

INFORME DEL ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD
DEL PROYECTO DE ELECTRIFICACION Y MODERNI-
ZACION DE LOS FERROCARRILES NACIONALES DE
LA REPUBLICA DEL PARAGUAY.

JICA LIBRARY



1034572[6]

1974

国際協力事業団	
輸入 用 50.10.15	EY08
登録No. 3542	b.p J

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

国際協力事業団

貸入 月日	'84. 9. 21	708
		74
登録No.	08220	SD

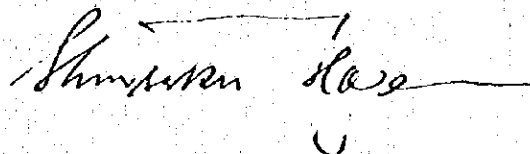
INTRODUCCION

El Gobierno Japonés, en correspondencia a la petición del Gobierno Paraguayo, decidió prestar su colaboración para efectuar el estudio sobre el proyecto de electrificación y modernización del Ferrocarril Paraguayo que une Asunción y Encarnación. Para este efecto, el Gobierno Japonés encomendó dicha tarea a la Overseas Technical Cooperation Agency, entidad que actualmente lleva el nombre de Japan International Cooperation Agency.

Esta entidad, consciente de la importancia del presente estudio, envió al Paraguay una misión compuesta de seis personas quienes, encabezados por el Sr. Kenshiro Kunimatsu, Director ejecutivo de la Japan Railway Technical Service, llevaron a cabo el estudio reuniendo los datos necesarios para elaborar el plan básico. Esta labor se desarrolló durante 30 días a partir del 10 de Febrero de 1974.

Esperamos que este informe, que contiene los resultados de dicho estudio, sirva en algo para el desarrollo económico de la República del Paraguay, y que al mismo tiempo sea un medio que acentúe las relaciones amistosas entre estos dos países.

Finalmente, queremos hacer llegar nuestra voz de gratitud a la valiosa colaboración prestada tanto por el Gobierno como por los Ferrocarriles Paraguayos, y hacerla extensa al Ministerio de relaciones Exteriores, Ministerio de Transporte, Ferrocarriles Nacionales Japoneses y Japan Railway Technical Service que facilitaron la feliz culminación de nuestro trabajo de investigación.



President
Japan International Cooperation Agency
JAPAN

Septiembre de 1974.

INDICE

	Page
GENERALIDADES	5
1. PRELIMINARES	10
1-1 Geografía y particularidades	10
1-2 Importancia del presente proyecto	12
1-3 Miembros y programa de la Misión	13
1-3-1 Miembros	13
1-3-2 Programa de la Misión	13
2. PLAN Y EJECUCION DEL ESTUDIO	16
2-1 Generalidades del Plan	16
2-2 Ejecución del estudio	16
2-2-1 Determinación del objetivo del estudio	16
2-2-2 Estudio Preliminar (Estudio de informes ya presentados)	17
2-2-3 Confirmación del plan de estudios	17
2-2-4 Investigación en el sitio	18
2-3 Reporte intermedio	18
3. RESULTADO DEL ESTUDIO	29
3-1 Precondiciones de la modernización	29
3-1-1 Futuro volumen de transporte por zonas	29
3-1-2 Plan de transporte	30
3-2 Proyecto de modernización del F. C. P. C. A. L.	35
3-2-1 Mejoramiento de las instalaciones de tierra	35
3-2-2 Establecimiento del sistema de mantenimiento	43
3-2-3 Mejora y mantenimiento del material rodante	46
3-2-4 Plan de inversiones para las instalaciones terrestres	46
3-3 Proyecto de electrificación	50
3-3-1 Plan básico	50
3-3-2 Instalaciones de suministro de energía eléctrica	53
3-3-3 Línea catenaria	61
3-3-4 Plan de trabajo	65
3-3-5 Mejoramiento de los puentes	68
3-3-6 Mejoramiento del material rodante y de las instalaciones de inspección y reparación	68
3-3-7 Instalación de dispositivos de seguridad	74
3-4 Gastos	75
3-4-1 Gastos de mantenimiento de la línea	75
3-4-2 Costo del mantenimiento de las instalaciones de electrificación	76
3-4-3 Costo de mantenimiento de las locomotoras eléctricas	76
3-4-4 Costo de refacción del material rodante	77

3-4-5	Gastos en energía	77
4.	COMPENDIO	79
4-1	Resultados que se obtendrán con la electrificación y modernización del Ferrocarril Presidente C. A. López	79
4-1-1	Economía de tiempo para los usuarios del Ferrocarril	79
4-1-2	Desarrollo de la demanda de transporte	79
4-1-3	Economía en el gasto de transporte por vehículos de carretera	79
4-1-4	Reducción de gastos en reparación de carreteras	79
4-1-5	Eliminación de la contaminación del aire debida a los vehículos motorizados	80
4-1-6	Ventajas para la zona vía del ferrocarril	80
4-2	Predicción de la demanda de transporte	80
4-2-1	Precondiciones de la estimación del volumen de transporte	80
4-2-2	Transporte de pasajeros	80
4-2-3	Transporte de carga	81
4-3	Estimación de los ingresos y egresos	82
4-3-1	Precondiciones de la estimación de ingresos	82
4-3-2	Ingresos	83
4-3-3	Egresos	83
4-3-4	Comparación entre ingresos y egresos	85
5.	CONCLUSION	86
5-1	Desarrollo de las carreteras y del Ferrocarril	86
5-2	Restauración y electrificación del Ferrocarril	86
5-3	Empleo de técnicas modernas	86
5-4	Agradecimiento	87
	Tabla anexa	88

GENERALIDADES

(1) Historial y estado actual de los Ferrocarriles Paraguayos

Primeramente haremos un resumen de la Historia de la Republica Paraguaya y luego veremos los aspectos geográfico, geológico y atmosférico. Después analizaremos la política, economía y los problemas industriales, y finalmente, trataremos sobre el problema energético en base a la electricidad.

Respecto a las vías de comunicación, el Gobierno Paraguayo ha dado mayor importancia a las carreteras, tanto que en el año 1973 el 95% de las inversiones para vías de comunicación han sido destinadas a los caminos carreteros.

Se puede ver también que el 95% de los pasajeros domésticos y el 75% de la carga interna son transportados por carreteras. Internacionalmente también el transporte de pasajeros por carretera ocupa el 70%, pero en este caso el transporte de carga está cubierto principalmente por barcos; el porcentaje del transporte ferrocarrilero, sin embargo, es mínimo.

Puesto que el Paraguay es un país mediterráneo, sus principales vías de comunicación vienen a ser el río Paraguay y el río Paraná, pero ambos tienen sus inconvenientes; el río Paraná tiene muchos rápidos en su corriente y también muchos lugares carecen de profundidad, el río Paraguay también es poco profundo. Estos ríos confluyen en la frontera sur para formar el río La Plata que es la ruta de comunicación con el océano Atlántico.

La República del Paraguay tiene aproximadamente 850 Km de carreteras pavimentadas uniendo, hacia el Este con el Brasil, y hacia el Sur con Argentina; las demás carreteras no están pavimentadas ni tienen buen drenaje de agua, y casi durante un tercio de año no se los puede usar debido a las inundaciones.

Por otra parte, en Paraguay hay 28 aeropuertos reconocidos oficialmente, pero el aeropuerto de Asunción encierra el 95% del transporte de pasajeros tanto domésticos como internacionales. Sin embargo, el transporte aéreo ocupa sólo el 20% del volumen total de transporte de pasajeros internacionales.

El Ferrocarril Nacional, cuya longitud total es de 440 Km, lleva el nombre de su fundador "Presidente Carlos A. López;" y es el ferrocarril más antiguo de Suramérica habiéndose iniciado su obra en el año 1861. Este ferrocarril fue construido en base a capital inglés, y en el año 1900 llegó al punto culminante de su auge. Pero después de esta época fue deteriorándose paulatinamente a tal punto que en 1959 dejó de operar. Sin embargo, por extraña coincidencia volvió a funcionar en el año 1961 que viene a ser exactamente el centenario de su fundación.

Actualmente el 40% del costo de operación del Ferrocarril está basado en la ayuda económica del Gobierno. El material rodante actualmente en existencia se compone de 23 locomotoras a vapor (a leña), 9 coches de pasajeros y 142 vagones de carga en su mayoría deteriorados. Incluye también gran cantidad de coches y vagones de los Ferrocarriles Argentinos.

El ancho de las vías es normal, y los rieles son de 75 o 60 libras de los cuales, el 85% tiene

más de 65 años sin haber sido cambiados. Las vías están casi sin balasto y los durmientes están casi enterrados. La mayoría de los puentes son de madera.

La velocidad media de los vagones de carga es de 12 Km/h y la de los coches de pasajeros de 23 Km/h (parada en 28 estaciones). El volumen de transporte de los últimos años ha sido muy bajo, pues en el año 1972 se transportaron 200 mil personas o sea, 2,6 millones de personas-kilómetro, y 210 mil toneladas de carga que resultan en 3,9 millones de toneladas-kilómetro.

El ingreso de Ferrocarriles es de 100 millones de Guaraníes, mientras que el egreso es de 190 millones de Guaraníes, o sea que el Gobierno está ayudando con un monto equivalente al 90% de los ingresos. Es por esto que si no se toma alguna medida financiera, Ferrocarril se enfrentará contra el peligro de no poder continuar operando. (En el reporte en idioma español sólo explicaremos hasta aquí).

(2) Plan básico de electrificación y modernización del Ferrocarril "Pte. Carlos A. Lopez"

Bajo las circunstancias arriba mencionadas, el Ferrocarril no puede prestar un servicio adecuado, ni tampoco se lo puede comparar con los otros sistemas de transporte. De entre las medidas básicas del Gobierno Paraguayo, a la que más importancia se le a dado es a la mejora del transporte, y en base a la ayuda financiera de IDB, USAID, Banco Mundial, etc., ha puesto mayor énfasis a la refacción, mejora y explotación de las vías fluviales, reparación de puertos, reforma de aeropuertos, etc., bajo el juicio de que la completación de estas obras podrá cubrir la demanda de transporte nacional; pero el Ferrocarril estaba siendo visto muy negativamente a tal punto que no se decidía si de debía seguir o no operando.

Sin embargo, desde que nació la crisis energética mundial, esta idea fue rectificadada ya que se sintió la necesidad de modernizar el Ferrocarril empleando como fuerza motriz la rica energía hidráulica de ese país, y actualmente se están haciendo esfuerzos para su logro y para cambiar el transporte carretero por el ferrocarrilero.

Es por esta razón que nuestra misión, con miras a este objetivo y para elaborar el plan básico, llevó a cabo el estudio que ahora presentamos en forma de reporte. Sus principales puntos son:

- a) Se estimó que el volumen de transporte en los futuros 10 años será de 1,110,000 t/año de carga, y 1,176,000 personas/año de pasajeros.
- b) La velocidad máxima de los coches de pasajeros será de 95 Km/h y la de los vagones de carga de 75 Km/h reduciéndose de este modo el tiempo de recorrido entre Asunción y Encarnación a sólo 5 ó 6 horas.
- c) Recomendamos que los rieles sean de 40 Kg/m.
Durmientes; aproximadamente 1,500/Km.
Espesor de la grava; 200mm(tamaño de las piedras de 15 a 16 mm)
- d) El sistema de seguridad será el sistema "tablet" u otro superior, y se evitará que la vía sea usada para otros tránsitos.
- e) El sistema de electrificación a emplearse será el de corriente alterna monofásica de

50 Hz.

- f) Los equipos de electrificación serán de una calidad a nivel mundial y estarán diseñados de una manera económica y de tal forma que se adapten al sistema de alimentación de 75 KV. Se instalarán 2 subestaciones transformadoras de 220 KV y la segunda estará comandada a control remoto desde la primera.
- g) Para la refacción de las instalaciones a lo largo de la vía se tomarán en cuenta los planes futuros, y en cooperación estrecha con ANDE y ANTELCO se tratará en lo posible de distribuir energía eléctrica desde la fuente de alimentación del sistema de electrificación.
- h) Las locomotoras eléctricas serán de 1,000 a 2,000 KV, y en lo posible se tratará de prolongar la vida de las locomotoras a vapor.
- i) Las instalaciones de reparación de material rodante serán ampliadas y reparadas.
- j) Para el transporte en las ciudades y sus alrededores, se considerará ampliamente el plan de desarrollo de dichas ciudades.

En base a los puntos arriba mencionados, se empezarán primeramente los trabajos del tramo Asunción - San Salvador y se continuarán paulatinamente hacia el sur.

La elevación de los terrenos bajos del Sur y el cambio de las vías que se encuentran en la zona de inundación por las obras de la represa cerca de Encarnación, se llevarán a cabo bajo un plan previamente trazado.

En cuanto a la magnitud de la inversión a efectuarse, si se hace una estimación de las obras como si fuese un trabajo a realizarse dentro del Japón, se obtiene el cuadro indicado a continuación. Pero en caso de efectuarse las obras, es necesario considerar el precio de importación y exportación, el porcentaje de provisión dentro del Paraguay y la variación en la calidad del personal; al mismo tiempo, es también necesario efectuar un análisis detallado de las condiciones de la obra.

ESTIMACION DEL COSTO DE ELECTRIFICACION Y MODERNIZACION (PRECIO EN JAPON - 1974)

(UNIDAD: ¥100 millones)

	TRABAJO DE ELECTRIFICACION (CA 25KV - UNIFILAR)			EDIFICACION DE PLAYAS DE ESTACIONAMIENTO	TRABAJO DE REPARACION DE LA VIA				TOTAL
	EQUIPOS DE ELECTRIFICACION	MATERIAL			RIELES Y ACCESORIOS	BALASTO (espesor 20 cm)	DURMIENTES (1500/Km)	SUB-TOTAL	
		RODANTE	SUB-TOTAL						
Asunción -									
	9			20	6			6	35
San Salvador (120 Km)	22	23			12	4		26	71
	31	23			32			32	106
San Salvador	11				6			6	17
Encarnación (206 Km)	26	21			12	6		32	59
	37	21			32			38	76
TRAMO TOTAL	20			20	132			12	52
	48	44			22	10		58	150
	68	44		20	70			70	202

(3) Aplicación de las instalaciones de electrificación

El volumen de transporte estimado para el año 1982 en base a las instalaciones modernas, es como sigue:

		1972	1982	Observaciones
P A S A J E R O S	Personas/día	552	3,580	Desplazamiento del transporte por autobús; 10% Demanda latente; 115% Incremento anual; 6%
	Personas/año (10 ³)	20,000	131,000	
	Distancia media recorrida,	130	80	
	Pers. - Km/año (10 ³)	25,763	104,560	
C A R G A	ton. /día	567	3,220	Desplazamiento de aprox. 25% del transporte por camión. Incremento anual; 6%
	Ton. /año (10 ³)	208	1,176	
	Distancia media transportada,	208	1,176	
	Ton. - Km/año (10 ³)	38,819	294,000	

El plan de operación para la materialización de este volumen de transporte es el siguiente:
(Ver el horario hipotético)

	ASUNCION-VILLA RICA-SAN SALVADOR-ENCARNACION		
Distancia (Km)	150	20	200
Frecuencia de los coches de pasajeros/día	14	16	14
Frecuencia de los vagones de carga/día	10	10	10

De la tabla anterior se collige que el kilometraje de los convoyes por día es de 8,920 Km, y por consiguiente, las toneladas - kilómetro de transporte anual, en el caso de pasajeros, es de 381×10^6 ton. -Km; y en el caso de carga, $1,080 \times 10^6$ toneladas. Resulta entonces que la energía eléctrica necesaria para transportar dicha carga es de 30×10^6 KWII anual.

Suponiendo que esta carga fuese transportada por locomotoras a diesel, el combustible necesario sería de $6 - 7 \times 10^6$ lt. El pago al personal sumaría un total de 212×10^6 Guaraníes anuales; además el gasto en estaciones, oficinas y administración general sería de 40×10^6 Guaraníes y 27×10^6 Guaraníes respectivamente, y el monto total sumaría 487×10^6 Guaraníes. Ahora, pensando en la misma forma que en el caso de las carreteras, si calculamos en 200×10^6 Guaraníes la amortización de intereses con relación al material rodante, el costo total para el transporte de aproximadamente 400 millones de personas-ton-Km resultaría ser de aproximadamente 687 millones de Guaraníes. Ahora, comparando esta cantidad con la del año 1972, es decir 187 millones de Guaraníes para 64 millones de personas-ton-Km, tenemos que el costo por persona-ton-Km ha sido reducido en un 60%.

Calculando el ingreso para el año 1982 en base al mismo costo de pasajes que el actual, se estima que dicho ingreso será de aproximadamente 690 millones de Guaraníes. Por lo tanto, si el costo de vida varía en base a la fluctuación de los pasajes, se estima que los egresos e ingresos pondrán ser compensados o balanceados.

Todo lo anteriormente mencionado no es más que una hipótesis de economía comparada en la cual se ha incluido una nueva demanda de transporte equivalente a la suma del desplazamiento de pasajeros de autobuses (10%) y carga de camiones (25%) más la cantidad actual de usuarios.

Todo esto, a simple vista, parece ser muy dificultoso, pero con un Ferrocarril completamente moderno en base a la electrificación no es nada imposible. Al mismo tiempo, bajo la crisis energética que no tiene perspectivas favorables, será necesario impulsar aún más el desplazamiento del transporte carretero al ferrocarrilero. Por otra parte, la estimación del volumen de transporte en personas-ton, -Km ha sido calculada en 6 veces más que la cantidad actual, pero las instalaciones estarán diseñadas para cubrir hasta 10 veces más dicha cantidad para que de este modo tenga una capacidad de transporte suficiente.

1. PRELIMINARES

1-1 Geografía y particularidades

La República del Paraguay es un país mediterráneo situado casi al centro de Suramérica, y su extensión es de aproximadamente 407,000 Km². El territorio está grandemente dividido en dos partes, Este y Oeste, por el río Paraguay. La parte Este ocupa aproximadamente el 40% de la superficie, y es una región formada por montes y planicies donde vive el 96% de toda la población que suma 2.7 millones. La parte Oeste ocupa el resto del territorio y presenta una configuración plana que recibe el nombre de "El Chaco". En esta región vive tan solo el 4% de la población porque su clima tropical y la falta de lluvia impiden un buen desarrollo de la agricultura y la mayor parte del terreno es aún virgen.

