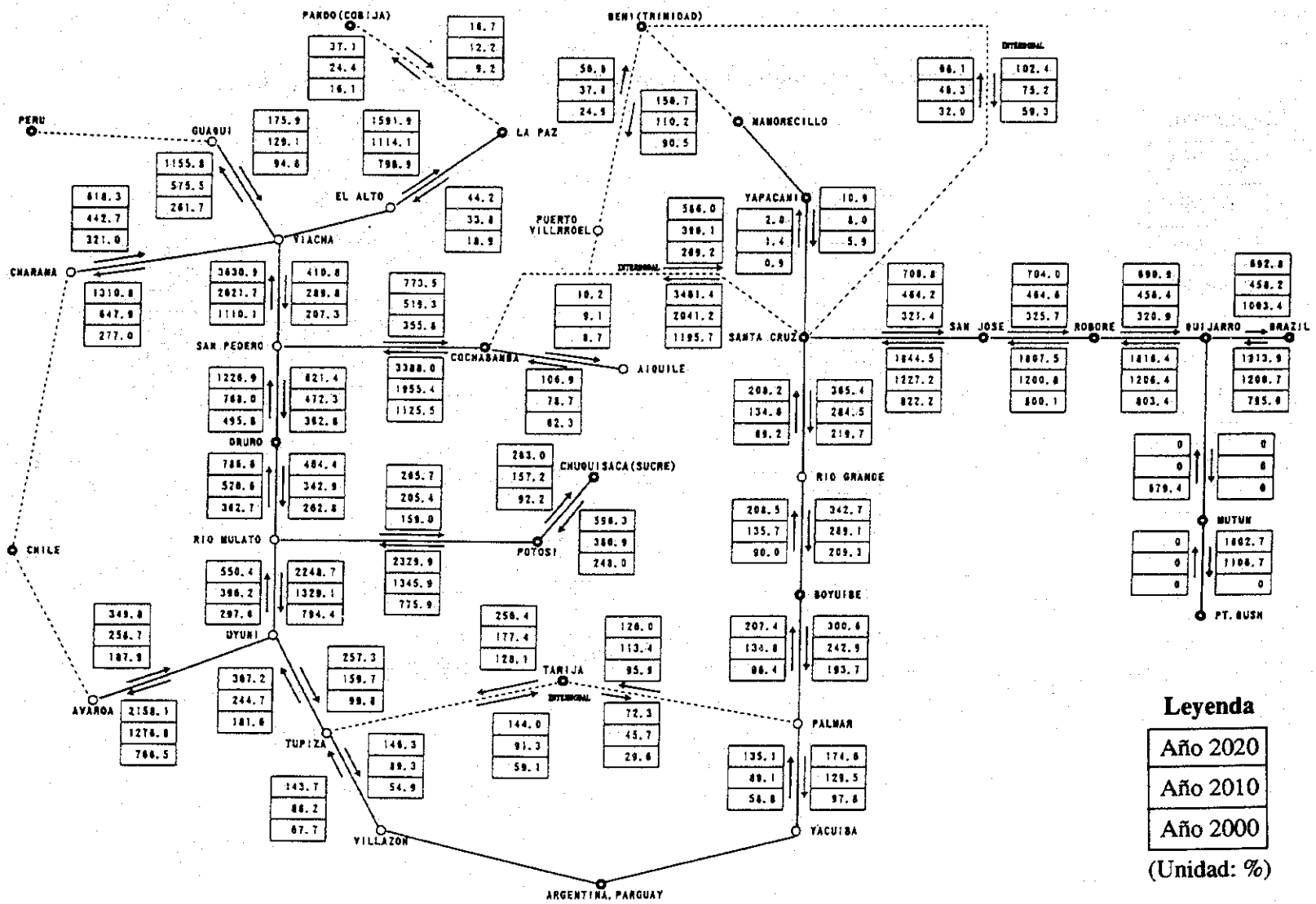


Fig. 7-4-3 (2) Volumen de Transporte Seccional de la Carga Total ("sin']