Las principales ciudades de este país se encuentran a lo largo del río Paraguay y también van bordeando el Río Paraná que forma la frontera entre Argentina y Brasil. Esto nos muestra

claramente que los primeros habitantes basaron su vida en el comercio fluvial y que en ese entonces no habían medios de transporte terrestre. Ya en la era actual, la corriente ferrocarrilera llegó a este país, y en el año 1854, en base a capital inglés se empezaron las obras de construcción que después de ardua labor se concluyó en el año 1911. Con la conclusión de esta línea ferrocarrilera se aceleró la explotación de la parte este y del territorio interno. Este ferrocarril, además de cumplir su función inicial, está jugando un papel muy importante en el transporte terrestre de este país. Por otra parte, la motorización está estimulando el reparo de las carreteras que, hasta ahora, eran sólo un medio suplementario; al mismo tiempo, dicha motorización está cambiando la configuración del transporte y del desarrollo del Paraguay. Como se puede ver claramente de lo arriba expuesto, este país avanzó en el tiempo desde la era del transporte fluvial y la vida por sectores, a la era moderna del ferrocarril; más aun, con el desarrollo de los vehículos motorizados llegó a la época del transporte por carreteras, logrando de este modo un impulso para su propio desarrollo. Pero por otra parte, ahora aumentó grandemente el consumo de energía.

La producción de este país se basa principalmente en la agricultura y ganadería, y considerando la falta de fuentes de energía a excepción de la eléctrica, y desde el punto de vista de que es un país mediterráneo, y tomando en cuenta el problema de la gran distancia de transporte para el comercio con el exterior, no se puede esperar que este país desarrolle si no se hace una refacción equilibrada de los tres sistemas de transporte arriba tratados.

Sin embargo, es motivo de júbilo el que, gracias a la sabia dirección del Excmo. Señor Presidente de la República, General de Ejército Don Alfredo Stroessner, las bases de la sociedad están siendo afirmadas por una fructífera reconstrucción. Respecto a la refacción del ferrocarril, en el año 1969 se llevó a cabo un estudio, en base a la OTCA, para la construcción de una nueva línea con miras al desarrollo del territorio paraguayo y al comercio exterior, pero dicho estudio no fue fructífero. Desde este año hasta el presente, la línea en existencia atravesó una etapa de deterioro.

En ocasión de su visita al Japón en el año 1972, el Excelentísimo Señor Presidente de la República, General de Ejército, Don Alfredo Stroessner solicitó el envío de una misión japonesa a su país para estudiar el problema de la electrificación que va paralelamente con la explotación de fuentes de energía eléctrica. Desde ese entonces se llevaron a cabo los trámites necesarios que resultaron en el envío de nuestro grupo de investigación.

A un principio el Paraguay solicitó que el estudio cubriese la construcción de una nueva línea de comunicación con el Brasil, y la reparación y electrificación de la línea existente; pero por diversas razones y por la importancia que representaba para el Paraguay, el estudio se limitó a la reparación y electrificación de la línea existente. Con este objeto, el estudio fue llevado a cabo por esta misión compuesta de expertos en los diferentes campos concernientes a la electrificación y modernización de ferrocarriles.

1-2 Importancia del presente proyecto

La superficie de la república del Paraguay es de 410,000 Km² resultando ser un poco mayor que el Japón, pero su población es de sólo 2,5 millones de habitantes de los cuales 450,000 se encuentran concentrados en la Capital Asunción. Aproximadamente el 55% de la población obrera se dedica a la agricultura, ganadería y forestación. El plan quinquenal que empezó en 1971 tiene por objetivo alcanzar un aumento de producción de 6%, por lo que se espera que la agricultura, la industria y la exportación crezcan en un 5.3%, 6.7% y 7.4% respectivamente. Pero para promover el crecimiento de estos campos, es necesario dar prioridad a la explotación del transporte en todo el país, y para que el proyecto sea más objetivo, se hizo un estudio general sobre el transporte basado en la cooperación económica de UNDP y IHRD y se vio la necesidad de invertir 1.45 millones de dólares en la explotación del transporte durante el decenio comprendido entre 1973 y 1982.

En los 5 primeros años, esta inversión será dividida entre los sistemas de transporte de acuerdo al siguiente porcentaje: 87% para carreteras, 7% para vías fluviales, 4% para aeropuertos y sólo un 2% para ferrocarriles. Como se puede ver, las carreteras tienen prioridad absoluta, y bajo estas condiciones será casi imposible continuar operando el Ferrocarril y habrá que decidir su continuidad o eliminación, pero en ambos casos será necesario invertir el mismo monto.

El Ferrocarril Nacional (430 Km) es el único que está operando en este país, y desde el año 1965 adoptó el sistema de automantenimiento económico pero el déficit está cubierto por el Gobierno. El coeficiente de operación tiene una depresión de aproximadamente un 200%, y el material rodante y sus instalaciones, apesar del esfuerzo del personal, están en un estado, si vale la expresión, deplorable.

Lo que empeora estas circunstancias es el problema internacional de escasez de petróleo, lo cual para un país como Paraguay que carece de recursos petrolíferos viene a ser un factor que no está lejos de ponerlo en un estado crítico. Por consiguiente, desde el punto de vista energético, nace la necesidad de apresurar el cambio de las medidas tomadas por este país respecto a los sistemas de transporte.

Por otra parte, se estima que los recursos de energía hidráulica cuyo núcleo es el río Paraná, tienen una capacidad para producir energía eléctrica que pasaría de los 20 millones de kilovatios con sólo tres represas, a saber: Itaipu, Corpus y Apípe. Y, desde ya, en el proyecto Itaipu se celebró un tratado económico con el Brasil. Además, desde la ya terminada central hidroeléctrica de Acaray (actualmente duplicó su capacidad a 90,000 KW) se está exportando electricidad, lo cual en el año 1973 favoreció al país con un ingreso de 2 millones de Dólares en divisas.

Para el incremento energético - económico de la república, lo más indicado es usar su fecunda energía eléctrica en el campo del transporte. Esta es la razón por la cual se llegó a pensar en la necesidad de promover los siguientes puntos.

- a) Electrificación y modernización del Ferrocarril Nacional.
- b) Disminución del transporte por carreteras a base de reforzar la capacidad del transporte ferrocarrilero.

Este proyecto consta del estudio que, a petición del Gobierno Paraguayo, llevó a cabo la OTCA con miras a hacer objetivo lo mencionado y con deseos de resolver el problema energético. En primer lugar, presentó un plan maestro sobre la electrificación del ferrocarril en el tramo Asunción - Encarnación.

Peró por razones de tiempo, todo terminó en la etapa del estudio de prefactibilidad.

Para un futuro incremento de producción, es necesario aumentar el transporte y hacer que la carga transportada por carreteras pase a ser llevada por el Ferrocarril. Si esto se hace realidad, con toda seguridad podemos afirmar que sus frutos empezarán a madurar dentro de los próximos 10 años.

1-3 Miembros y programa de la Misión

1-3-1 Miembros

Jefe de la Misión

Sr. KENSHIRO KUNIMATSU
Director Ejecutivo de la Japan
Railway Technical Service.

Economía en transporte

Sr. TAKANARI SHIMIZU
Secretario de la Sección de
Asuntos Generales de la Ofi-
cina de Supervisión de Ferro-
carriles del Ministerio de
Transporte.

Ingeniería civil en
ferrocarriles

Sr. HIROYUKI KOBAYASHI
Secretario de la
Sección de Ingeniería Civil y
Electricidad de la División de
F. C. Civiles de la Ofc. de Su-
pervisión de F. C. Del Ministe-
rio de Transporte.

Electricidad

Sr. TAKAYUKI TERAJ
Secretario General de la Sec-
ción de electricidad de la
Japan National Railway.

Operación y material
rodante

Sr. KOUSUKE ISHII
Secretario General de la Sec-
ción de Proyectos de la Japan
National Railway.

Coordinación

Sr. KOU MOGI
Sección 1. de Ejecución de la
División de Desarrollo y Estudio
de la Overseas Technical Coopera-
tion Agency.

1-3-2 Programa de la misión.

Febrero, 10 Salida de Tokyo.

" 13 Arribo a Asunción, Paraguay.

" 14 Saludo al Señor Embajador de Japón, Excmo. Señor Seizo Tanetani; S. E. Señor Ministro de Defensa Nacional, General Marcial Santanigo; y al Señor Presidente del Directorio del F. C. P. C. A. L. Don Ricardo Garay.

(Invitación del Señor Embajador, Excmo. Señor seizo Tanetani)

- Febrero, 15 Conferencia con el Ministerio de Obras Públicas en la Sala Presidencial del Ferrocarril.
 Presentación de las partes.
 Deliberación sobre el plan de estudio.
 Explicación de los datos relacionados con el estudio por parte de las autoridades paraguayas.
 Pedido de datos complementarios.
 (Invitación del Señor Presidente del Directorio del F.C. P.C. A. L.)
- " 16 Reunión para detallar la investigación en el sitio, Sala Presidencial del Ferrocarril.
- " 17 (Domingo) Descanso.
- " 18 Inspección visual del tramo Asunción - San Salvador, tren especialmente destinado para el estudio.
 Taller de reparaciones de Sapucay.
 Taller de reparaciones para locomotoras de Villa Rica.
 Instalaciones de la estación de San Salvador.
 (Descanso nocturno en el tren)
- " 19 Inspección visual del ramal de Abay. (Descanso nocturno en el tren)
- " 20 Inspección visual del tramo San Salvador - Encarnación, tren especialmente destinado para el estudio.
 Observación de los trabajos de conservación de la vía.
 (Descanso nocturno en Encarnación)
- " 21 Visita al Señor Masakazu Oda, Consiliario Oficial Residente en la Oficina de Encarnación.
 Inspección visual de las instalaciones del muelle de Encarnación.
 Inspección de la carretera Encarnación - Asunción en autobús alquilado.
 Regreso a Asunción.
- " 22 Inspección de la vía expresa Asunción - Iguazú en autobús alquilado.
 Inspección de la planta hidroeléctrica de Acaray.
 (Descanso nocturno en Iguazú).
- " 23 Inspección de los trabajos de reparación de la vía expresa. Autobús alquilado.
 Visita turística a las cataratas de Iguazú.
 Regreso a Encarnación.
- " 24 (Domingo) Descanso
- " 25 Deliberación acerca del resultado parcial del estudio. Oficina Presidencial del Ferrocarril.
- " 26 Saludo y deliberación sobre problemas generales de transporte con S. E. Señor Ministro de Obras Públicas y Co. Grat. de Div. Juan A. Cáceres. y Señor Director de Transporte del M.O. P. C. Dr. Juan Carlos Delgadillo.
- " 27 Conversación sobre el proyecto de explotación y eléctrica con el Señor Representante de la ANDE Ing. Leonardo Lepvalts.

- Reunión entre los miembros de la misión. (Preparación del informe parcial o intermedio).
- Febrero 28 Conversación sobre el proyecto de explotación y estado de las instalaciones de telecomunicación con el Señor Administrador General de ANTELCO, Coronel Francisco F. Duarte.
Dr. José Cibils, Jefe del Dpto. de Climatología, Ministerio de Defensa Nacional.
Estadística Climatológica
- Marzo 1 Elaboración del informe intermedio.
- " 2 " " " " "
- " 3 (Domingo) Descanso.
- " 4 Explicación suplementaria sobre el informe intermedio a las autoridades del Ferrocarril y al Señor Embajador del Japón. Correcciones.
(Invitación de F. C. P. C. A. L.)
- " 5 Conclusión del informe intermedio. Explicación oficial a Ferrocarril.
(Invitación de OTCA)
- " 6 Entrega del informe intermedio y reporte general al Excmo. Señor Presidente de la República, General de Ejército Don Alfredo Stroessner.
Salida de Asunción.
Arribo a Rio de Janeiro.
- " 7 Visita al Señor Fumio Hirano Consul General en Rio de Janeiro.
Conversación sobre el estado del desarrollo del ferrocarril hacia el Paraguay con el Señor Horácio Madureira Director General del Departamento Nacional de Estrada de Ferro.
- " 8 Conversación sobre la explotación eléctrica Paraguayo - Brasileira con el Señor Akira Hayama, Vice Cónsul Residente en Rio de Janeiro.
- " 9 Salida de Rio de Janeiro.
- " 11 Arribo a Tokyo.

2. PLAN Y EJECUCION DEL ESTUDIO

2. PLAN Y EJECUCION DEL ESTUDIO

2-1 Generalidades del Plan

El Gobierno Paraguayo, en el cuarto plan quinquenal de desarrollo económico comprendido entre 1971 y 1975, está promoviendo principalmente la refacción de la infraestructura del transporte, de la telecomunicación, de la fuerza eléctrica, etc., para, de este modo, lograr un desarrollo equilibrado del territorio del país. Con este objeto, solicitó al gobierno Japonés su cooperación técnica para la realización del proyecto de electrificación y modernización de las instalaciones del Ferrocarril haciendo uso de la abundante energía eléctrica que logrará con la terminación de la gran planta eléctrica cuya conclusión está planeada para un futuro muy próximo.

En base a la mencionada solicitud, nuestra misión elaboró el plan básico e hizo una evaluación preliminar técnico económica para este proyecto.

2-2 Ejecución del estudio

2-2-1 Determinación del objetivo del estudio

Nuestra misión, antes de salir con destino a Paraguay, determinó el objetivo del estudio de la siguiente forma:

(1) Trabajos en el sitio

- 1) Entrevista con las autoridades relacionadas para escuchar sus opiniones respecto a la electrificación y modernización del Ferrocarril.
- 2) Escrutinio sobre la factibilidad de la electrificación.
- 3) Estudio sobre la magnitud de la modernización en base a la electrificación.
- 4) Estudio para la elaboración del proyecto básico.
- 5) Estudio sobre la factibilidad preliminar relacionada con la electrificación y modernización del Ferrocarril.
- 6) Recolección de diferentes tipos de datos.
 - a. Cuarto Plan Quinquenal de desarrollo económico.
 - b. Proyecto de desarrollo local.
 - c. Estado actual de las instalaciones y material rodante del ferrocarril.
 - d. Estado actual, volumen de transport, tráfico, cantidad de vehículos, etc. de las principales carreteras.
 - e. Tráfico fluvial y cantidad de barcos.
 - f. Estado actual del transporte ferroviario.
 - g. Estado económico del ferrocarril.
 - h. Capacidad de mano de obra para la construcción, y estado de la producción de materiales.
 - i. Estado de las fuentes de energía tales como la eléctrica, etc.
 - j. Otros datos necesarios para el estudio (Tabla anéxa al final)

(2) Trabajos en Japón

Los trabajos a realizarse en el Japón son; analizar los datos recolectados; elaborar el proyecto

básico relacionado con la electrificación y modernización del Ferrocarril; preparar el reporte al respecto; elaborar el reporte tanto en japonés como en español dentro del año 1974, y enviar el reporte en idioma español al Gobierno Paraguayo.

2-2-2 Estudio Preliminar (Estudio de Informes ya presentados)

Como para una preparación del estudio a efectuarse, nuestra misión, antes de su partida al sitio, analizó el reporte que abajo indicamos como uno de los puntos de su tarea de investigación.

(1) Reporte del estudio sobre el proyecto de construcción de ferrocarriles en la República del Paraguay.

Este es el reporte presentado por la misión enviada al Paraguay por la OTCA en Octubre de 1964. Este reporte trata sobre la construcción de tres rutas ferroviarias que unan la Capital Asunción con la frontera brasilera. Este detallado estudio que duró aproximadamente un mes, ha llegado a ser para nosotros una fuente de información de mucho valor.

Es muy lamentable que, debido al cambio ocurrido tanto en Paraguay como en el ámbito internacional, este proyecto no haya podido ser realizado. Ahora, apesar de han pasado 10 años, es para nosotros motivo de admiración y respeto la alta calidad técnica de dicho proyecto.

Por otra parte, fue para nosotros algo de mucho valor el haber escuchado las direcciones del Sr. Gilchi Yokoyama, Jefe de la Sección de Obras y Electricidad del Departamento de Ferrocarriles Civiles del Ministerio de transporte, quien fue un miembro de la misión que elaboró dicho reporte.

(2) Reporte del estudio sobre transporte y economía para 4 países suramericanos,

Este es el reporte que, a pedido del Ministerio de Transporte, llevó a cabo el Centro de Desarrollo Internacional en Perú, Chile, Paraguay y Argentina. En esta ocasión, queremos agradecer por el detallado informe y los valiosos datos que nos proporcionó el Sr. Tōriyama Masamitsu quien jugó un papel de mucha importancia en este estudio cuyo reporte no estaba aún terminado cuando nosotros partimos hacia el Paraguay.

Especialmente, ha sido de mucha utilidad para nosotros la claridad con que se nos mostró la posición del Ferrocarril dentro de todo el sistema de transporte paraguayo, gracias a lo cual pudimos empezar nuestros estudios con un conocimiento preliminar muy valioso.

(3) Otros

Además de los reportes arriba mencionados, una parte del material del Plan Quinquenal de Modernización que el Paraguay completó en Marzo de 1968, y del estudio del transporte paraguayo a cargo de UNDP, han servido como datos de consulta de mucho valor para nuestra tarea de investigación.

2-2-3 Confirmación del plan de estudios.

Inmediatamente después de nuestro arribo a la República del Paraguay, nos reunimos con personajes del Gobierno y con las autoridades del Ferrocarril para deliberar acerca de cómo deberá encaminarse el proyecto de electrificación y modernización que nos ocupa. En las deliberaciones sostenidas, nosotros presentamos nuestro plan de estudios que habíamos preparado con anticipación, y dicho plan fue aprobado por las autoridades, razón

por la cual se confirmó que los estudios se llevarían a cabo siguiendo la línea trazada por nuestro plan.

2-2-4 Investigación en el sitio.

Después de escuchar la explicación sobre las generalidades del ferrocarril por parte de las autoridades paraguayas, nosotros ejecutamos los siguientes trabajos en base al material que preparamos con anticipación:

- (1) Inspección visual, en coche, del tramo Asunción - Encarnación para estudiar el estado actual de las instalaciones del Ferrocarril tales como equipo de las vías, operación y mantenimiento.
- (2) Estudio en el sitio de plantas de energía eléctrica ya construidas o en construcción, inspección visual de los lugares donde se tiene proyectado construir plantas similares.
- (3) Inspección visual en el sitio para ver el estado de los lugares destinados al desarrollo rural.
- (4) Inspección visual de las principales carreteras, y del método de trabajo en las carreteras en construcción.

Nuestra misión recibió el material necesario para la ejecución de estas inspecciones, y también intercambié ideas con las autoridades relacionadas al caso.