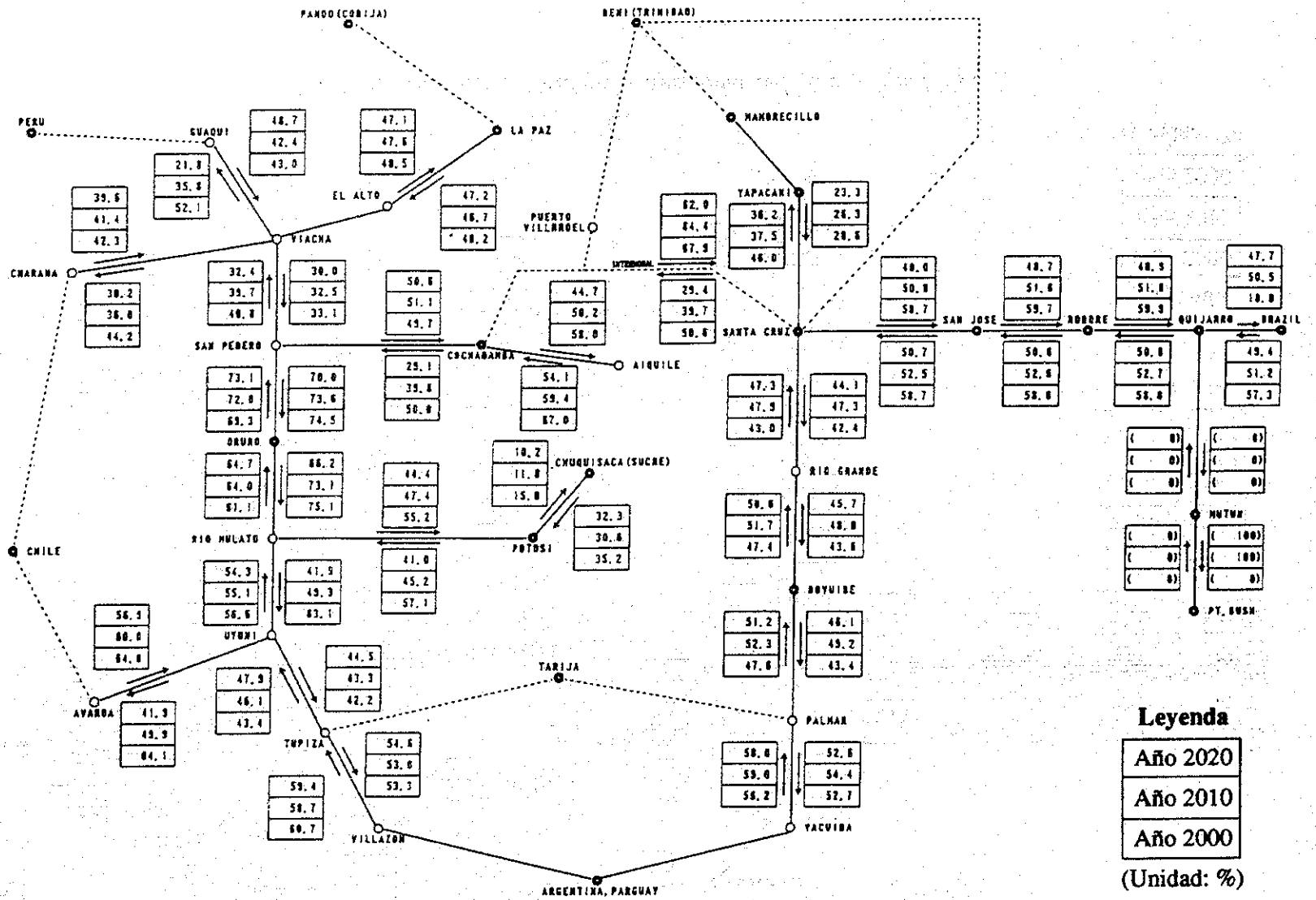


Fig. 7-4-4 (1) Participación de Transporte de la Carga por Ferrocarril ["con"]

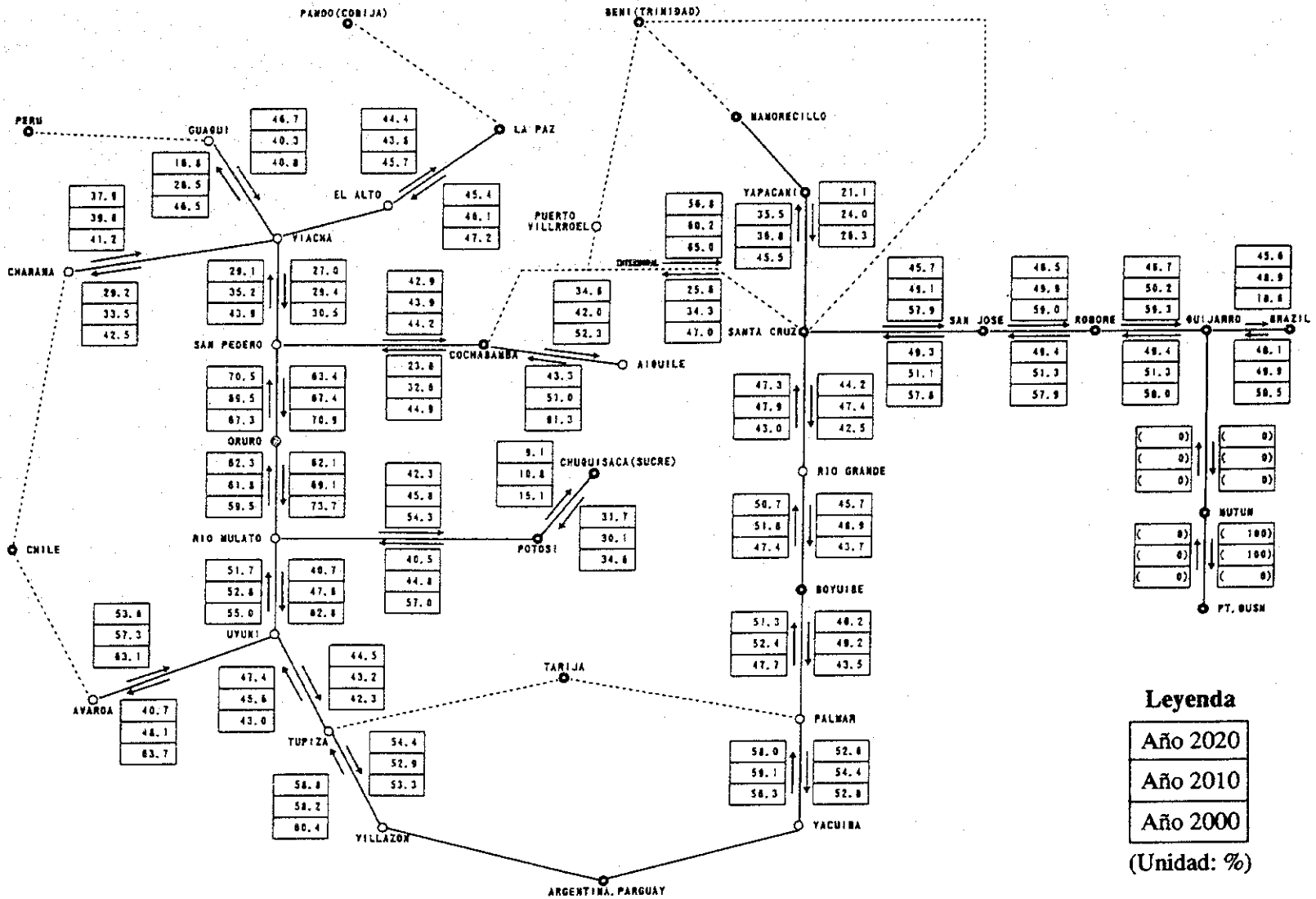


Fig. 7-4-4 (2) Participación de Transporte de la Carga por Ferrocarril ["sin"]

CAPITULO

PLAN DE TRANSPORTE

CAPITULO 8
PLAN DE TRANSPORTE

8-1 CONCEPTO DE ELABORACION DEL PLAN DE TRANSPORTE

Prácticamente el transporte ferroviario entre Oruro y Cochabamba juega un papel muy importante en el aspecto de distribución física o circulación de los productos/materiales que se transportan enlazando las regiones oriental, central y occidental y también facilita la circulación de éstos en el comercio exterior (importación/exportación) con Chile, Perú, Brasil, etc. Sin embargo, debido al atraso del mejoramiento de la infraestructura de transporte, ocurren frecuentemente desastres y accidentes de descarrilamiento a causa de averías en las vías y del material rodante, sin que se pueda desarrollar la función que se requiere. Especialmente se piensa que la mayoría de los accidentes son a causa del drenaje deficiente del terraplen de las vías y para que el transporte se realice de una manera eficaz es necesario mejorar las instalaciones ferroviarias. En las operaciones de transporte, lo más importante es garantizar la seguridad, pues si no hay accidentes se puede ofrecer un servicio estable de transporte que sea constante y sin atrasos, y por ende, se obtiene la confianza de los pasajeros y de los consignadores de las cargas, incrementando al mismo tiempo la demanda.

Además, en la ejecución del plan de transporte, se deberá considerar la utilización eficaz del personal, del material rodante, etc., para mejorar las operaciones y el servicio.

8-2 CONDICIONES BASICAS DEL PLAN DE TRANSPORTE

El plan de transporte se elabora teniendo como base las siguientes condiciones.

(1) Demanda de transporte

La demanda de transporte se basa en la previsión que se hace en el Capítulo 7 anterior. Aunque la demanda de transporte de pasajeros es relativamente pequeña, se piensa que la demanda potencial es suficiente porque es más confortable y rápido viajar por la vía férrea en comparación con los caminos, consecuentemente todos los días se deberá poner al servicio un tren expreso y un tren ómnibus, ambos de ida y vuelta. En

cuanto al transporte de cargas, se piensa que la demanda va a subir considerablemente y por lo cual se deberá adoptar en todo lo posible el sistema más adecuado y eficaz.