2-3 Reporte Intermedio

Al terminar nuestra labor de investigación, elaboramos, en Asunción, nuestro informe intermedio el cual lo presentamos al Gobierno Paraguayo juntamente con el informe oral que hicimos al Excmo. Señor Presidente de la República en presencia de S. E. Señor Ministro de Defensa Nacional, General Marcial Samaniego (Ex Ministro de Obras Públicas que asumió a su nuevo cargo durante nuestra permanencia en Paraguay), Señor Ministro de Obras Públicas y Co., General de Div. Juan A. Cáceres, y S. E. Embajador de Japón, Señor Seizo Tanetani.

El Excmo. Señor Presidente de la República, General de Ejército Don Alfredo Stroessner Pidió se le diese a conocer el orden a seguirse en la ejecución de las obras, además, solicitó la colaboración futura.

Este reporte o informe intermedio lo presentamos a continuación.

**INFORME INTERMEDIO DEL ESTUDIO
SOBRE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO
DE ELECTRIFICACION Y MODERNIZACION
DEL FERROCARRIL "PTE. CARLOS A. LOPEZ"
DE LA REPUBLICA DEL PARAGUAY.**

**INFORME PROVISIONAL DEL ESTUDIO
SOBRE LA FACTIBILIDAD DEL PROYECTO
DE ELECTRIFICACION Y MODERNIZACION
DEL FERROCARRIL "PTE. CARLOS A. LOPEZ",
DE LA REPUBLICA DEL PARAGUAY.**

Asunción, Marzo 5 de 1.974.

Presentado por:

**Misión de Estudio del Proyecto de Electrificación
y Modernización del Ferrocarril en el Paraguay.**

Miembros:

- Sr. Kenshiro Kunimatsu,
Jefe de la Misión.**
- Sr. Takanari Shimizu,
Economista especializado en Transporte.**
- Sr. Hiroyuki Kobayashi,
Experto en Vías y Estructuras.**
- Sr. Takayuki Terai,
Experto en Electricidad.**
- Sr. Kousuke Ishii,
Experto en Operaciones Ferroviarias
y Materiales Rodantes.**
- Sr. Kou Mogi,
Coordinador.**

1. Introducción

Nuestra Misión ha sido enviada al Paraguay por "Overseas Technical Cooperation Agency", entidad a la cual el Gobierno del Japón ordenara la organización de nuestro viaje, en correspondencia al pedido del Gobierno Paraguayo, a objeto de realizar el estudio de factibilidad que respecta al proyecto de electrificación y modernización del Ferrocarril "Pte. Carlos A. López" en el país, durante un espacio de más o menos un mes, a partir del 10 de febrero de 1.974.

Quisiéramos manifestar nuestros profundos agradecimientos por la valiosa colaboración y el decidido apoyo dispensados en todo momento a nuestra Misión, de parte de las autoridades del Superior Gobierno, Ferrocarril "Pte. Carlos A. López" y demás organismos interesados, que facilitaron la feliz culminación de nuestra tarea de investigación en el terreno, haciendo posible el logro de mejores resultados que lo esperado.

Al recapitular dichos resultados obtenidos, antes de entrar a analizarlos en particular por cada sector de estudio realizado, los mismos se pueden compendiar en los siguientes cinco párrafos, a saber:

- (1) El estado de las instalaciones y materiales rodantes del Ferrocarril se encuentran desgastados y empeorados mucho más de lo esperado, a tal punto que hacen preocupar por su total inhabilitación dentro de unos dos o tres años de operación. Por consiguiente, se recomienda su urgente renovación y mejoramiento dentro de la mayor brevedad; pero dentro de toda esta urgencia, deberá efectuarse preferentemente el reforzado o reparación de las vías existentes, con antelación a todas otras mejoras a introducirse.
- (2) En comparación a la actual operación con locomotoras a vapor, y por supuesto, en el caso de las de a Diésel, la operación con locomotoras eléctricas resultará evidentemente más ventajosa en cuanto se refiere a los costos de su mantenimiento y operación. No obstante, si se tuviera en cuenta los intereses y depreciaciones que gravarían la inversión inicial de la electrificación, el efecto de su inversión no siempre resultará alto, dado el actual escaso volumen de cargas y pasajeros que transporta el Ferrocarril. Sin embargo, al observar el objetivo gubernamental de contrarrestar el problema del petróleo y economizar la importación de dicho producto, estimamos que el proyecto de electrificación del Ferrocarril debe ser impulsado decididamente.
- (3) Lo ideal sería que la electrificación y modernización del Ferrocarril sean realizadas en toda la extensión de sus vías existentes, de una sola vez. No obstante, en vista del actual estado de tráficos, ubicación de centrales electro-energéticas y demás condiciones circunstanciales, sería conveniente iniciar en primer término la electrificación y modernización por el tramo de entre Asunción y Villarrica, para proseguir con la subsiguiente prolongación hasta Encarnación.
- (4) Referente a la electrificación del Ferrocarril en sectores del radio de influencia de Asunción, debería adoptarse un sistema de alta frecuencia de tráficos, con materiales

rodantes e instalaciones ferroviarios adecuados al caso.

- (5) Además, durante los momentos de transición y desarrollo de la electrificación y modernización del Ferrocarril, la operación y administración de tramos y sectores no afectados a dicha inmediata mejora, deberán ser manejadas con una suficiente planificación y eficiencia, de tal modo que puedan racionalmente mantenerse o extender la vida útil de los materiales rodantes e instalaciones ferroviarios en uso, hasta tanto que sean integrados al beneficio de la electrificación y modernización previstas.

Al mismo tiempo abogamos por que se promueva el mayor ingreso y rentabilidad del Ferrocarril mediante una positiva y agresiva administración de la Empresa, valiéndose de su una vez electrificado y modernizado sistema ferroviario.

** En cuanto a la ejecución del proyecto de electrificación y modernización del Ferrocarril "Pte. Carlos A. López", de la República del Paraguay, se requerirá una fuerte suma de inversión para encarar la realización de diferentes instalaciones eléctricas inherentes y la construcción de nuevos materiales rodantes propulsados por electricidad, además de que se necesitará otro capital para el mejoramiento fundamental de las diferentes instalaciones ferroviarias existentes, a fin de alcanzar el máximo del rendimiento de su electrificación y modernización, para lo cual es necesario aumentar las frecuencias de convoyes y su velocidad en busca del mayor volumen de cargas y pasajeros transportados.

La verdad es que este proyecto requiere a primera vista una ingente suma de inversión que influiría sensiblemente al presupuesto fiscal o a la administración del propio Ferrocarril en sí, por lo que en este informe nos abstendríamos de indicar con ligereza siquiera su estimación, sino luego de estudiar y analizar minuciosamente todos los valiosos datos y materiales de consulta recogidos, una vez de regreso en Japón, en base de lo cual nos proponemos presentar nuestro informe definitivo hasta el próximo mes de agosto del año en curso. Mientras, en el interín, nos permitimos elevar las siguientes apreciaciones obtenidas según cada sector de estudio realizado:

2. Dictamen preliminar de la Misión por cada sector

2-1 Mejoramiento de las vías:

Pese al gran esfuerzo de las autoridades del Ferrocarril, el estado actual de las vías se encuentra en pésimas y lamentables condiciones. De modo que el mejoramiento de la vía férrea debe ser encarado de inmediato con prelación a cualquier otra necesidad, sin que se permita el lujo de más demora. El detalle de la obra de dicho mejoramiento sería:

- a. Renovación de los rieles. (En cuanto a la medida de los rieles, recomendaremos en nuestro informe definitivo).
- b. Renovación de los durmientes. (Acortar el espacio de colocación entre sí, así como aumentar las medidas de su formato).
- c. Mejora del dispositivo de afirmación de los rieles a los durmientes (Escarpiá

de carril - Fastener), y la disminución de las uniones mediante la soldadura de los rieles.

d. Colocación de balasto en la base de las vías. (La medida de balasto será de 5 cm.).

e. Puentes. (Es necesario el uso de vigas de acero o de concreto según la dimensión de luz que tuviera cada puente).

f. Cambiavía-Agujas. (Se utilizarán agujas de numeración mayor en las vías principales).

g. Rieles de seguridad. (Se reforzarán los rieles auxiliares de seguridad contra descarrillamiento conforme a las condiciones o comportamiento de las vías).

Todas estas obras es preferible que se realicen mediante la máxima mecanización para la mejor eficiencia y precisión de su ejecución. El proceso de las obras deberá ser iniciado desde Asunción en adelante, en forma progresiva y sistemática, con miras a elevar el nivel de la vía en las zonas bajas del Sur e inclusive introducir el cambio de su trayectoria donde exista el riesgo de futuras inundaciones.

Y, por supuesto, es altamente necesario establecer una norma precisa de conservación de las vías ya libradas al servicio, así como del tramo a modernizarse por electrificación, mientras se complete su construcción, en el sentido de lograr la mejor conservación de las vías en uso, fijando un régimen racional y práctico de mantenimiento.

Por otra parte, creemos conveniente aprovechar las canteras existentes al servicio de las obras camineras, en la obtención de los balastos necesarios para la base de las nuevas vías ferroviarias, evitando de este modo la redundancia de explotar canteras a cargo del Ferrocarril, si bien lo ideal sería que también el Ferrocarril cuente con su propia fuente de suministro de dicho material a su disposición.

2-2 Plan de operación:

a. El objetivo será el de reducir la duración de viaje del convoy entre Asunción y Encarnación, y vice-versa, en 5 o 6 horas mínimas.

b. En el tramo de Asunción a Ypacará, y vice-versa, se programará la mayor frecuencia de los convoyes, teniendo en cuenta la posibilidad de transportar empleados y trabajadores a la Capital, desde Ypacará y las diferentes estaciones intermedias. En caso necesario, asimismo se podrá pensar en hacer operar tranvías especiales aparte de otros grandes convoyes.

c. El sistema de señales (Guardavía), será el de "tablet system", siendo preferible que más adelante se adopten mejores sistemas de seguridad y señales cuando la frecuencia y la velocidad de los convoyes tengan que ser altamente aumentadas.

d. Deberá hacerse todo cuanto fuera posible para evitar que la vía del ferrocarril sea utilizada para otros tránsitos, así como tendrá que disponerse el mejor

sistema de protección contra los animales sueltos en la vía, y el mejor dispositivo de seguridad en los pasos a nivel.

2-3 Plan de electrificación:

a. Sistema de electrificación.

Teniendo en cuenta la red de centrales electro-energéticas y el volumen de las cargas y pasajeros transportados por el Ferrocarril en el país, se adoptará el régimen eléctrico de corrientes alternas monofásicas de 50 HZ.

b. Cables aéreos de conducción eléctrica.

Se proyectará una forma de extensión de los cables desde el punto de vista de equilibrar económicamente el costo de su instalación acorde con el de su conservación.

c. Sub-estación transformadora.

Se instalarán 2 o 3 sub-estaciones transformadoras (Sistema Scott), entre Asunción y Encarnación con la capacidad de 66 KV. c/u., cuyo número exacto lo indicaremos en nuestro informe definitivo. La operación de estas transformadoras se manejará a control remoto desde el puesto central de gobierno.

d. Reparación de las instalaciones ferroviarias.

d-1 Existen una reducida cantidad de puentes que requieren algunas modificaciones.

d-2 Los cables telegráficos, de teléfonos y de conducción eléctrica que cruzan la vía del Ferrocarril, serán reparados o mejorados a cargo de la ANTELCO y la ANDE, de acuerdo a su respectiva jurisdicción.

d-3 Los cables desnudos de comunicaciones telegráficas y de teléfonos pertenecientes al Ferrocarril y la ANTELCO, respectivamente, que corren paralelos a la vía férrea a menos de 300 metros de distancia, deberán ser substituidos por el sistema de cables forrados (Embutidos), a fin de evitar el inconveniente de las interferencias producidas por el cable conductor de electricidad. En este caso, los cables serán unificados en una sola línea forrada para uso del Ferrocarril y de la ANTELCO, entidad ésta a quien convendría proyectar su instalación con miras a ir aumentando circuitos telefónicos acorde con futuras demandas que hubiere.

e. Fuentes de energía eléctrica.

Las fuentes de la energía eléctrica del Paraguay son sumamente abundantes y es evidente que el país se convertirá en un futuro no muy lejano en uno de los mayores productores de la energía hidroeléctrica del mundo. Empero al considerar la necesidad de la fuente de energía eléctrica para este proyecto de electrificación que nos ocupa, no precisamente son suficientes desde el punto de vista de ubicación geográfica de las mismas. En efecto, se puede decir que la fuente de energía para la electrificación del ferrocarril entre Asunción y Villarrica es suficiente, mientras que para el tramo de Villarrica en adelante hasta

Encarnación, el estado actual del régimen energético resulta muy pobre para la demanda del caso.

f. Orden cronológico de ejecución.

Al tener en cuenta el actual volumen de cargas y pasajeros, y las condiciones de la fuente de la energía eléctrica, se recomienda realizar en primer término la electrificación del ferrocarril en el tramo comprendido entre Asunción y Villarrica, con su subsiguiente extensión hasta Encarnación, para lo cual resultará vital la valiosa cooperación de la ANDE, en el sentido de que vaya ampliando fuentes de energía suficiente hacia dicho sector para completar la electrificación del ferrocarril.

g. Suministro de la energía eléctrica a las poblaciones.

El Ferrocarril deberá contribuir al desarrollo rural del país, suministrando energía eléctrica a las poblaciones afectadas a la vía férrea electrificada, que no estén contempladas en el programa de electrificación de la ANDE.

2.4. Plan sobre materiales rodantes:

a. Locomotoras eléctricas.

Por ser destinadas a la tracción de convoyes de pasajeros y cargas indistintamente, su potencia requerirá energía de 1.000 a 2.000 KW.

b. Tranvías.

Se estudiará la posibilidad de incorporar tranvías destinadas al transporte de empleados y trabajadores entre Asunción e Ypacarai, y vice-versa.

c. Coches de pasajeros y vagones de carga.

A fin de incrementar la capacidad de transporte y mejoramiento de la calidad de su servicio, será necesario incorporar una cantidad mínima necesaria de nuevos coches de pasajeros y vagones de carga.

d. Talleres de reparación de materiales rodantes.

Para la reparación y mantenimiento de los trenes eléctricos es necesario establecer un nuevo taller de reparaciones. Su ubicación habrá de ser en Sapucaí, donde ya existen talleres cuyas instalaciones y equipos podrán ser aprovechados convenientemente.

e. Mejoramiento de las instalaciones accesorias.

Será necesaria alguna reparación o mejoramiento de las instalaciones de servicio de agua u otros equipos secundarios existentes en el trayecto de las vías.

f. Durante la ejecución de las obras de electrificación y modernización del

Ferrocarril, es recomendable que se siga empleando las locomotoras a vapor y otros materiales rodantes actualmente en uso, con el debido cuidado de mantener al máximo su vida útil, para la operación de tráficos en tramos que aún falte electrificarse, evitándose en lo posible incorporación de locomotoras

a Diésel, aún en unidades mínimas, que demandarán más personal especializado e instalaciones de reparación adecuadas.

2-5 Del aspecto económico:

Según como comentáramos más arriba, hemos venido exponiendo nuestra opinión referente a la electrificación y modernización del Ferrocarril desde el punto de vista netamente técnico; pero hablando en términos económicos, una vez electrificado y modernizado debidamente el ferrocarril, se puede lograr la captación de considerable volumen de cargas y pasajeros a transportarse, dado que se trata de un sistema ferroviario moderno capaz de aumentar enormemente la capacidad de conducción. Pero desde el momento que la demanda de transporte no estuviese concordante con su gran capacidad de conducción, no puede decirse que este medio sea precisamente el mejor ante cualquier otro tipo de transporte, si es que lo consideráramos del lado de su comportamiento dentro del conjunto de toda la economía nacional.

Sin embargo, al tener en cuenta el plan económico nacional de gran alcance y a largo plazo, uno de cuyos factores componentes lo constituye precisamente la electrificación y modernización del Ferrocarril "Pte. Carlos A. López", con miras a promover el desarrollo de los pueblos del interior y zonas comprendidos dentro del radio de influencia del Ferrocarril, infundiendo el ánimo de superación y confianza a las poblaciones en general, que no siempre se puede apreciar en fríos guarismos de cálculos convencionales, estimamos sinceramente que es un proyecto nacional de proyección imprevisible y de gran significación que merece ser impulsado decididamente, pues aparte de todos estos beneficios, implicaría una importante economía en la importación de combustibles tradicionales. Empero como se trata de una obra que demanda ingente inversión, su puesta en ejecución debería supeditarse a un previo y circunspecto estudio.

2-6 Asuntos de transporte ferroviario relacionados al estudio de electrificación del Ferrocarril:

Cómo asuntos de interés relacionados al proyecto de electrificación y modernización del Ferrocarril "Pte. Carlos A. López", se pueden indicar las dos materias siguientes:

a. Construcción de nueva línea de ferrocarril.

En cuanto al plan de construcción de la nueva línea de ferrocarril destinado al desarrollo de las zonas del Norte de la Región Oriental del país, y de interconexión con el sistema ferroviario del Brasil, queremos llamar atención sobre los siguientes dos puntos:

- a-1 Conforme al Informe sobre Estudio del Ferrocarril Paraguayo presentado por el Gobierno japonés en el año 1.964, la construcción de una nueva línea entre Villarrica y Guaira sería lo más conveniente y promisorio. En este caso, la futura electrificación del Ferrocarril "Pte. Carlos

A. López", en el tramo de Asunción a Villarrica, vendría a adecuarse directamente con la extensión de la nueva línea hacia el Norte.

a-2 Respecto a la interconexión de dicha línea con el sistema ferroviario brasileña, presentaría problemas por cuanto que en el Brasil las vías son de trochas diferentes a la del ferrocarril paraguayo, así como la frecuencia de la energía eléctrica encontramos con que es distinta.

Además, habría que estudiar también la construcción del puente sobre el río que constituye la frontera entre los dos países.

b. Del transporte urbano dentro de la ciudad de Asunción.

b-1 Electrificación del transporte colectivo dentro de la ciudad.

b-2 Servicio de trenes de alta velocidad para las comunicaciones inter-urbanas. (Por ejemplo, de y a la ciudad universitaria, etc.).

Estos tópicos constituirían materias a ser discutidas dentro del plan general de urbanización, y por lo pronto podemos manifestar que el Japón podrá ofrecer cualquier cooperación técnica que el Paraguay necesite al respecto.

3. Conclusión

Al término de nuestra labor de investigación en el país, por lo pronto nos hemos permitido formular este informe provisional de nuestras breves consideraciones, que reconocemos que adolecería de imperfecciones propias de opiniones recogidas en muy corto plazo, ni siquiera pudiendo ordenar debidamente los numerosos datos y materiales de consulta acumulados.