(2) Factores de ocupación y de carga, etc.

1) Factor de ocupación

De acuerdo con la situación actual indicada en el Capítulo 3, se estima en un 70%

2) Factor de carga

Situación Actual del Transporte de Cargas - 1992 (Red Oriental)

Carga total (tons.)		No. de coches cargados		Carga media por coche (tons.)
824.713	+	25.946	=	31,8

Considerando que la capacidad de carga de un coche o vagón es de 40 toneladas, el factor de carga se estima en un 80%.

3) Fluctuación de transporte, factor de coche vacío

De acuerdo con el transporte realizado en los años 1992 y 1993, la fluctuación del transporte de pasajeros en éste tramo de vía, registra el máximo de un 128%. consecuentemente no hay problemas si la operación de trenes se fija con el factor de ocupación de un 70%. En lo que se refiere a las cargas, aunque en la red occidental la fluctuación temporadas es de un 118%, actualmente en éste tramo, el factor medio de coche vacío de los trenes ascendentes de circulación principal de cargas, es de un 13%. Pero en el futuro, con el aumento del volumen de transporte se piensa que se va a reducir éste factor y aún considerando la fluctuación, se calcula que es adecuado establecer el plan de transporte con el factor de 13% de coche vacío, tal como es en la actualidad.

(3) Velocidad de conducción

La velocidad adecuada de conducción de los trenes es la base de seguridad, pero actualmente se puede señalar que no siempre se observa estrictamente la velocidad que se debe mantener. La velocidad máxima de los trenes de pasajeros entre Oruro - San Pedro deberá ser de 95 km/h, para los trenes de carga 75 km/h, y en el tramo de San Pedro - Cochabamba será de 80 km/h (pasajeros) y de 65 km/h (carga), respectivamente. En las vías con curva y rampas descendentes, la velocidad limitada será como se indica en el Cuadro 8-2-1, siendo necesario para ésto, mantener en buenas

condiciones el velocímetro del equipo tractivo, establecer los reglamentos necesarios, entrenar/capacitar al personal de a bordo y que se observe estrictamente la velocidad restringida.

Cuadro 8-2-1 Velocidad Limitada

Vía con Curva		Aparato de Cambio		Rampa Descendente		
Radio de Curvatura (R:m)	**Velocidad Limitada (km/h)**	**Vía**	**Velocidad Limitada (km/h)**	**Pendiente (‰)**	**DC (km/h)**	**FC (km/h)**
Más de 75	35	Lado de cambio	35	Nivel	95	75
Más de 100	40					
Más de 130	45	Lado línea recta	80	Menos de 5	95	75
Más de 150	50			Menos de 10	95	70
Más de 190	55			Menos de 15	90	65
Más de 250	60			Menos de 20	85	60
Más de 300	70			Menos de 25	80	55
Más de 350	75			Menos de 30	75	50
Más de 400	80			Menos de 35	70	45
Más de 450	85					
Más de 500	90					
Más de 570	95					

(4) Método de seguridad de conducción

El método de seguridad de conducción será del sistema de baston-piloto al igual que en la actualidad. En cuanto al método de bloqueo, el tramo de bloqueo admisible que se encuentra entre San Pedro - Tolapalca se cambiará a bloqueo absoluto. Mientras tanto, en la estación de Cona Cona se construirá un desvío de cruce, eliminando como regla general los desvíos y refugio de trenes a base de maniobras que han venido utilizando normalmente vías tope y auxiliares. Además, con la utilización de los equipos de radio se piensa mejorar las operaciones de mando, de instrucciones y comunicación entre las estaciones y el personal de a bordo, pero se deberá poner atención para no utilizar de una manera imprudente la radio con el fin de cambiar el sistema de bloqueo, etc.

(5) Material rodante y sus características

Hasta el año 2000 se piensa eliminar el material rodante que se encuentre envejecido y deteriorado y tal como se indica en el artículo 8-4, el transporte de pasajeros será a base de coche motor diesel, mientras que para el transporte de cargas se utilizará la locomotora tipo 1000 actual. (Ver Apéndice 8-2-1 ~ 3.)

(6) Clasificación de trenes, etc.

1) Clasificación

Los trenes de pasajeros se clasifican en dos clases, o sea, tren expreso y tren ómnibus. Debido a que la ocurrencia y concentración de cargas en cada estación de la línea son pequeñas, todos los trenes de carga serán de servicio directo y cuando sucede la necesidad de hacer parada en las estaciones intermedias, se dan instrucciones de parada de emergencia.