Tanto es así que, una vez de regreso en Japón, nos proponemos aprovechar la utilidad de todos estos datos y materiales recogidos para el análisis y estudio más precisos del proyecto, con miras a elaborar y completar nuestro informe definitivo del caso, aplicando nuestros conocimientos tecnológicos y experiencia en la materia del ferrocarril.

Y Como hemos referido anteriormente, no se puede obtener la rentabilidad y ventaja económica de la electrificación y modernización del Ferrocarril, por cuanto que sus obras requerirán una fuerte inversión inicial, sino no fuera por su gran cantidad de conducción; por consiguiente, se impone la necesidad de aumentar por lo menos de 10 a 20 veces más la conducción de cargas y pasajeros en relación al volumen transportado actualmente por el Ferrocarril.

Para este efecto, estimamos que debería ser fomentado la producción e industrias a más días crecientes bajo un programa a nivel nacional, tendiente a incrementar cada día más la demanda de transporte por Ferrocarril. Por ejemplo, una de las promisorias posibilidades en tal sentido lo constituiría el plan de aumento de la producción de café en el Paraguay, patrocinado entusiastamente por Su Excelencia el Sr. Embajador y Enviado Extraordinario del Japón, Don Seizo Tanetani, que a no

dudarlo, requerirá un medio de transporte masivo y barato como el ferrocarril.

De modo que formulamos nuestros sinceros votos por que en un futuro no muy lejano el Paraguay logre su anhelada modernización y progreso nacional, gracias al uso de sus fécondas energía eléctrica traducidas en fuentes de fabriles industrias y demanda de activos transportes.

Por último, manifestamos nuestra sincera admiración por la gran visión nacional de electrificar y modernizar los servicios del Ferrocarril, en aprovechamiento racional de la abundantemente energía eléctrica del país, inspirada en la indiscutible sabiduría del Excmo. Señor Presidente de la República, General de Ejército Don Alfredo Stroessner, al mismo tiempo que expresamos nuestros profundos y reiterados agradecimientos a todos los miembros de las Comisiones Especiales y de Contrapartida, que mediante su valiosa colaboración hicieron posible el éxito de nuestra misión que nos trajera en esta ocasión a la República del Paraguay.

3. RESULTADO DEL ESTUDIO

3. RESULTADO DEL ESTUDIO

3-1 Precondiciones de la modernización

3-1-1 Futuro volumen de transporte por zonas.

Al detenernos a pensar en el transporte futuro de carga y pasajeros del Ferrocarril Paraguayo, habría que considerar principalmente el transporte de carga de y hacia Argentina, y en segundo plano ver el transporte doméstico de pasajeros tan solo como un factor complementario.

En cuanto al transporte de pasajeros desde y hasta sus oficinas o lugares de trabajo, por ahora habrá que concentrarse en Asunción solamente; pero aunque sea algo natural que este transporte estará a cargo de la línea que ahora nos ocupa, se ve la necesidad de estudiar la red ferroviaria desde un punto de vista general, es decir, considerando un proyecto de urbanización y un tráfico rural que incluya el transporte motorizado.

Analizando el transporte por zonas en los pasados 5 años, se ve que en el caso de transporte de carga, en la línea principal (Asunción - Encarnación) no hubo una diferencia interzonal predominante. Además, aunque se piense en el desarrollo futuro de la línea, al predecir el transporte futuro no será necesario crear ninguna diferencia en el transporte interzonal ya que Asunción además de ser la mayor y principal ciudad, es el punto de partida de la línea, y se espera que esta capital progresará como una zona de colección y repartición de materiales, y también como centro de producción y consumo de dichos materiales.

En cuanto a los tramos ascendente y descendente, se piensa que el volumen de transporte en sentido descendente (Asunción - Encarnación, exportación), debido a la cantidad de materias primas y productos primarios, será mayor que el volumen de transporte en sentido ascendente. Sin embargo, desde el punto de vista de equilibrio mediante el manejo de los coches vacíos y operación del material rodante, y considerando el resultado de los pasados 5 años, se supone que el volumen de transporte será igual en ambos sentidos.

Por otra parte, se piensa que el volumen de transporte real variará de acuerdo a las épocas y según el movimiento económico, razón por la cual no es preciso detenerse a pensar en el aumento o disminución de la frecuencia de los trenes. Por consiguiente, continuaremos el estudio bajo la suposición de un volumen de transporte medio anual.

Como elementos que forman parte del incremento del volumen de transporte por la modernización, podemos citar los siguientes: acortamiento del tiempo de recorrido mediante la reparación de las vías y del material rodante; asimilación de la demanda actual y desplazamiento del transporte desde otros sistemas, especialmente de barcos, mediante el aumento de material rodante e incremento tanto de la eficiencia de uso como de la frecuencia de los trenes; y por último el crecimiento económico del país. Presumimos que el volumen máximo que puede considerarse es de 1,300,000 ton./año que resultaría del desplazamiento de 600,000 ton./año desde otros sistemas de transporte y 700,000 ton./año del crecimiento en los futuros 10 años.

El transporte de pasajeros por ferrocarril actualmente es de 200,000 personas/año, pero hubo épocas en que se transportó de 40,000 a 50,000 personas/año. Por otra parte, aunque en el futuro las carreteras sean refaccionadas, existen muchos lugares en las carreteras principales donde el ferrocarril no corre paralelamente, además, la frecuencia de los trenes se aumentará

y el tiempo de recorrido será acortado. Tomando en cuenta estos factores, suponemos que el transporte de pasajeros en el futuro será de 1.5 millones de personas/año.

3-1-2 Plan de transporte

Actualmente el transporte está siendo llevado a cabo sólo en determinados días, pero el transporte de pasajeros, debido a sus características particulares, es muy natural que se efectúe a diario.

(i) Plan de transporte de pasajeros y operación.

Calculando el volumen estimado para un solo día y en un solo sentido resulta que el tráfico sería de aproximadamente 2,000 personas. Al analizar el transporte de pasajeros, es necesario, para la frecuencia de trenes, considerar el aspecto del volumen de transporte y los medios de transporte estatales. En caso de considerar el transporte estatal, es necesario evaluar adecuadamente el estado de vida de las personas en general, pero creemos que con 6 o 7 trenes por día se podrá obtener el mínimo de comodidad. Por otra parte, viendo el aspecto del volumen de transporte, consideramos que también será suficiente con 6 o 7 trenes por día.

Respecto a la clasificación de los trenes, la cantidad arriba mencionada es muy limitada para dejarnos espacio a decidir si se los clasifica en trenes de servicio rápido y normales, o solamente se opera con trenes de servicio normal. Pero si se considera el servicio internacional directo, habrá que operar con un tren rápido o expreso. En este caso, habrá que elegir un mínimo de estaciones de parada. A este respecto, la opinión de las autoridades del Ferrocarril es que, de las 33 estaciones existentes entre Asunción y Encarnación, 11 sean estaciones de paso, la velocidad máxima 95 Km/h y el tiempo de parada 1 minuto, de lo cual resultaría que el tiempo de trayectoria sería de aproximadamente 5 horas y 20 minutos (velocidad media: 70 Km/h).

La composición de los trenes sería la siguiente:

Tren expreso o rápido: Vagón de carga y correo + 2da. clase + coche comedor + 1ra. clase + 1ra. clase.

Tren omnibus o normal: Vagon de carga y correo + 2da. clase + 2da. clase + coche comedor + 1ra. clase + 2da. clase.

El tiempo de trayectoria de los trenes omnibus o normales sería de aproximadamente 6 horas con una velocidad promedio de 60 Km/h.

A continuación indicamos el número de trenes necesarios y la cantidad de material rodante:

Trenes expreso..... 1
Trenes omnibus..... 5

	En uso	Reserva y reparación	Total
Locomotoras	6	1	7
1ra. clase	7	2	9
2ra. clase	17	3	20
Coches comedor	6	1	7
Carga y correo	6	1	7

La longitud total de cada tren sería; considerando que cada coche mida 20 m, en 6 coches sería 120 m, sumando a esto 15-20 m de la locomotora, obtenemos un total de aproximadamente 140 metros. Ahora bien, considerando 60 m de distancia libre para sobrecorrido, las instalaciones de cruce entre trenes necesitarán de una distancia útil de 200 m como mínimo. Pero si se toma en cuenta el aumento de coches y los trenes de carga, se necesitarán instalaciones de cruce y espera que tengan una longitud suficiente para estos casos.

(2) Transporte de carga.

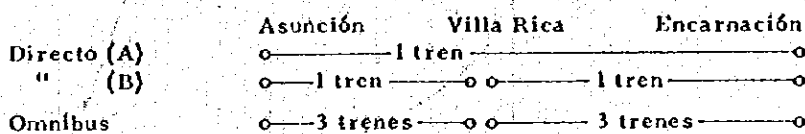
Calculando el transporte estimado para un día y en un solo sentido, el resultado es de 1,800 toneladas. Con la introducción de material rodante nuevo, y considerando que, a excepción de una parte, la pendiente de la línea es de 10%, la tracción será de 1,000 toneladas. En vista de que los vagones a usarse serán de 15 toneladas de peso propio, 30 toneladas de capacidad de carga y 12 metros de largo, se ve la necesidad de operar con 5 trenes.

La cantidad de locomotoras necesarias es la siguiente:

En uso	Reserva y reparación	Total
8	2	10

En cuanto a la clasificación de los trenes de carga, para un transporte más eficiente habrá que disponer de 2 clases, a saber, tren directo (sin parada) y tren ómnibus (parada en cada estación).

Dividiéndolos en 2 y 3 trenes, obtenemos el siguiente sistema:



Con este objeto, es necesario refaccionar las estaciones de clasificación de Asunción, Villa Rica y Encarnación, para de este modo efectuar la formación de los trenes y también para guardar los vagones vacíos.

La velocidad máxima será de 75 Km/h, y los trenes directos (A) emplearán aproximadamente 7 horas en el recorrido a una velocidad promedio de 53 Km/h.

La longitud de los trenes será de 400 metros en 33 vagones; si sumamos a esto el largo de la locomotora y la distancia de seguridad, las instalaciones de cruce deberán tener una longitud útil de aproximadamente 500 metros.

Las actuales líneas de espera no llegan a 500 metros, y como también es necesario

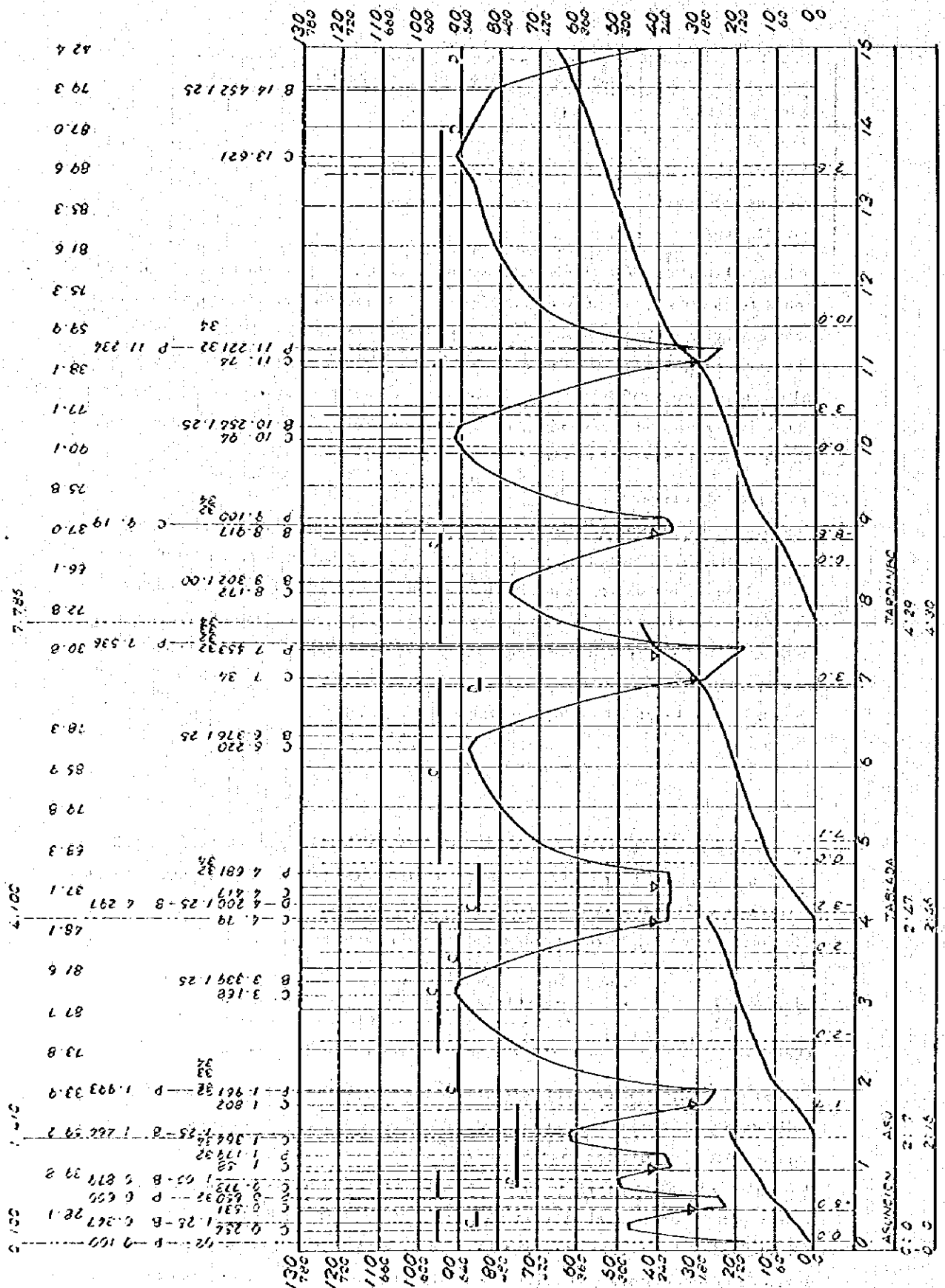
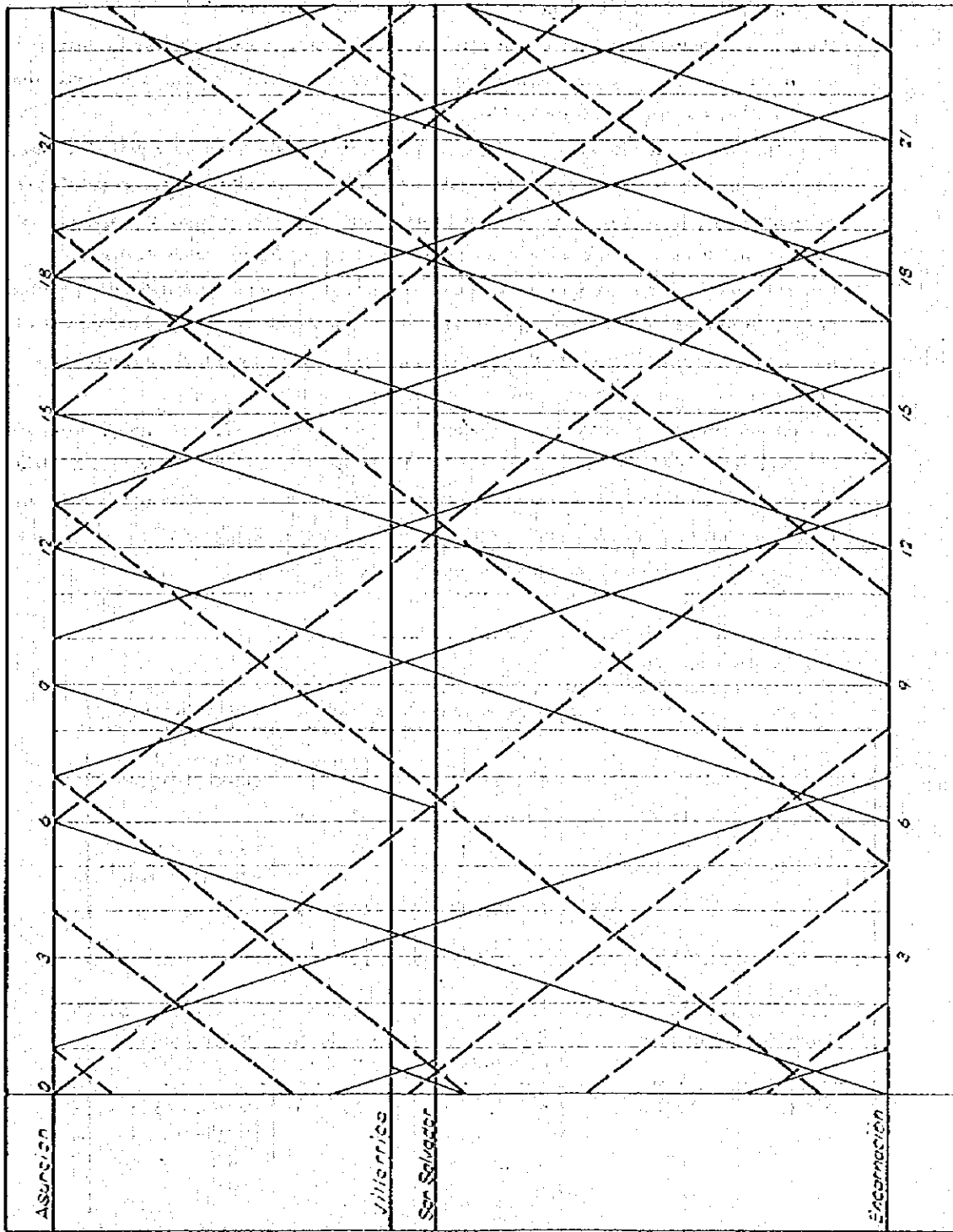


Fig. 7.1.2-1. Gráfico de operación (Cálculo y trazado mediante computadora)



— tren de pasajeros
 - - - tren de carga

Fig. 7. 1. 2-2. Diagrama estimado

que las vías sean reparadas en la primera etapa de la modernización, estos trabajos se pueden llevar a cabo durante la refacción general de las vías.

Para incrementar el número de maniobras nocturnas, para aumentar la velocidad de dichas maniobras y para evitar obstáculos es necesario equipar a las estaciones con un buen sistema de iluminación.

En vista de que los vagones de carga actualmente en uso están muy deteriorados, por el momento se proyecta introducir unos 100 vagones nuevos que reemplazarán primeramente al tipo de vagones que se usan con más frecuencia, y luego se los irá aumentando hasta hasta obtener un equilibrio con los vagones argentinos.

Por otra parte, una vez que los trenes paraguayos ingresen a la Argentina y viceversa, el número de vagones aumentará considerablemente dificultando de este modo su seguimiento y control. Por consiguiente, será necesario que ambos países determinen un medio de control y ajuste con este objeto.