2) Composición de trenes

La composición o formación de trenes de pasajeros se hace de acuerdo con la demanda, mientras que para el tren de cargas se utiliza la locomotora tipo 1000 y en ciertos tramos, por ejemplo Buen Retiro - La Cumbre, la operación es con doble locomotora.

8-3 PLAN DE TRANSPORTE

(1) Cálculo del tiempo de operación de trenes

De acuerdo con el rendimiento del material rodante, se elabora el gráfico de curva de operación del tren y se calcula el tiempo de marcha tipo entre las estaciones. A esto se le agrega el tiempo de parada y de reserva para determinar el tiempo de operación del diagrama de trenes .

En el Cuadro 8-3-1 se indica el tiempo de operación y la velocidad comercial. (Ver Apéndice 8-3-1 ~ 2.)

Cuadro 8-3-1 Tiempo de Operación y Velocidad Comercial entre Oruro - Cochabamba

Clase de Tren		Ascendente/ Descendente	Tiempo de Operación (h:min.)	Tiempo de Parada (min.)	Tiempo de Recorrido (h:min.)	Velocidad comercial (km/h)
Tren de Pasajeros	Expreso	Descendente	4:53	7	5:00	42.2
		Ascendente	4:52	6	4:58	42.4
	Omnibus	Descendente	4:57	26	5:23	39.2
		Ascendente	5:07	50	5:57	35.4
Tren de Carga	Año 2005 Cuando se Terminen las Obras	Descendente	5:14	38	5:52	35.9
		Ascendente	5:30	42	6:12	34.0
	Año 2000 Una parte con Velocida Reducida	Descendente	5:33	46	6:19	33.4
		Ascendente	5:47	52	6:39	31.7

Nota: En cuanto a la estación de parada, el tren expreso se detiene en 3 estaciones, el tren ómnibus en 21 estaciones y el tren de cargas en La Cumbre, Buen Retiro, etc. El tiempo del tren de carga es un promedio del diagrama de trenes del año 2000.

(2) Determinación de la capacidad de transporte

A base de la previsión de la demanda, se determina la capacidad de transporte que sea más adecuada.

1) Tren de pasajeros

Con el fin de activar la demanda y para la conveniencia de los pasajeros, el tren expreso y el tren ordinario (ómnibus) se ponen al servicio una vez al día, haciendo el viaje de ida y vuelta. El tren expreso se opera de acuerdo con el movimiento de los pasajeros y el servicio entre La Paz y Cochabamba es directo, vía Oruro, mientras que el tren ordinario sirve entre Oruro - Cochabamba.

El número de composición de los coches se aumenta de acuerdo con el incremento del volumen de transporte.

El resumen de ésto se indica en el Cuadro 8-3-2.

Cuadro 8-3-2 Plan del Tren de Pasajeros

Clase de tren	Capacidad de Transporte (1 viaje)								
	Año 2000			Año 2010			Año 2020		
	No. de Coches de Composición	No. de Asientos	Capacidad de Transporte/año (1.000 Pasajeros)	No. de Coches de Composición	No. de Asientos	Capacidad de Transporte/año (1.000 Pasajeros)	No. de Coches de Composición	No. de Asientos	Capacidad de Transporte/año (1.000 Pasajeros)
Expreso	3	164	42	4	228	58	4	228	58
Ordinario	2	120	31	2	120	31	3	184	47
Total	5	284	73	6	348	89	7	412	105
Previsión de la Demanda	Descendente 56.268 Pasajeros			Descendente 77.800 Pasajeros			Descendente 92.789 Pasajeros		
	Ascendente 57.601 Pasajeros			Ascendente 78.406 Pasajeros			Ascendente 92.563 Pasajeros		

2) Tren de carga

El tren de carga se opera directamente entre Oruro - Cochabamba, la locomotora es del tipo 1000. La tracción para el tren ascendente es de 600 toneladas y solamente en el sector de pendiente Buen Retiro - La Cumbre la operación se hace con doble locomotora, mientras que para el tren descendente es posible la tracción de hasta 800 toneladas.

En el Cuadro 8-3-3 se indica el plan de tren de carga.

Cuadro 8-3-3 Plan del Tren de Carga Oruro - Cochabamba

Ascendente/ Descendiente	Capacidad de Transporte por Tren			Toneladas que se pueden Transportar al Año					
	Constante de Tracción	Promedio de Coches de Tracción	Toneladas de Transporte por 1 Tren	Año 2000		Año 2010		Año 2020	
				No. de Trenes	Capacidad de Transporte Anual	No. de Trenes	Capacidad de Transporte Anual	No. de Trenes	Capacidad de Transporte Anual
Asdendente	600t	13,3	360t	5	657 / 1.000 tons.	6	788 / 1.000 tons.	8	1.051 / 1.000 tons.
Descendente	800t	18	420t	5	767 / 1.000 tons.	6	921 / 1.000 tons.	8	1.228 / 1.000 tons.
Previsión de la Demanda	Cochabamba → Oruro			563.878 tons.		779.737 tons.		989.780 tons.	
	Oruro → Cochabamba			178.274 tons		269.408 tons.		399.342 tons.	