A continuación suministramos a manera de información, un diagrama que muestra el resultado del cálculo por computadora del tiempo de operación (no incluye tiempo de parada), en Japón, empleando locomotoras de corriente alterna (Tipo ED 75).

Las pendientes, curvas, velocidad límite, resistencia de cartera de los vagones, etc. necesarios para el cálculo son todos datos japoneses.

Trenes de pasajeros:

Tonelaje	Velocidad max.	Descendente	Ascendente	Observaciones
220 t.	110 Km/h	h. min. seg. 4 41 00	h. min. seg. 4 40 30	Para en 20 estns. (Exp.)
"	95	5 00 30	5 00 30	" "
190	95	5 04 45	5 03 30	Para en 31 estns. (Norm.)
"	85	5 26 45	5 25 45	" "
"	75	5 53 15	5 23 15	" "

Trenes de carga

Tonelaje	Velc. máx.	Descendente h. min. seg.	Ascendente h. min. seg.	Observaciones
800 t.	85 Km/h	6 15 15	6 14 00	Para en 24 stns. (omibus)
"	75	6 37 15	7 15 00	"
"	65	7 15 45	7 15 00	"
1,000	85	6 30 15	6 30 15	"
"	75	6 50 30	6 50 30	"
"	65	7 24 00	7 23 15	"

A continuación incluimos el horario de los trenes. Para determinar un programa como este, es necesario conocer el estado y forma de vida de la población, pero

para elaborarlo hemos presumido el horario de oficinas y el tiempo empleado en el trabajo de carga y descarga de los trenes de carga.

En este caso, nos basamos sólo en los trenes de pasajeros y de carga que paran en todas las estaciones.

El tiempo empleado por los trenes lo calculamos de la siguiente manera:

Trenes de pasajeros.

En caso de tren expreso;

Estaciones intermedias de parada . . . 20 estaciones.

Tiempo de parada 1 min. /estación.

Porcentaje del margen permisible para la confección del horario 5%

200 ton. 35 Km/h. 5 h. 37 min. 00 seg.

Tren omnibus.

Estaciones intermedias de parada . . . 31 estaciones

(El resto de las condiciones son iguales que para el tren expreso)

190 ton. 95 Km/h. 5 h. 53 min. 00 seg.

Trenes de carga.

Tren expreso.

Estaciones intermedias de parada . . . 1 estación.

Tiempo de parada 15 min. (incluye el tiempo de maniobra)

Porcentaje del margen permisible para la confección del horario 10%

1,000 ton. 75 Km/h. 7 h. 46 min. 00 seg.

Tren omnibus.

Estaciones intermedias de parada . . . 24 estaciones.

Tiempo de parada y maniobra 15 min. /estación.

Porcentaje del margen permisible para la confección del horario 10%

1,000 ton. 65 Km/h. 13 h. 24 min. 00 seg.

3-2 Proyecto de modernización del F. C. P. C. A. L.

3-2-1 Mejoramiento de las instalaciones de tierra.

(1) Objetivo del mejoramiento de la línea ya instalada.

Respecto al estado actual de las instalaciones terrestres del Ferrocarril, especialmente el estado de deterioro en que se encuentran los materiales de las vías, ya lo mencionamos en los capítulos anteriores, y partiendo de este punto de vista, se puede deducir que las instalaciones del Ferrocarril han llegado ya a su límite para poder soportar el volumen de transporte y la velocidad actual de los trenes.

1) Es muy natural que, con el desarrollo industrial de la vía, el volumen de transporte aumente y que se precise un incremento en la velocidad de los trenes; por consiguiente es lógico que también se presente la necesidad de una mejora y reforzamiento de las instalaciones terrestres del Ferrocarril.

- 2) Para equilibrar la carga del transporte carretero, la mejora y reforzamiento de las instalaciones terrestres del Ferrocarril es una de las tareas más importantes de la política del transporte del país; ya que con esto se incrementaría la velocidad de los trenes y se ofrecería un servicio más frecuente.
- 3) Aunque se dé el caso de que no hayan expectativas de un desarrollo industrial en la zona vfa, o aunque no se espere un desplazamiento de la carga del tráfico carretero hacia el transporte ferroviario, si se desea continuar operando el ferrocarril, se ve muy clara la necesidad de renovar las fatigadas y débiles instalaciones terrestres.
- 4) Estas son las razones por las cuales se ve la necesidad de una inmediata mejora de las instalaciones terrestres; y son razones que no pueden presentarse individualmente, al contrario, estas causas se originan a menudo conjuntamente. Por consiguiente, al estudiar el proyecto de modernización del Ferrocarril, es necesario prever una relación mútua y orgánica entre estos factores. En adelante trataremos más objetivamente sobre el mejoramiento y reforzamiento de las instalaciones terrestres, cuyo objetivo principal es elevar la velocidad de los trenes y aumentar el volumen de transporte.

(2) Vías

1) Estructura de las vías.

Primeramente estudiaremos sobre la estructura que deberán tener las vías para soportar el tonelaje de pasó anual, el cual se estima que será de unos 34,500,000 t. Dando como ejemplo la estructura de vías estándar según las normas de la Japan National Railways, tenemos que en el caso de 5,000,000 - 10,000,000 de toneladas de pasó anual, carga máxima por eje 15 ton. y velocidad máxima de 95 Km/h;

Rieles	40 Kg/m
Durmientes	Madera 39/25m, silleta (Rectas y curvas que tienen un radio mayor que 600 m) Madera 41/25m, silleta, enlace elástico doble (Curvas cuyo radio es menor que 600 m)
Balasto	Roca triturada de 200mm de espesor, (Rectas y curvas cuyo radio es mayor que 800 m) Roca triturada de 250mm de espesor, (Curvas cuyo radio es menor que 800m)

En el caso de 2,000,000 - 5,000,000 de toneladas de pasó anual, carga máxima por eje 14 ton. y velocidad máxima de 85 Km/h;

Rieles	40 Kg/m o 37 Kg/m.
Durmientes	Madera 37/25 m (Rectas y curvas cuyo radio es mayor que 600 m) Madera 39/25 m (Curvas cuyo radio es menor que 600 m)

Silleta (Curvas cuyo radio es menor que 500 m)

Balasto Roca triturada de 200mm de espesor.

Además, según las normas para material rodante de la Japan National Railways, la estructura que deben tener las vías para poder hacer correr una locomotora eléctrica de corriente alterna con tarcción en 4 ruedas y cuyo tonelaje por eje es de 15 toneladas a una velocidad de 95 Km/h, es la siguiente:

Rieles 40 Kg/m

Durmientes Madera 37/25 m,

Silleta (Curvas cuyo radio es menor que 300 m)

Balasto Roca triturada de 150mm de espesor;

Por consiguiente, considerando el tonelaje de paso, la velocidad máxima de los trenes a ser remolcados por una locomotora eléctrica y el peso máximo por eje, se estima que la estructura que deberá tener la línea principal del Ferrocarril es la siguiente:

Rieles 40 Kg/m

Durmientes Madera 1,560/Km (Rectas y curvas de más de 600 m de radio)
1,640/Km (Curvas de menos de 600m de radio)

Silleta (Curvas de menos de 700m de radio)

Balasto Roca triturada de 200mm de espesor (Rectas y curvas de más de 600m de radio)

Roca triturada de 250mm de espesor (Curvas de menos de 600m de radio).

2) Corrección del peralte.

El peralte o desnivel de las vías actuales, es aplicable a casos en que los trenes lleguen a una velocidad máxima de 70 a 80 Km/h. Por lo tanto, es necesario corregir el peralte de acuerdo con la velocidad máxima de los trenes y también tomando en cuenta la falta de desnivel permisible.

3) Introducción de curvas de transición y curvas verticales.

Es necesario que las rectas y curvas de la línea principal sean enlazadas mediante curvas de transición, pero el Ferrocarril Paraguay no tiene este tipo de curvas. Es por esto que se ve la necesidad de introducir estas curvas de transición para que de este modo se pueda incrementar la velocidad de los trenes hasta 95 Km/h. La no existencia de estas curvas afecta a la estabilidad tanto de la vía como del material rodante, y al mismo tiempo el viajar por estas vía resulta cansador e incómodo. Ahora bien, es necesario que las curvas de transición tengan una longitud de 400 veces mayor que el peralte o desnivel. Además, en caso de haber pendientes de más de 5%, es necesario que en los lugares de cambio a pendiente se introduzcan curvas verticales.

4) Rieles y accesorios.

a) En vista de que se prevé que, en el futuro, el tonelaje de paso anual será

de 4,500,000 toneladas, y considerando que el peso máximo por eje actualmente es de 14 toneladas, será preciso que los rieles tengan un peso de más de 40 Kg/m.

Los rieles de 30 Kg, además de que su resistencia ante el tonelaje de paso, peso por eje, velocidad de los trenes, etc., son muy poco convenientes desde el punto de vista de la mano de obra necesaria para el mantenimiento de la vía en el futuro.

El cambio de los rieles actuales con los de 40 Kg/m deberán efectuarse en orden correlativo empezando por Asunción y dirigiéndose hacia Encarnación. De entre los rieles que hayan sido cambiados por los de 40 Kg, se elegirán los que puedan ser vueltos a usar y se los aplicará para cambiarlos por los rieles desgastados de 30 Kg que se encuentran en los sectores donde por el momento no se efectuará el tendido de rieles de 40 Kg. Los rieles de 30 Kg ya muy usados no podrán volverse a usar.

- b) La longitud de los rieles actualmente en uso es de 7.3 a 12.2 m, pero para resolver el problema de transporte es necesario que se empleen rieles de 25 m de largo. En el caso del transporte ferroviario, no hay ningún inconveniente en que se acoplen 2 vagones descubiertos.
- c) En caso de que no haya más remedio que usar los rieles de 12.5 m de largo, será preciso que se los suelde en largos de 25 o 37.5 m antes de ser tendidos. Los métodos de soldadura que se recomiendan son; soldadura con gas a presión, soldadura a tope con arco, o soldadura al arco cerrado. Esto se debe hacer para eliminar en lo posible las juntas de los rieles las cuales complican demasiado el trabajo de mantenimiento.
- d) Actualmente, en la estructura de las vías, la parte inferior de los rieles están cubiertos por tierra; pero al terminarse la electrificación ya no habrá peligro de que los durmientes se quemen por el fuego lanzado por las locomotoras a vapor. Además, al introducir roca triturada como balastó, la resistencia de desplazamiento de los durmientes aumenta. Por lo tanto, se deben reformar las vías de manera que los rieles queden completamente en la superficie.
- e) Del mismo modo, cuando las juntas quedan enterradas, tanto las bridas como los pernos de la junta se corroen rápidamente, y esto origina la depresión de las juntas perjudicando gravemente el estado de las vías.
- f) El largo de los clavos de vía generalmente se determina según las dimensiones de los durmientes, pero es necesario que, juntamente con la dimensión de los durmientes, se los mejore y se instalen clavos cuya fuerza de extracción sea mayor que 600 Kg.

Mientras los durmientes sean nuevos, el largo de los clavos de vía actuales es suficiente, pero una vez que los durmientes se envejezcan, estos clavos resultan ser muy cortos.

5) Dispositivos de cambio.

- a) Actualmente, es una regla general que la totalidad de los trenes paren en todas las estaciones, y como la velocidad límite a 1 Km de distancia antes de la estación es de 20 Km/h, los actuales dispositivos de cambio no presentan ningún problema respecto a la velocidad. Sin embargo, paralelamente con el aumento de velocidad en el futuro y con la aparición de trenes directos, será necesario reforzar también los dispositivos de cambio.
- b) Actualmente, en la línea principal hay tantos cambios No. 7 1/2 como No. 10, pero todos los cambios No. 7 1/2 deberán ser cambiados por los No. 10.
- c) Los dispositivos de cambio actualmente en uso ya necesitan ser cambiados, y este cambio debe realizarse lo más antes posible dando prioridad a la línea principal.
- d) Los rieles para cambios, cuanto más pesados son, más facilitan el mantenimiento, por lo tanto los actuales cambios con rieles de 30 Kg deberán ser cambiados por cambios con rieles de más de 37 Kg/m. Especialmente, los cambios de la línea principal necesitan ser cambiados.
- e) Entre las agujas ya existentes, hay algunas que han perdido su punta. Esto en el peor de los casos puede ser causa de un descarrilamiento razón por la cual dichas agujas deberán ser cambiadas por otras nuevas.

6) Durmientes.

- a) Con el objeto de aumentar la capacidad de carga de la vía, es necesario que el número de durmientes actualmente tendidos, que es de 1,400/Km, sea aumentado a más de 1560/Km. Especialmente, es muy recomendable que el número de durmientes de las curvas se aumente en la brevedad posible.
- b) En vista de que el balasto, del cual trataremos más adelante, será de roca triturada, se deberá hacer que dicha roca triturada llegue hasta la superficie superior de los durmientes para de este modo facilitar el desagüe. Con esto se lograría aumentar la duración de los durmientes.
- c) Como las dimensiones de los durmientes actualmente en uso están basadas en el balasto, para disminuir la unidad de presión por superficie se están usando durmientes de gran ancho y largo obteniendo así una mayor superficie de presión. Sin embargo, estos durmientes no son muy gruesos, y de este modo es difícil aumentar la resistencia a la extracción mediante el uso de clavos de vía largos. Más aún, al hacer que los durmientes se expongan al aire libre al disminuir la tierra de los costados, la resistencia al desplazamiento lateral disminuye considerablemente. Para aumentar la resistencia al desplazamiento lateral y resistencia a la extracción de los clavos de vía en los sectores donde se introducirá roca triturada, los

durmientes a usarse deberán tener las siguientes dimensiones.

Durmientes comunes: Ancho 20cm x Espesor 14cm x Largo 240cm.

Durmiente especial
de cambio: Ancho 23cm x Espesor 14cm x Largo 250cm.

- d) En los puentes que no tienen balasto deberán usarse durmientes de 20cm x 20cm x 240cm; es decir, durmientes de las mismas dimensiones que los que se están usando actualmente en los puentes armados.
- e) Tal como lo hemos venido indicando hasta ahora, el porcentaje de durmientes deteriorados es muy alto; además, con la introducción de roca triturada en el balasto, la forma y dimensión de los durmientes actualmente en uso deberán ser reemplazados por otros nuevos al efectuar la reforma de la vía desde Asunción. En caso de que, de entre los durmientes recolectados, se tenga que usar una parte de los que todavía se encuentran en posibilidades de uso, estos durmientes deberán ser empleados en los sectores donde la rectificación de la vía se efectuará después.
- f) Una vez que se efectue la reforma de la vía y la introducción de roca triturada en la línea principal, sería muy conveniente que el método de soporte de las juntas de riel fuese el de "junta de riel apoyada", excepto en las juntas de los puentes sin balasto, cambios y juntas elásticas. Las dimensiones de los durmientes de junta que se usarán en las juntas apoyadas son; 14cm x 30cm x 240cm.
- g) En los sectores de curvas de pequeño radio se deberán usar silletas para resistir la presión lateral de los convoyes. El radio de las curvas que necesitan silletas varían según el peso por eje y características de los coches, pero en este caso es necesario que se usen silletas en las curvas cuyo radio es menor que 700 m.

7) Balasto

- a) La cantidad de sectores donde se usa roca triturada en el balasto es muy reducida. En las demás zonas o sectores también se deberá introducir de inmediato roca triturada para así mejorar el drenaje de agua, prolongar la vida de los rieles y durmientes, incrementar la velocidad de los trenes, disminuir el trabajo de mantenimiento y evitar el desprendimiento de la línea del equipo recolector de electricidad.
- b) El espesor del balasto debajo de los durmientes deberá ser de 200 mm.
- c) La roca triturada se deberá colocar hasta una altura igual al nivel superior de los durmientes, pues el introducir demasiada roca triturada resulta ser peligroso.
- d) Los granos de la roca triturada se deberán mantener siempre en un tamaño adecuado (más o menos 50mm, es decir de 15 a 65 mm). El gránulo actualmente en uso es demasiado grande, y si tomamos en cuenta

la resistencia al desplazamiento de los durmientes, distribución uniforme de la carga sobre la base y corrección de las vías, este balasto no resulta ser tan efectivo como debería serlo, al contrario viene a ser dañino.

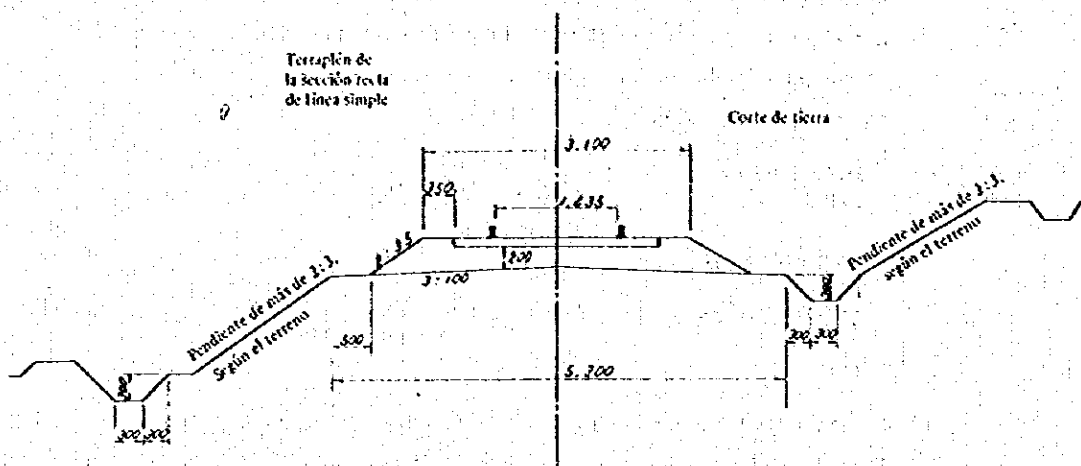
La dimensión de los granos de roca triturada para balasto deberá basarse en la siguiente tabla:

Diámetro de la criba	70mm	60	40	20	10
Porcentaje de peso de los granos que pasan por la criba	100%	80-100	25-60	3-10	0-3

- e) En las cercanías de las estaciones General Artigas, San Juan, Sapucay y Pirayú, del Ferrocarril, hay rocas que pueden servir para ser trituradas por lo que sería muy conveniente instalar los equipos de producción de roca triturada en estos lugares. Además, la roca triturada que se está usando para el pavimento de las carreteras tiene el tamaño adecuado para ser usado como balasto, por consiguiente se podría hacer un uso común de las instalaciones de producción.
- f) Aun después de la introducción de roca triturada, será necesario rellenar de 20 a 40 m³ de roca triturada por Km cada año. Además, para conservar la efectividad del balasto, será necesario cribar el balasto cada 5 ó 10 años.