(3) Diagrama de trenes

Se instalará un nuevo equipo de cruce de trenes en la estación de Cona Cona, mientras

que se retirarán los equipos de cruce de trenes en las estaciones de Changolla y de Higuerani. Con esto, la mínima capacidad de la línea se aumentará de 9 a 23 y podrá satisfacer la programación de servicio de 20 trenes hasta el año 2020. Se muestra un ejemplo del diagrama de trenes del año 2020 en la Figura 8-3-1 y la capacidad de la línea, la frecuencia de servicio de trenes en la Figura 8-3-2. (Ver Apéndice 8-3-3.)

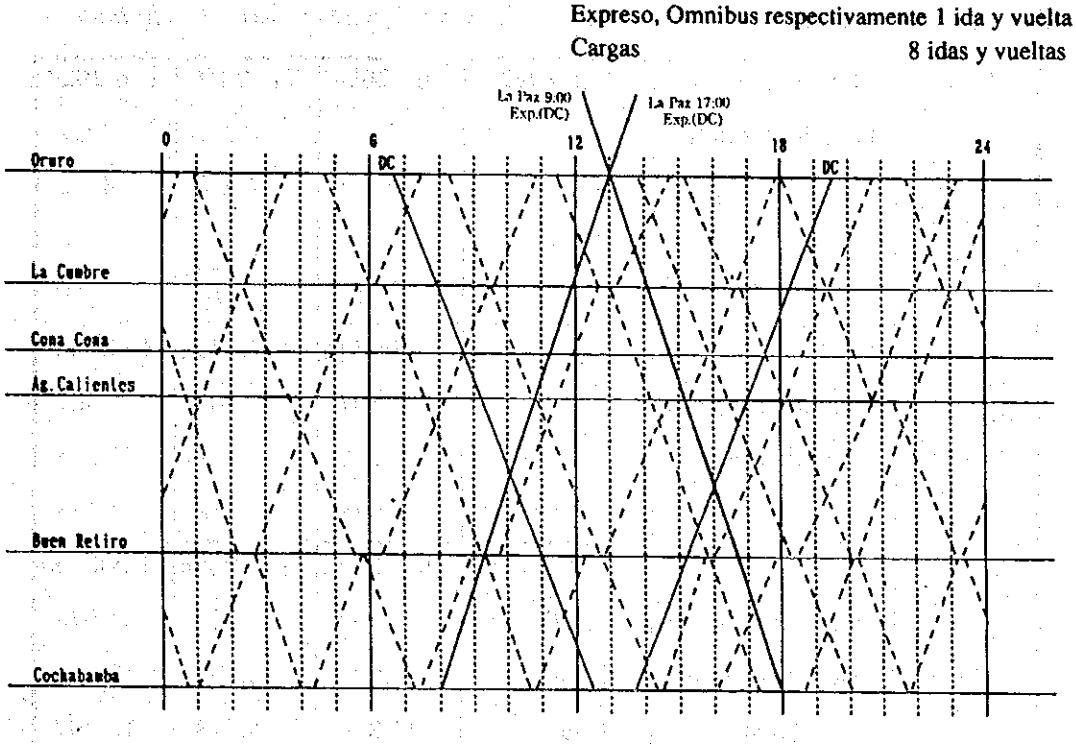


Fig. 8-3-1 Diagrama de Trenes - Año 2020 (Borrador)