(3) Asiento de la vía,

- a) Puesto que son muy pocas las trincheras grandes y los terraplenes altos, en el asiento de la vía no se necesitan grandes instalaciones de emergencia, excepto algunos lugares que en tiempo de lluvias se inundan y relavan afectando así a la normal operación de los trenes, y que por lo tanto necesitan de algunas medidas de emergencia.
- b) Desde San Salvador hasta las proximidades de Carmen es necesario rellenar de tierra para elevar el plano de formación, y también es necesario refaccionar las canaletas laterales.
- c) Las canaletas laterales a lo largo de toda la línea son simplemente canaletas excavadas, pero en el futuro será necesario instalar canaletas de concreto especialmente en los lugares que siempre están inundados.



(4) Puentes y alcantarillas.

La mayor parte de los puentes a lo largo de la línea son de madera, pero si consideramos la velocidad de los trenes y la carga de paso estimados, estos puentes deberán ser paulatinamente cambiados por otros de acero o concreto. Los puentes metálicos en existencia, por otra parte, ya tienen muchos años de uso y su capacidad de carga ha disminuido debido al deterioro y a la fatiga, por consiguiente, estos puentes también deben ser reformados de acuerdo a las necesidades.

(5) Pasos a nivel.

Con objeto de resguardar las canaletas de los pasos a nivel por donde circulan vehículos de carretera, se deberán emplear guardarietes y materiales de separación, y se deberá reforzar por lo menos con durmientes viejos. En el pavimento de los pasos a nivel de mayor circulación de vehículos de carretera, no solo bastará con tender rieles viejos, sino que se deberá asfaltar para que la vía se vea protegida contra los vehículos, y para que estos últimos puedan pasar suavemente. Todo lo anteriormente mencionado es muy importante para el incremento de velocidad de los trenes.

De entre las medidas tomadas por el Gobierno Paraguayo respecto al tráfico, una es que los trenes deberán pasar lentamente por los pasos a nivel, pero desde el punto de vista de la elevación de la velocidad de los trenes y aumento del volumen de transporte, es necesario que dicha medida se vuelva a considerar.

Por el contrario, lo que se debería hacer es dotar a los pasos a nivel con barreras u otros dispositivos de seguridad y limitar el paso de los vehículos de carretera.

(6) Cerramiento de la línea ferroviaria.

Si en las zonas donde existen animales sueltos no se cierran debidamente las vías férreas para evitar que dichos animales entren a la línea, sería muy peligroso aumentar la velocidad de los trenes.

Se debe considerar el hacer que el costo de mano de obra y reparación del cerramiento de la línea ferroviaria sea cargado a los propietarios de los animales.

(7) Instalaciones de las estaciones.

1) Andenes y edificios.

Es muy importante que se considere la refacción de estas instalaciones, no sólo con el objeto de mejorar el servicio hacia los usuarios, sino también para atraer más pasajeros. Pero, por el momento, lo que más apremia es la reforma de la vía y de la fuerza motriz, por lo tanto el mejoramiento de estas instalaciones debe ser para después del segundo proyecto.

2) Distribución de las líneas.

En caso de efectuarse la electrificación, el uso de placas giratorias y líneas triangulares se reducirá considerablemente, y la distribución de líneas se simplificará.

3) Edificios.

Primeramente se deberán refaccionar los edificios demasadamente deteriorados, y los demás deberán ser dejados para después del segundo proyecto. La iluminación necesaria para los trabajos se deberá renovar juntamente con la electrificación.

3-2-2 Establecimiento del sistema de mantenimiento.

(1) Organización del trabajo y número de operarios.

1) La organización de trabajo y el número de operarios (capataz y obreros, 0.6 pers. por Km) actuales, son perfectamente adecuados para el existente sistema de "reparación inmediata" que consiste en efectuar reparaciones cada vez que en la línea ferrocarrilera se presente algún desperfecto.

2) El sistema de "reparación periódica" que consiste en renovar y reparar completamente la vía a periodos fijos de tiempo entre los cuales no se hace ningún trabajo grande de refacción, comparado con el sistema de reparación inmediata, no necesita de mucho personal fijo en cada sector, y el trabajo diario se limita tan sólo a la inspección y a trabajos de reparación parciales; por lo tanto, se puede efectuar un trabajo planeado.

Sin embargo, como la fuerza resistiva de la vía varía periódicamente, es necesario que la estructura de la línea tenga un amplio margen de resistencia contra la carga de los trenes; además, como debido a las circunstancias de este país es muy dificultoso concentrar personal, sería muy conveniente que se continúe con el actual sistema de mantenimiento hasta que el volumen de transporte aumente considerablemente.

(2) Trabajo de mantenimiento.

1) Actualmente, las faenas asignadas a la sección de inspección (Inspector) y sección de trabajo (Director), están claramente divididas, pero como no hay

reglamentos que estipulen cuantitativamente el estado de las instalaciones terrestres, se teme que surjan desacuerdos entre estas secciones. Por lo tanto, es necesario que, a la brevedad posible, se establezcan "reglamentos de reparación" que estipulen cuantitativamente el estado de las instalaciones terrestres indicando, por ejemplo, la distorsión de la vía y otros, y "reglamentos de inspección" que determinen el contenido y frecuencia de las inspecciones.

- 2) Para elevar la velocidad de los trenes hasta 95 Km/h, no basta con sólo renovar los materiales de la vía, sino que también se debe efectuar una perfecta alineación de ésta para que la línea ferrocarrilera funcione debidamente. Por ejemplo, las distorsiones de la vía deben tener siempre valores menores que los indicados a continuación:

Ancho de vía:	6mm, -4mm
Plano de colocación:	Rectas 7mm, curvas (radio menor que 800m) 8mm.
Altibajo:	7 mm (con cordón de 10m)
Paso:	Rectas 7mm, curvas (radio menor que 800m) 9mm (con cordón de 10m)

- 3) Es necesario elaborar una estadística permanente sobre el material, resultados de la labor de mantenimiento, avería de los materiales, rieles dañados, etc. Con esto se podría efectuar una administración adecuada y económica de los materiales. Por otra parte, se deberá hacer un registro de las calamidades acontecidas y de las deformaciones de los edificios para que en base a estos datos se puedan tomar adecuadas medidas de emergencia.

(3) Disciplina y adiestramiento del personal.

Con el objeto de poder efectuar el trabajo de renovación y reforzamiento de la línea, y más aún, para llevar a cabo un trabajo de mantenimiento que esté de acuerdo con la futura elevación de velocidad de los trenes y con el aumento del volumen de transporte, es necesario que los inspectores y directores sean enviados al extranjero para que se entrenen en los métodos de trabajo y administración sobre la instalación, cambio, reparación, inspección, etc., de las instalaciones terrestres. Las materias y número de personas para el entrenamiento serían las siguientes:

Inspección de la vía	Más de 3 personas
Inspección de la vía	Más de 3 personas
Mantenimiento de la vía	Más de 3 personas
Administración de mantenimiento (elaboración de normas técnicas, plantamiento de	

proyectos de trabajo,

etc.)

Más de 3 personas

En Japón se ha preparado un sistema para llevar a cabo los entrenamientos arriba indicados.

Las personas que hayan sido adiestradas en el extranjero, además de enseñar lo aprendido a los operarios, deberán ocuparse de elevar la capacidad de mantenimiento.

(4) Instalaciones para el mantenimiento

1) Máquinas y herramientas para el mantenimiento

- a) En vista de que se puede disponer de suficiente intervalo de tiempo entre trenes, se deberán emplear zorras motor para el transporte del personal y material a las residencias de servicio, para que de este modo se pueda disponer de más tiempo para el servicio.
- b) Es muy importante que el capataz, y si es posible los obreros, empleen calibres con nivel de burbuja para así poder tener un conocimiento profundo del estado de la vía.
- c) Las máquinas y herramientas actualmente en uso son ya antiguos y están deteriorados, por consiguiente estos implementos también deben ser mejorados.

Es recomendable que en la zona electrificada se empleen apisonadoras para el apisonado del balasto.

- d) El mecanizar el servicio de mantenimiento es algo que debe tomarse en cuenta para cuando el costo de mano de obra aumente y para cuando falte personal de trabajo.
- e) Instalaciones de comunicación para el mantenimiento.

Una vez que el mejoramiento de la línea sea ejecutado y la velocidad de los trenes elevada, será necesario emplear teléfonos portátiles o teléfonos de línea para comunicarse con los inspectores, jefes de estación en casos de emergencia, y así efectuar un servicio de mantenimiento efectivo y seguro.

2) Base de mantenimiento

Es necesario que en ciertas estaciones se instalen líneas o vías de servicio para la carga y descarga de materiales y para estacionar las zorras motor, y almacenes para guardar las herramientas y materiales de mantenimiento.

3) Taller de reparaciones

En el taller de reparaciones de Sapucay se está efectuando un buen trabajo de reparación de los accesorios de las rieles, pero la refacción de los rieles en si y de los cambios no es suficiente. En la actualidad, si algún riel resulta dañado, se coloca una brida y ese riel se usa por tiempo indefinido, pero como ésta es una medida no muy plausible, sería recomendable que se cambie el riel averiado por otro y luego reparar el riel dañado en el taller de reparación de materiales de vía.

Los rieles dañados de la línea que nos ocupa ya han venido siendo soldados, pero el método empleado es el de soldadura aluminotérmica y soldadura al arco pero ambos métodos tienen sus defectos; por lo tanto, estos métodos deben abandonarse, y adoptarse la soldadura con gas a presión, soldadura de arco encerrado o soldadura a tope con arco.

En el futuro se deberá instalar un taller donde poder refaccionar los rieles dañados mediante corte y soldadura. Mientras no se efectúe un buen servicio de refacción de los rieles, será imposible mantener la vía en un buen estado.

Igual cosa se puede decir de los cambios, pues se ve la necesidad de mejorar la capacidad de refacción de cambios de los talleres de reparación, ya que al elevar la velocidad de los trenes, los cambios con demasiadas partes móviles y partes defectuosas sólo ocasionarían mayores daños.

3-2-3 Mejora y mantenimiento del material rodante

Se necesita cambiar todo el material rodante, incluso los coches locomotivos. El orden de cambio de material rodante estará de acuerdo con el plan de distribución de coches y vagones.

En cuanto a las locomotoras, hay que ir cambiándolas determinando un plan de electrificación y motorización a diesel. En el caso de electrificación, el instalar catenarias dentro de toda una estación resulta poco económico, por consiguiente, para las maniobras se emplearán las locomotoras a vapor que puedan usarse. En el futuro, cuando el volumen de transporte de carga aumente, en las estaciones terminales de carga será necesario emplear locomotoras de maniobra a diesel. Por otra parte, se necesita que el mantenimiento del material rodante se efectúe periódicamente para así poder dotar de seguridad al trabajo. Las partes componentes también deben estar bajo una perfecta administración, y se debe implantar un sistema que evite la escasez de estos materiales.

Es necesario también que el material rodante sea inspeccionado y reparado periódicamente. Para esto sería recomendable determinar que estos trabajos se efectúen cada cierto kilometraje recorrido o cada cierto período de tiempo. En el ítem 3-3-6 detallamos el aspecto de mejora y mantenimiento relacionados con la electrificación.

3-2-4 Plan de inversiones para las instalaciones terrestres

(1) Orden a seguirse en la mejora de las instalaciones terrestres

Siguendo el orden de mejoramiento de las instalaciones terrestres, lo primero que debe hacerse es mejorar la línea férrea desde Asunción hasta Encarnación. El problema más grande con el que actualmente se enfrenta el Ferrocarril, es el deterioro de la vía. Esto se podría comparar con un camino no pavimentado que se encuentra congestionado debido a las lluvias.

En vista de que la vía es un organismo base en los ferrocarriles; si no se efectúa la mejora de esta vía, no sería posible pensar en la introducción de material rodante nuevo ni en la electrificación que tiene por objeto el emplear energía en forma eficiente.

Considerando todo lo anteriormente citado y para que sea posible efectuar un trabajo o servicio eficiente de la vía, a continuación damos un ejemplo sobre el método y orden a seguirse en el mejoramiento:

- 1) Elevación de la línea férrea, por consiguiente, de los puentes que se encuentran en las zonas frías.
- 2) Mejoramiento y refuerzo de los terrenos sueltos
- 3) Arreglo de las canaletas laterales.
- 4) Mejoramiento de las curvas, uso de curvas de transición y curvas verticales.
- 5) Uso de roca triturada en el balasto, instalación de fábricas de roca triturada en la zona vía e introducción planeada de este material en los sectores ya mejorados y reforzados.
- 6) Aumento y cambio de durmientes, si fuese posible sería muy conveniente instalar equipos de producción de durmientes de hornigón, pero por el momento el reforzamiento será a base de durmientes de madera. Pero en este caso es necesario remodelar las locomotoras a vapor para evitar que el fuego lanzado por éstos afecte a los durmientes.
- 7) Renovación de los rieles. Se debe cambiar con rieles de 40 Kg/m a medida que se avanza con los trabajos indicados arriba desde el punto 1 hasta el 6.
- 8) En la mejora y reforzamiento de la vía, no basta con introducir materiales nuevos, sino que se debe crear un sistema de inspección y mantenimiento cotidianos.
- 9) Una vez que se lleve a cabo el mejoramiento de los pasos a nivel y renovación de la vía, y se logre el aumento de velocidad y se efectúe un servicio más frecuente, será necesario que, en los pasos a nivel de mucho tráfico de vehículos de carretera, se disponga de barreras operadas por un guardián de vía, o se instalen barreras automáticas con alarma para obtener mayor seguridad de tránsito.

Las condiciones necesarias para llevar a cabo lo mencionado arriba son las siguientes:

- 1) Entrenamiento y adiestramiento del personal en el extranjero (en el Japón se tiene preparado un sistema para esto), y entrenamiento dentro del país (en base a técnicos Japoneses) para tener expertos en este tipo de trabajo.
- 2) Establecimiento de un plan de ejecución de trabajo. Elaboración de un plan de trabajos de largo y corto plazo para llegar al objetivo contando con el personal y maquinarias necesarios.
- 3) Obtención de la maquinaria o equipo de trabajo en el siguiente orden:
① Equipo productor de roca triturada, ② rieles, accesorios y cambios, ③ Máquinas para el servicio de la vía, ④ Equipos para fabricar durmientes de concreto.

Ahora bien, sería muy conveniente renovar los rieles del tramo Encarnación - San Salvador, y reforzar el resto con los rieles en posibilidades de uso que resulten de este cambio para así economizar los gastos.

(2) Gastos para el reforzamiento de la línea

1) Plan de inversión

El plan de inversión debe ser trazado en base al presupuesto y a la capacidad de obra.

El método de ejecución de las obras de renovación y reforzamiento de las vías varía según el peso de los materiales de vía, intervalo de tiempo entre trenes y mecanización del trabajo. Pero como en la actualidad, la mano de obra en Paraguay es barata, sería muy recomendable que se emplee el método de ejecución basado en la fuerza humana. De este modo se lograría también, que mucha gente logre obtener ingresos económicos y también conocimientos técnicos.

En cuanto al costo de personal, costo de máquinas y equipos, costo de transporte de materiales y equipos, costo de obras de corrección del peralte, introducción de curvas de transición y verticales, elevación del asiento de la vía, arreglo de las canaletas de desagüe, mejoramiento de puentes y alcantarillas, etc., se necesita hacer un cálculo bajo un plan objetivo; por esta razón, aquí sólo calcularemos el costo del material de vía y el de la mano de obra necesaria para los trabajos.

2) Costo del material necesario para el reforzamiento de la vía:

El cálculo del costo del material necesario para reforzar la vía del tramo Asunción - Pacu Cua (376 Km), basándose en los precios del

Japón (Mayo, 1974) es como sigue:

a) Rieles y accesorios

Rieles de 40 Kg/m y 25 m de largo para la línea principal;

$$376 \text{ Km} \times 80 \text{ t/km} \times 60,000 \text{ Y/t} = \text{Y}1,804,800,000$$

Bridas;

$$376 \text{ Km} \times 160 \text{ c/km} \times 2,000 \text{ YC/V} = \text{Y}120,320,000$$

Pernos, tuercas y arandelas para las bridas;

$$376 \text{ km} \times 320 \text{ c/km} \times 300 \text{ YC/V} = \text{Y}36,100,000$$

Clavos de vfa;

$$376 \text{ km} \times 6,240 \text{ C/km} \times 50 \text{ YC/U} = \text{Y}117,310,000$$

Silletas para curvas de menos de 700 m de radio;

$$70,000 \times 260 \text{ YC/U} = \text{Y}18,200,000$$

Total en rieles y accesorios;

$$\text{Y}2,097,000,000.$$

b) Dispositivos de cambio

Para que todos los dispositivos de cambio sean del tipo No. 10, para rieles de 40 kg, se necesita reemplazar 70 juegos;

$$70 \times 1,200,000 \text{ Y/juego} = \text{Y}84,000,000.$$

c) Durmientes

Para cambiar todos los durmientes de las vfas, principal y de espera, se necesitan 610,000 durmientes de dimensiones nuevas;

$$610,000 \times \text{Y}4,300 \text{ C/U} = 2,623,000,000$$

d) Roca triturada para balasto

El balasto de la línea principal tendrá un espesor de 200 mm debajo de los durmientes, por lo tanto;

$$1,290 \text{ m}^3/\text{km} \times 376 \text{ km} \times 2,000 \text{ Y/m}^3 = \text{Y}970,000,000$$

e) Sumando todos los resultados anteriores, tenemos; $\text{Y}5,773,810,000$.

Entonces, el costo de materiales por kilómetro en los 376 km del tramo Asunción - Pacu Cua sería;

$$\text{Y}15,360,000 \text{ c/km}.$$

3) Mano de obra necesaria para reforzar la vía.

En caso de que la labor de renovación de la vía se base en fuerza humana, el número de personas por kilómetro varía según el intervalo de tiempo entre trenes que permita trabajar cierta longitud por día. Si nos basamos en el actual horario de trenes, se ve que hay muchas días en los que se puede trabajar mas de 8 horas; en este caso el número de operarios y

obreros al día sería de 650 personas por Kilómetro.

3-3 Proyecto de electrificación

3-3-1 Plan básico

(1) Alcance del proyecto de electrificación

El tramo a electrificarse sería el de Asunción - Encarnación - Pacu - Cua (línea sencilla de 376 Km), y se dejaría de electrificar el tramo San Salvador - Abai (línea sencilla de 63 Km) del ramal de Abai.

(2) Sistema de electrificación.

Se empleará el sistema de alimentación con autotransformador (AT) 1:2, con 25 KV de tensión en la línea de contacto y una tensión de alimentación de 75 KV de C. A. de 50 Hz.

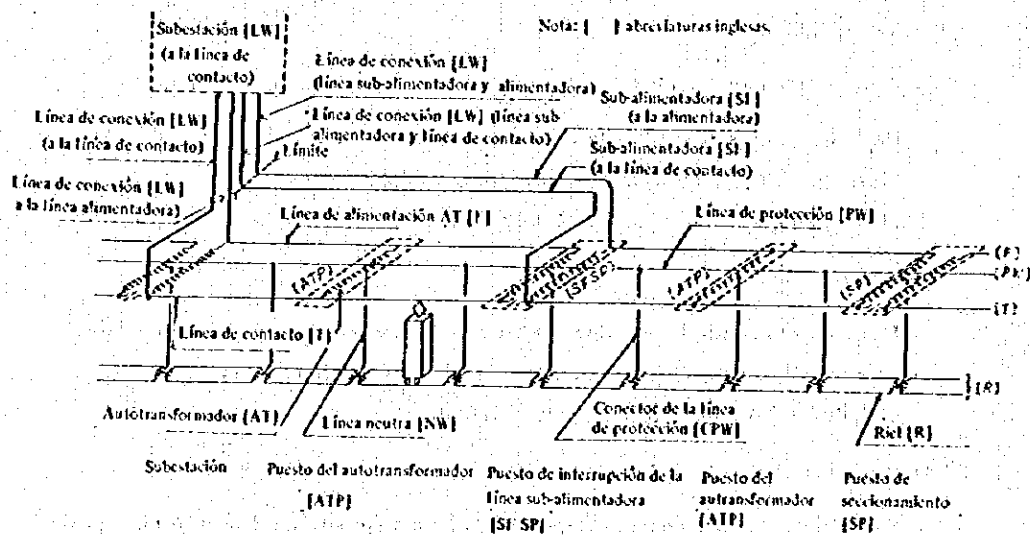


Fig. 3.3.1-1 Denominación de las instalaciones relacionadas con el sistema AT.

(Referencia)

Sobre el sistema de alimentación AT.

Este sistema es un circuito monofásico trifilar en el que la línea aérea (línea de alimentación) debidamente aislada, en igual forma o mejor que el aislamiento entre líneas de contacto, está conectada con los terminales de autotransformadores instalados a lo largo de la vía a más de 8 Km de distancia entre sí, y el arrollado central de estos AT están conectados con los rielés. La ilustración de este sistema está en la figura 3.3.1-2.

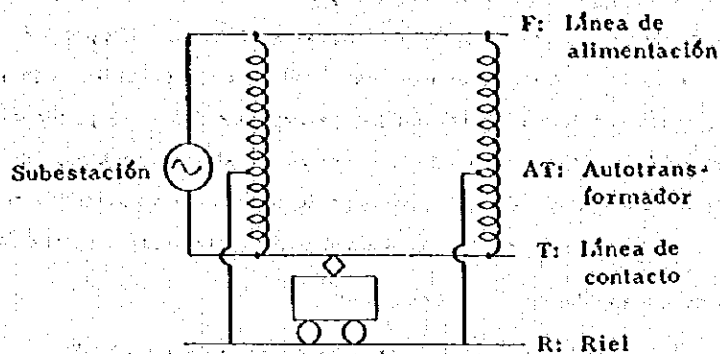
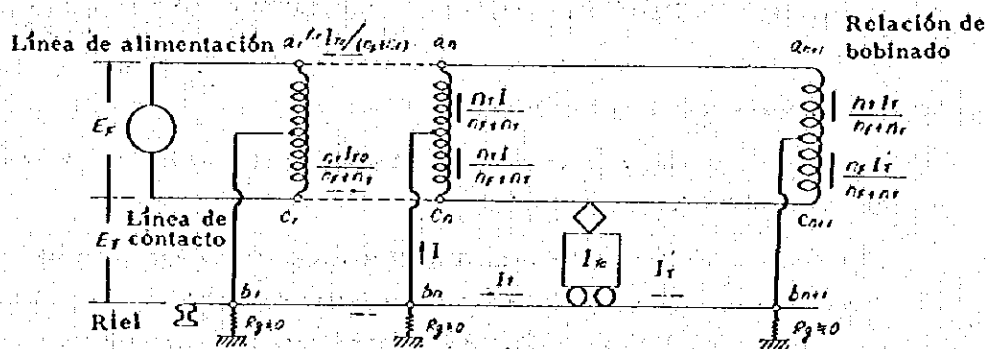


Fig. 3-3-1-2 Diagrama de la estructura del circuito de alimentación AT

La distribución de la corriente en el circuito de alimentación AT es la siguiente:



Las características del circuito de alimentación AT son las siguientes:

- (1) Debido al efecto de succión del AT, la corriente de retorno que circula por los rieles va en sentido contrario al del sector AT donde se encuentra el tren. Además, la corriente del sector en el lado de la fuente de alimentación resulta ser casi cero; por consiguiente, se hace posible reducir la interferencia por inducción de las líneas de comunicación que se encuentran instaladas paralelamente con la línea catenaria.
- (2) Al mismo tiempo que se puede obtener una disminución de la inducción igual que el sistema de transformador de succión, en este sistema no se necesita seccionar la línea de contacto como en el sistema de succión que necesita secciones para la introducción de los transformadores. Por esta razón, se disminuyen los lugares de producción de chispas eléctricas en el pantógrafo elevándose, de este modo, la confiabilidad de recolección eléctrica.
- (3) Puesto que en este sistema es posible cambiar la relación de arrollado del AT sin importar la tensión de la línea de contacto, se puede elegir libremente la

tensión de alimentación dentro del margen permitido por la estructura de la línea férrea y por la distancia de reparación de aislamiento. Por consiguiente, la caída de tensión de la línea catenaria se reduce. Empleando esta característica, es posible efectuar una alimentación a gran distancia con sólo instalar subestaciones de alimentación en los lugares donde se puede obtener una fuente de energía de mayor capacidad, y así poder alimentar a los sectores que, al efectuar la electrificación, carezcan de fuerza en su sistema de alimentación. De este modo, se puede llevar a cabo una electrificación mas económica.

(3) Plan de operación de los trenes

En vista del estado actual del sistema de energía de ANDE, del cual se recibirá electricidad para las subestaciones destinadas a la operación de los trenes, no queda más que dividir el proyecto de electrificación en dos etapas. Por esta razón, tomando en cuenta el empleo de coches de pasajeros y vagones de carga, los coches motrices serán del sistema concentrado (sistema basado en locomotoras eléctricas), pero el sistema de distribución motriz (basado en coches eléctricos) se lo dejará para después de terminada la electrificación de toda la línea.

(4) Instalaciones de la fuente de energía

La recepción de electricidad se efectuará directamente de la línea de transmisión eléctrica de 220 KV de la ANDE.

La instalación de línea de transmisión eléctrica hasta las subestaciones estará a cargo de la ANDE. La fuerza eléctrica trifásica de 220KV recibida, deberá ser convertida en monofásica de 82.5 KV mediante tres transformadores monofásicos. La corriente eléctrica así transformada, será bajada hasta 27.7 KV mediante autotransformadores para luego ser suministrada a la línea de contacto.

Entre las subestaciones se instalarán puestos de seccionamiento de alimentación para posibilitar la extensión de alimentación en caso de corte de energía eléctrica. Además, se tratará también de efectuar una distribución eléctrica monofásica a los lugares no iluminados de la zona vía empleando la línea de alimentación.

(5) Sistema catenario

Este sistema será el de catenaria simple, y la línea de contacto estará sostenida normalmente por ménsulas o pescantes móviles y aproximadamente cada 20 Km se instalarán autotransformadores (AT). La línea de alimentación y la de protección compartirán los postes de sujeción de la línea de contacto. Además, puesto que la línea de alimentación tiene una diferencia de potencial de 55 KV respecto a la tierra, se tratará de mantener la separación estipulada para el aislamiento (más de 2 m), pero en caso de que por motivos de obra o construcción no se pueda asegurar esta separación, estos lugares deberán protegerse adecuadamente.

Los pasos altos y líneas eléctricas que cruzan la vía o van paralelas con ésta, deben también mantener la distancia estipulada; pero si no se puede obtener la separación necesaria, estas líneas deben ser renovadas.

Por otra parte, la separación de aislamiento mínima que debe haber entre la línea de alimentación y las conexiones a tierra es de 550 mm, y entre la línea de alimentación y la línea de contacto, más de 800 mm.

(6) Instalaciones de telecomunicación

Los hilos desnudos de telecomunicación, instalados paralelamente con la línea carrilera, deben ser cambiados por cables blindados. La renovación de las líneas de propiedad del ferrocarril deben ser renovadas juntamente con la renovación de los circuitos de ANTELCO; después de esto, los circuitos que vengán a ser necesarios para el ferrocarril deberán ser alquilados de ANTELCO.

(7) Proceso de las obras

Debido al estado del sistema de suministro de energía eléctrica, a la operación de los coches y al desvío de la ruta en las cercanías de Encarnación, no se podrá terminar la electrificación antes de lo previsto aunque se apresuren las obras. Este tiempo de terminación trata sobre la terminación, por ANDE, de la segunda ruta de transmisión eléctrica de 220 KV entre Asunción y Acaray, y la terminación de la segunda etapa de los trabajos de la subestación de Acaray, (estas obras están comprendidas en el tramo Asunción - San Salvador); por otra parte, trata también sobre el cambio de ruta de la línea inundada por la obra de la represa del tramo San Salvador - Encarnación, y sobre la terminación de la subestación en las proximidades de Apípe. Si es que el aumento de fuentes de energía eléctrica avanza según lo previsto, se espera que el presente proyecto se verá realizado en el año 1976 para el tramo Asunción - San Salvador, y en el año 1982 para el tramo San Salvador - Encarnación.

Por otra parte, el tiempo necesario para las obras de electrificación es de 5 años, es decir, 1 año para elaborar el proyecto y los diseños, y 4 años para la realización de los trabajos.

3.3-2 Instalaciones de suministro de energía eléctrica

(1) Fuente de alimentación

1) Sistema de la fuente de alimentación

La energía eléctrica será suministrada por ANDE.

Respecto al tramo Asunción - Villarrica, en la actual línea de transmisión de 220 KV no hay sino sólo 150 MVA de capacidad de cortocircuito aun en la línea ómnibus de las subestaciones Coronel Oviedo y San Lorenzo,

por lo cual es difícil mantener dentro de 2% el valor permisible de desequilibrio de la fuente de alimentación como lo desea ANDE. Por lo tanto, se consideró la ramificación desde la línea de transmisión de 220 KV de Villarrica cuya terminación está prevista para el año 1976.

Esta línea que está por ser instalada, y para su conexión con Ypane tendrá que cruzar en algún lugar con el tramo Villarrica - Asunción. Por consiguiente, deseáramos que la subestación de alimentación sea instalada en el punto de cruce de esta línea con la vía.

Por otra parte, el obtener una fuente de energía eléctrica para el tramo Villarrica - Encarnación es muy difícil; pero como se tiene proyectado el desvío de la ruta del ferrocarril en Yacyreta, y también la construcción de la represa de la planta hidroeléctrica de Apipe para 1982 proponemos que se reciba la energía de 220 KV desde esta planta.

2) Estimación de la carga de los trenes.

Este cálculo lo efectuaremos en base al horario futuro anteriormente mencionado en el cual se estimó que el volumen de transporte será de 10 veces más que el actual.

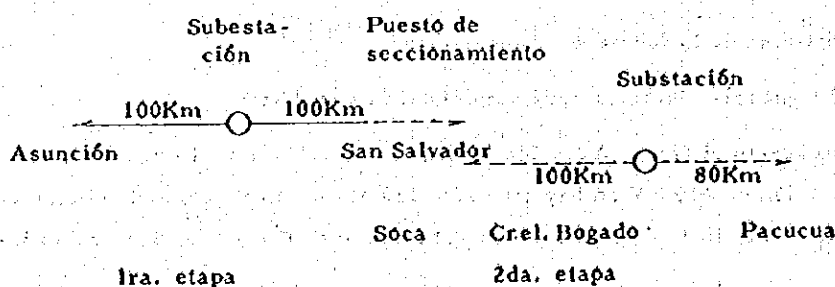
Las locomotoras a usarse deberán ser capaces de remolcar 500 toneladas un el caso de coches de pasajeros, y 1000 toneladas en el caso de vagones de carga. Para esta estimación hemos tomado como modelo las características de las locomotoras ED75 que son las que más se parecen a las estimadas en cuanto a capacidad. Estas locomotoras, entre otras, actualmente están siendo usadas en Japón. (Corriente máxima de arranque 170A, corriente balanceada 40A)

3) Localización de las subestaciones para alimentación

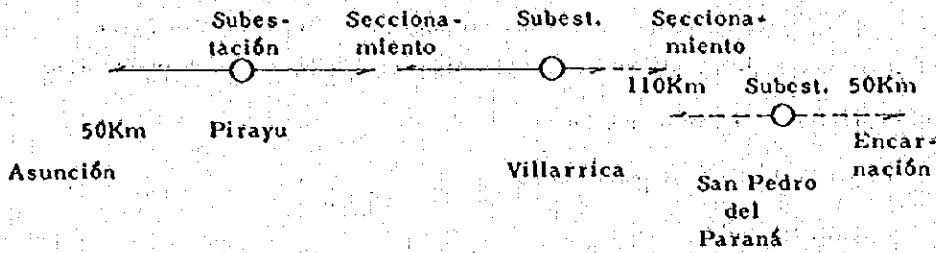
Actualmente se dispone de fuentes de energía eléctrica desde Asunción hasta Villarrica, pero más hacia el sur será necesario construir grandes líneas de transmisión eléctrica para las subestaciones.

Por consiguiente, para toda la línea (376 Km) presentamos dos alternativas sobre las subestaciones; es decir, estas alternativas tratan sobre el estudio de instalación de 2 y 3 subestaciones de alimentación.

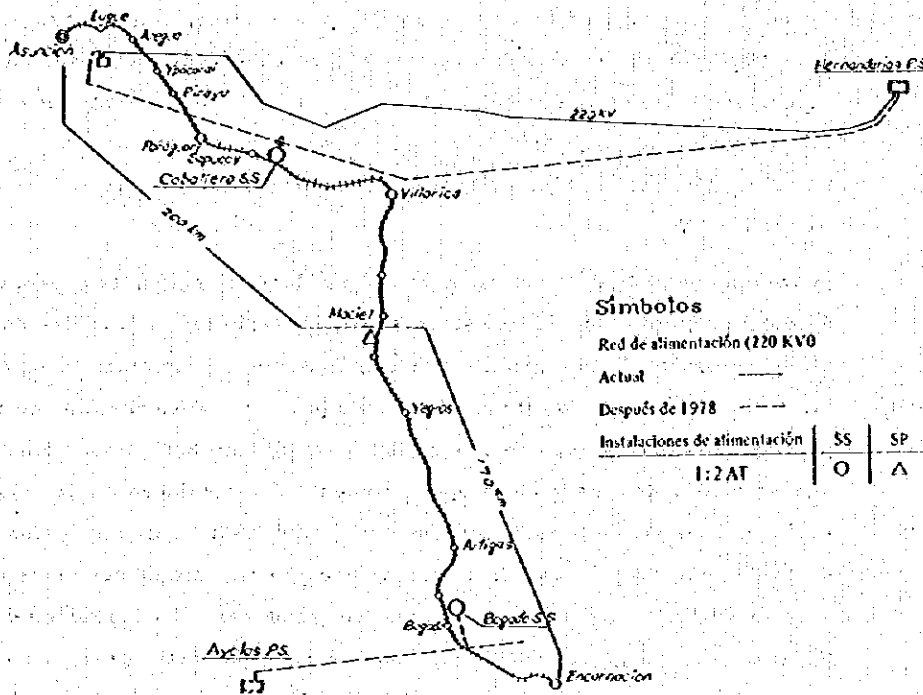
Alternativa 1 (2 subestaciones):



Alternativa 2 (3 subestaciones):



Como resultado, el área afectada cuando ocurre algún accidente en una de las subestaciones, resulta ser grande, pero considerando el uso del sistema AT 1:2, el costo de instalación de 2 subestaciones es mucho más barato; por esta razón recomendamos que se adopte la alternativa 1.



3-2-2 Localización de la zona a electrificarse del Ferrocarril Paraguayo

4) Efectos de la carga desbalanceada

En vista de la dificultad en saber exactamente la estructura del sistema de transmisión y la capacidad de energía eléctrica de la ANDE cuando se efectúe la electrificación, este cálculo lo efectuamos bajo la hipótesis de que las dos generadoras de Acaray y la línea de transmisión de 220 KV entre Asunción y Acaray ya están terminadas.

Como resultado, se estima que la capacidad de cortocircuito del lado primario de la subestación de alimentación será de aproximadamente 300 MVA. En vista de que se estima que la carga monofásica al operar los

trenes tendrá un máximo de 6000 KVA, se piensa que el porcentaje de desequilibrio en el momento de carga máxima instantánea será de 2%.

Por otra parte, en cuanto a la subestación Cnel. Bogado no se puede determinar nada ya que no hay ningún proyecto de fuente de alimentación.

(2) Subestaciones de alimentación

1) Capacidad de las subestaciones

<u>Localización de las subestaciones</u>	<u>Carga</u>	<u>Capacidad</u>
Caballero	12,000 KVA	10,000 KVA x 4
Cnel. Bogado	12,000 KVA	10,000 KVA x 4

2) Sistema de transformación de las subestaciones

La carga de operación no es tan grande, por lo tanto, con una carga de esta magnitud bastaría con recibir 66KV, pero como la capacidad de cortocircuito de la fuente resulta muy pequeña, se presentan los problemas de desequilibrio de tensión y variación instantánea de tensión. Por esta razón, no queda más remedio que recibir directamente 220KV.

Si recibiendo 220KV, en el momento de la electrificación, la capacidad de cortocircuito es de 300MVA, no será necesario tomar medidas contra el desequilibrio de la tensión. Por consiguiente, el sistema de conmutación de trifásico a dos fases, será sólo para la transformación de tensión, y de las tres fases se usarán 2 sin ningún cambio. Pero como las subestaciones destinadas a la operación estarán instaladas en dos lugares, sería muy conveniente instalar 3 unidades monofásicas de las cuales una sería de reserva para evitar cortes de energía en caso de accidente o para facilitar la inspección de los transformadores. La capacidad de los transformadores es suficiente con 6000KVA por fase, pero como el precio de los transformadores de 10,000 KV es casi igual, y considerando el futuro aumento de carga y el suministro de energía a los sectores no iluminados, será muy conveniente usar unidades de por lo menos 10,000 KVA.