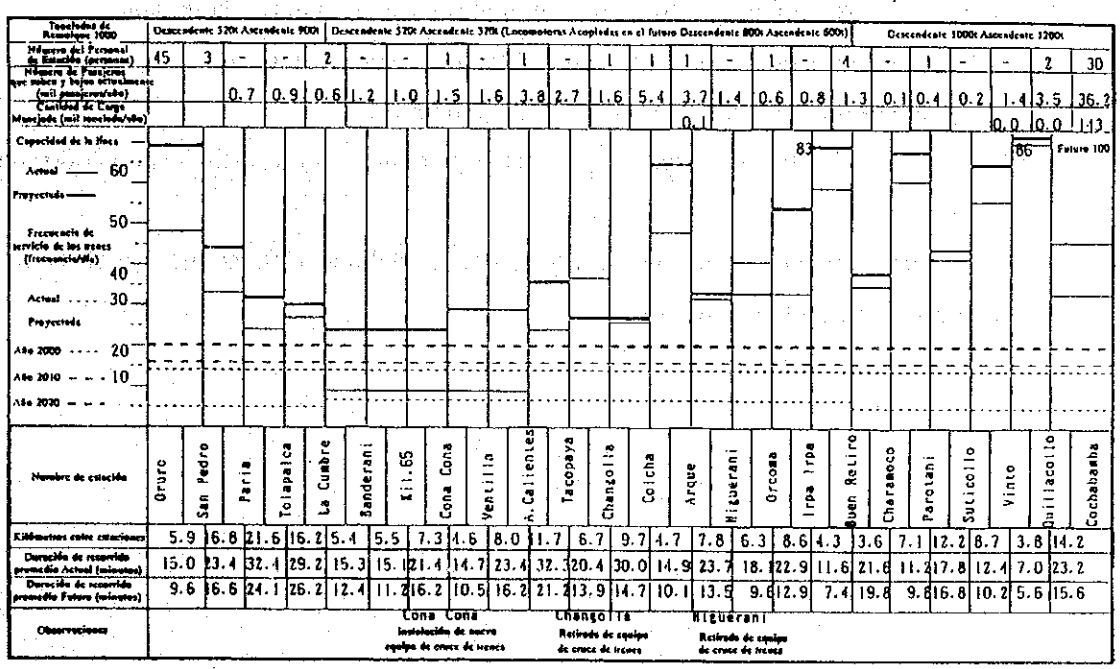


Fig. 8-3-2 Capacidad de la Línea y Frecuencia de Servicio de los Trenes

(4) Kilometraje de recorrido de trenes y coches

En el Cuadro 8-3-4 se indica el kilometraje de recorrido total de trenes y coches en los años establecidos, entendiéndose que en el kilometraje de los coches se incluye el de las locomotoras.

Cuadro 8-3-4 Kilometraje de Recorrido de Trenes y Coches Oruro - Cochabamba

Item	Clase de tren	Año 1992	Año 2000	Año 2010	Año 2020
No. de Trenes/ día	Tren de Pasajeros	1 x 2 *1	2 x 2	2 x 2	2 x 2
	Tren de Cargas	1 x 2	5 x 2	6 x 2	8 x 2
		1 x 1 *2			
	Total	5 *3	14	16	20
Kilometraje de Trenes/ Año		1.000 km	1.000 km	1.000 km	1.000 km
	Tren de Pasajeros	77	307	307	307
	Tren de Cargas	148	768	921	1.228
	Total	225	1.075	1.228	1.535
Kilometraje de Coches/ Año		1.000 km	1.000 km	1.000 km	1.000 km
	Tren de Pasajeros	250	767	921	1.074
	Tren de Cargas	1.346	11.077	13.292	17.723
	Total	1.596	11.844	14.213	18.797

*1: Inclusive el tren mixto (6 coches de remolque) se opera 4 días a la semana

*2: Solamente se opera el tren ascendente entre Buen Retiro - La Cumbre

*3: Máximo por día, total de ascendentes y descendentes

*4: En el año 1992 el tren de carga es de 7 coches de remolque y a partir del año 2000 son 13 coches.

En el kilometraje de trenes de carga y de coches del año 1992 se incluye el de las locomotoras y de trenes mixtos.

8-4 PLAN DE MATERIAL RODANTE

(1) Material rodante

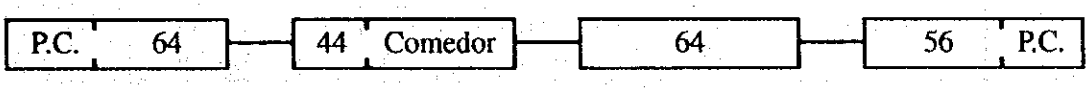
Todos los trenes de pasajeros serán con coche motor (diesel), mientras que los trenes de carga serán con tracción por locomotora tipo 1000.

1) Coches diesel

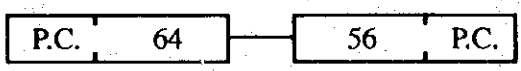
Todos los coches serán de equipo tractivo y en ambos extremos de la formación se tendrá el puesto de operación o conducción. En la Figura 8-4-1 se indica el resumen.

Tren Expreso - Formación de 3 Coches (164 asientos)

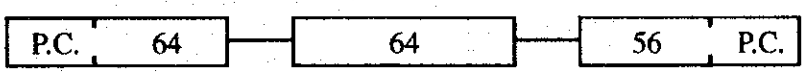
Tren Expreso - Formación de 4 Coches (228 asientos)



Tren Ordinario - Formación de 2 Coches (120 asientos)



Tren Ordinario - Formación de 3 Coches (184 asientos)



Ejemplo:

P.C. - Puesto de Conducción

Las cifras indican el número de asientos

Fig. 8-4-1 Resumen de la Formación de Coches Diesel

2) Locomotora

La locomotora que se utiliza es del tipo 1000 y cuando la operación es con doble locomotora, el control es múltiple.

3) Coche de carga

Como coches de carga se utilizarán de la misma clase que actualmente se usan en la Red Andina.

(2) Cantidad necesaria y plan de incremento de coches

En el Cuadro 8-4-1 se indica la cantidad necesaria de coches para el servicio entre Oruro - Cochabamba, así como las cantidades que se piensa incrementar en el futuro. (Ver Apéndice 8-4.)

Cuadro 8-4-1 Coches de Servicio entre Oruro - Cochabamba

Año	Material Rodante			Cantidad de Incremento		
	Locomo-tora	Coche Diesel	Coche de Carga	Locomo-tora	Coche Diesel	Coche de Carga
1993	3	5	284 (254)			
2000	9	6	650 (552)	6	1	298
2005	10	6	901 (766)	1		214
2008	10	7	901 (766)		1	
2011	11	7	957 (871)	1		105
2017	13	7	1,148 (976)	2		105
2018	13	8	1,148 (976)		1	
Total				10	3	722

Nota: ( ) indica el número de vagones excepto los vagones privados.

(3) Costo del Material Rodante

En el Cuadro 8-4-2 se muestra el costo del material rodante. Con el aumento del rendimiento de utilización y la justificación de la inspección y reparación en el futuro, será posible reducir el número del nuevo material rodante. En cuanto al precio, debido a que son escasos los resultados reales de compra por la ENFE en éstos últimos años, se tuvieron en cuanta los precios pasados. Pero, con el aumento del número del material rodante a comprar, la contenedorización, etc., hay posibilidad de disminución. Se

espera que la ENFE enfrente inmediatamente el problema del material rodante, por medio de otro proyecto que toma en consideración la renovación del material rodante desgastado, mayor eficiencia de la inspección, reparación, etc.

Cuadro 8-4-2 Importe de Inversión en Material Rodante por Año

	Número del material rodante a incrementar			Importe de inversión (US$ 1.000)			
	Locomo-tora	Coche Diesel	Vagón	Locomo-tora	Coche Diesel	Vagón	Total
Precio unitario				2.400	800	40	
Año 2000	6	1	298	14.400	800	11.920	27.120
Año 2005	1		214	2.400		8.560	10.960
Año 2008		1			800		800
Año 2011	1		105	2.400		4.200	6.600
Año 2017	2		105	4.800		4.200	9.000
Año 2018		1			800		800
Total	10	3	722	24.000	2.400	28.880	55.280

8-5 PERSONAL

El personal para el servicio entre Oruro y Cochabamba se calcula como sigue: (Ver Apéndice 8-5.)

(1) Personal de transporte

En lo que se refiere al personal de las estaciones, no se piensa aumentar ni reducir manteniendo el nivel actual y el aumento de los trabajos se remediará mediante la racionalización.

(2) Personal de operación

El personal de operación de los coches para el servicio entre Oruro - Cochabamba se calcula a base de lo que se explica a continuación.

A partir del año 2000, el personal de a bordo para el tren de pasajeros será de un conductor y un guarda y para el tren de carga será de un maquinista de locomotora, un auxiliar del maquinista y un guarda. Al mismo tiempo, tratando de utilizar de una

manera eficaz la radio, hasta el año 2010 se piensa suprimir el auxiliar de maquinista y hasta el año 2020 se dejará al servicio nada más que el maquinista.

(3) Personal para la inspección y reparación del Material Rodante

Del personal actual de las maestranzas de Viacha y de Uyuni; se calcula el personal, para el servicio entre Oruro y Cochabamba según la proporción del número de material rodante.

En el Cuadro 8-5-1 se muestra el plan del personal.

Cuadro 8-5-1 Plan del Personal de Servicio entre Oruro - Cochabamba

Item		Año 1994	Año 2000	Año 2010	Año 2020
Personal de Transporte (estaciones)		93	93	93	93
Personal de Maquinista	Maquinista, Conductor	13	16	16	18
	Auxiliar del Maquinista	10	10	0	0
	Guarda	15	32	37	5
	Encargado de Cargas, Encargado de Limpieza	1	0	0	0
	Personal de Instalaciones (Tierra)	14	14	14	14
	Personal para inspección y reparación del material rodante	95	179	216	262
Total del Personal de Operación		53	72	67	37