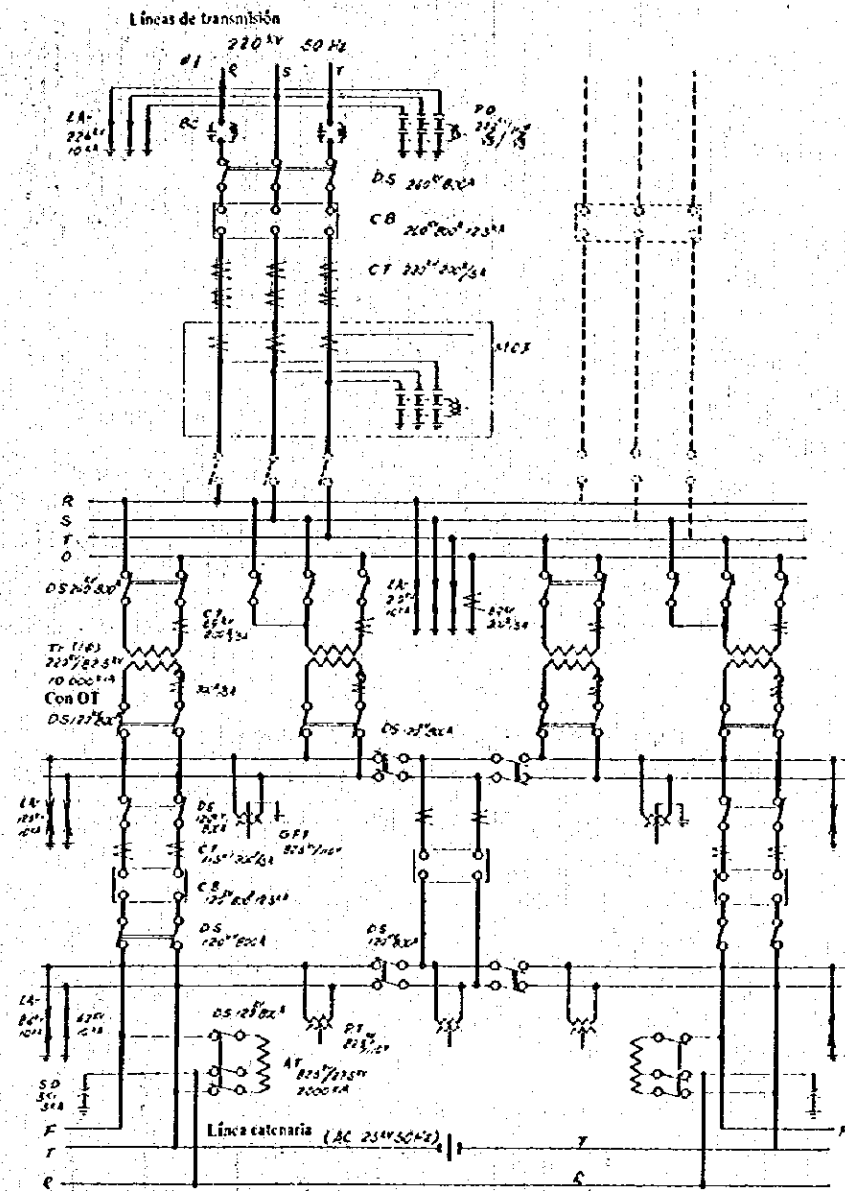


Fig. 3.3.2-3 Diagrama de conexiones de las subestaciones para alimentación con corriente alterna.

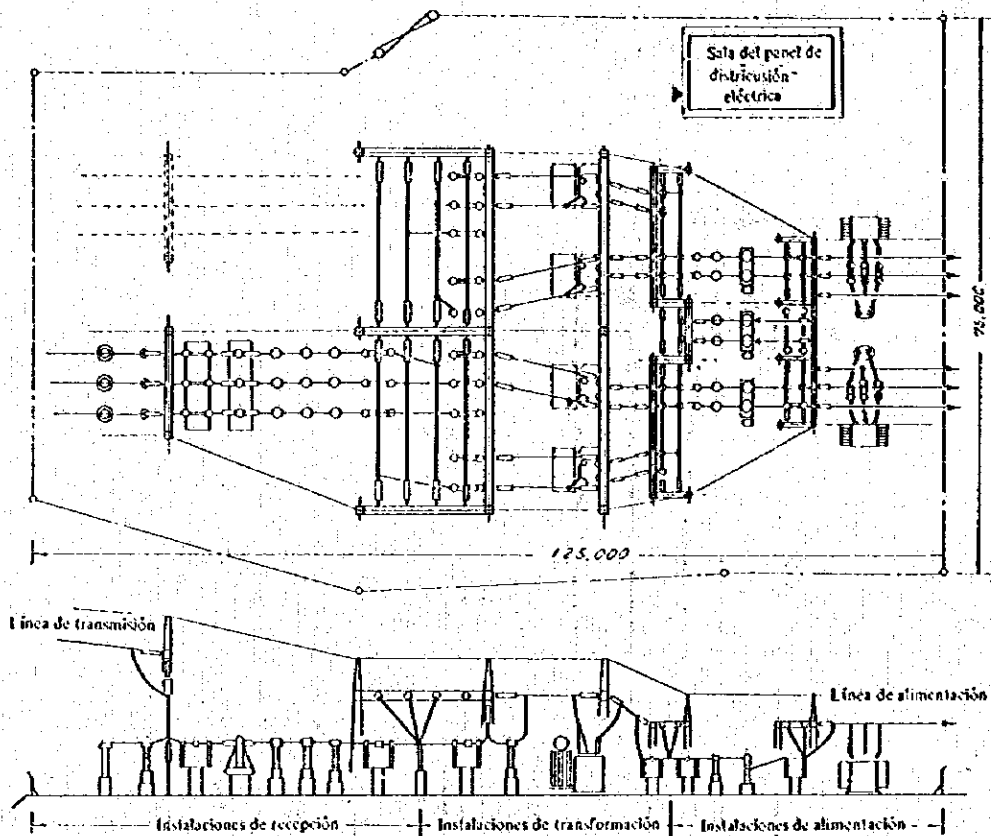
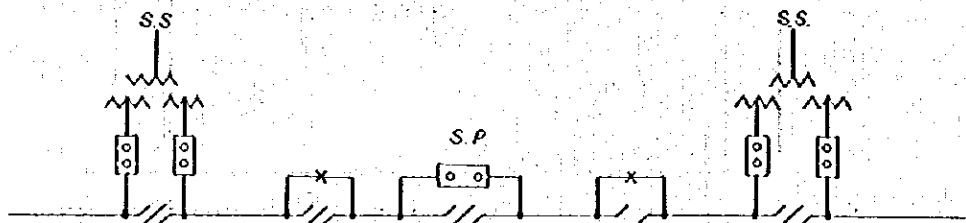


Fig. 3.3.2-4 Plano de la disposición de los equipos de la subestación para alimentación con corriente alterna.

(3) Sistema de alimentación

1) Estructura



Símbolos

- //— Sección sin tensión
- /— Sección
- [o]— Interruptor
- x— Seccionador

Puesto que los trenes pasarán por las secciones sin tensión, estas secciones deberán situarse en lugares sin pendiente o lugares donde no se necesita impulso.

En Asunción, Sapucay, San Salvador, Encarnación, que serán depósitos de las locomotoras eléctricas, la alimentación de energía será suministrada a través de seccionadores. Este mismo método será empleado en las vías de servicio de las estaciones de carga donde se efectuarán las cargas y descargas de los trenes.

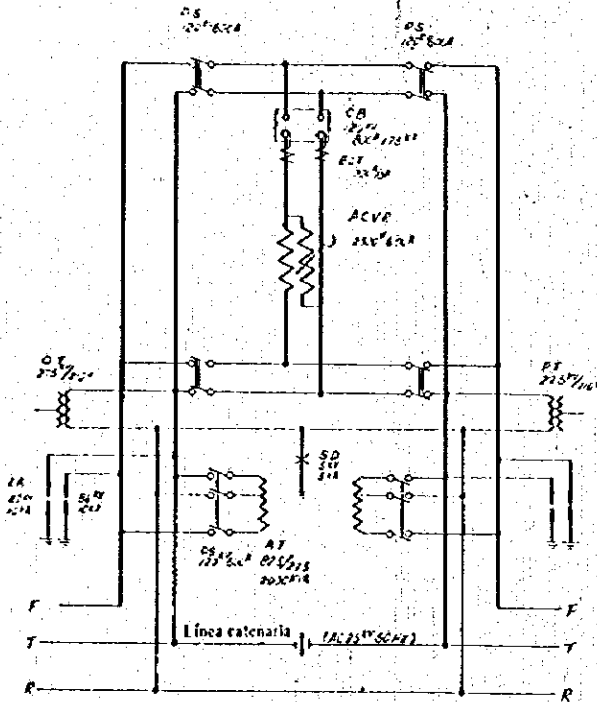


Fig. 3.3.2-5 Diagrama de conexiones del puesto de seccionamiento

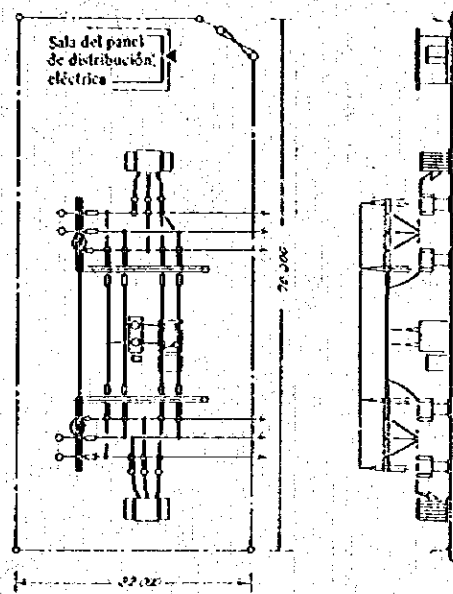


Fig. 3.3.2-6 Plano de la disposición de los equipos de seccionamiento

2) Tensión de alimentación

Para emplear el sistema de alimentación AT 1:2, las tensiones provenientes de la subestación cuando no hay carga serán:

Línea de alimentación AT - Línea de contacto	82.5 KV
Línea de alimentación AT - Riel	55.0 KV
Línea de contacto - Riel	27.5 KV

El rango de tensión de la línea de contacto con carga (línea de contacto-riel) será de 27.5 KV - 19.0 KV. Pero la tensión mínima instantánea no

deberá ser menor que 17.5 KV. La caída de tensión de la línea en el momento de carga máxima será como se indica en el siguiente diagrama.

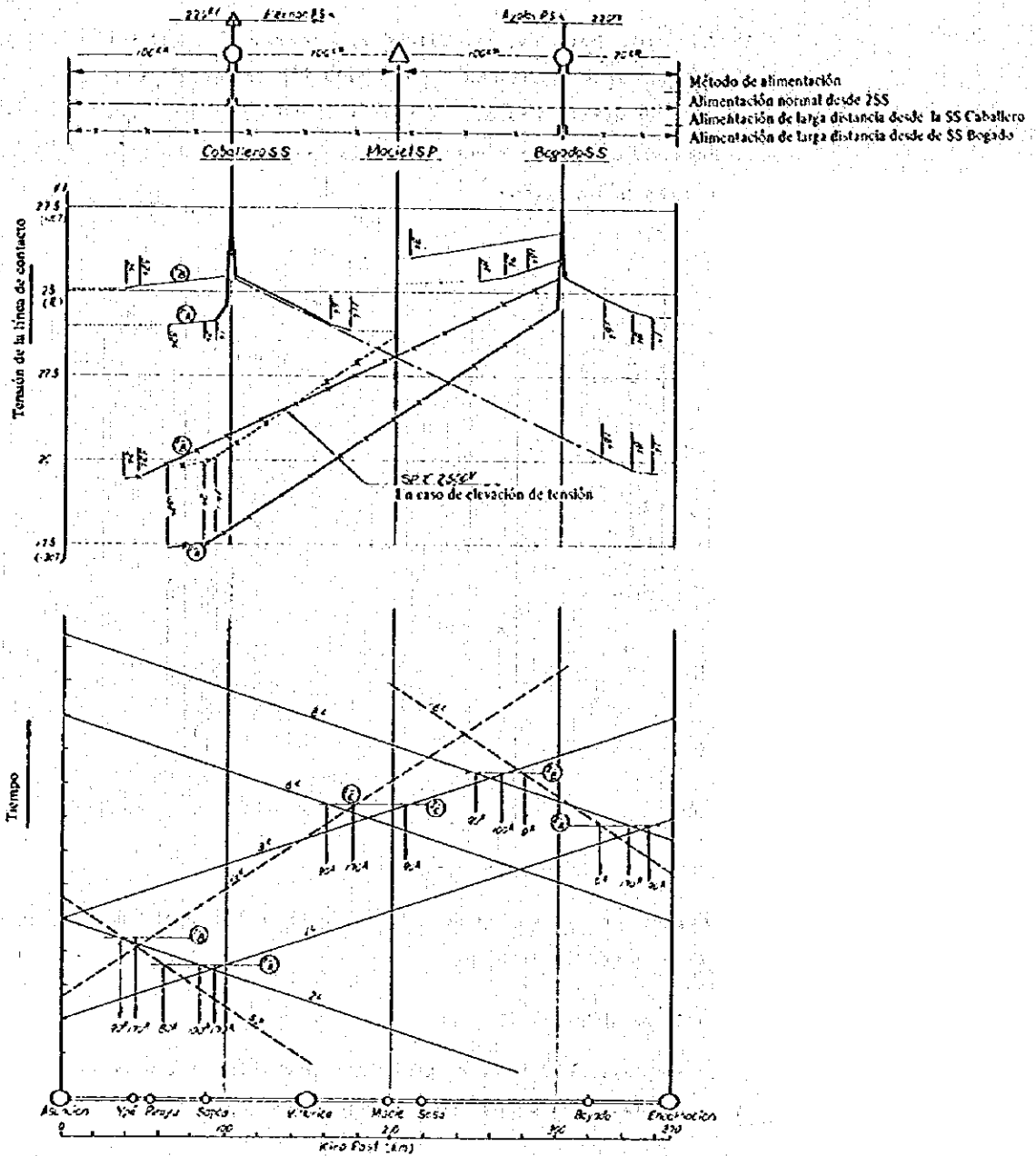


Fig. 3.3.2-7 Diagrama de caída de tensión de la línea de contacto. (Alimentación AT 1:2)

3) Corriente en caso de accidente

La corriente en caso de accidente del circuito de alimentación será aproximadamente la siguiente. (Omitimos el cálculo)

A) En caso de que el accidente ocurra muy próximo a la subestación (275 KV Base)

$$I_S = 2060A$$

B) En caso de que el accidente ocurra a 100 Km del extremo terminal de alimentación.

$$I_S = 1220A$$

3-3-3 Línea catenaria

Las condiciones climatológicas son relativamente buenas. Casi no hay ventarrones fuertes, y aunque los haya, éstos son de menos de 30 m/seg.

(Viento máximo registrado 39 m/seg.)

Por tanto, será suficiente que la línea catenaria sea diseñada para soportar vientos de 30 m/seg.

En cuanto a la temperatura, ésta es muy variable, por lo tanto habrá que considerar debidamente la dilatación y contracción debidas a la temperatura.

Respecto al terreno, la mayor parte está formada por pampas, y se ven pocos lugares rocosos. Además, a ambos lados de la vía, a excepción de una parte, hay bastante terreno libre. Por lo tanto, los lugares que ofrecen dificultad a la erección de los postes y materiales de sejección son muy pocos.

(1) Normas de las instalaciones

Se ha proyectado que los trenes operarán a una velocidad máxima de 95 Km/h, y como sistema de la línea catenaria se empleará el de catenaria simple sostenida por ménsulas móviles.

En la línea de contacto y línea de suspensión se instalarán dispositivos de ajuste automático de tensión.

En los sistemas catenarios de lugares donde los trenes correrán a menos de 45 Km/h, tales como líneas de servicio y líneas de estacionamiento, se usará el sistema de suspensión directa.

1) Materiales de sujeción

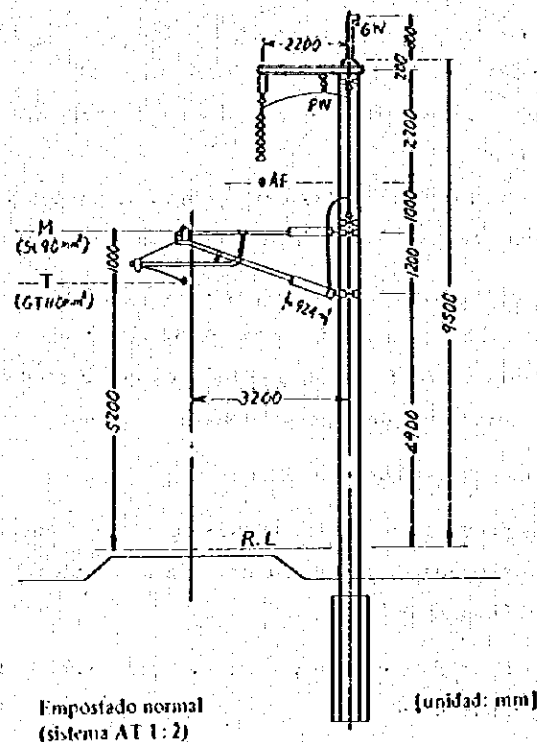
Los postes de sejección serán principalmente de concreto armado, excepto los de los puentes, los de la estación de Asunción y los de algunos sectores especiales.

El gálibo de obras es de 2.0 m desde el centro de la vía. En cuanto a la erección de los postes, fuera de este gálibo de obras, no hay ninguna determinación especial. Por lo tanto, la separación normal entre el centro de la vía y la superficie interna de los postes será de más de 2.450 mm.

Sin embargo, las partes de la vía que compartén con caminos carreteros deberán ser conmutados a vías exclusivas, pero si esto no es posible, se deberá pensar en una estructura especial para los soportes de la línea catenaria. En este caso se deberá considerar el uso de algunas casas a ambos lados de la vía para sujetar la línea catenaria. Si esto se hace necesario, se deberá estudiar detenidamente sobre el método de protección eléctrica.

Además, el método de sujeción de la línea aérea de las estaciones será el de ménsula móvil, excepto en los lugares donde no se puede obtener la separación adecuada entre líneas.

Empostado básico



2) Línea de contacto

El sistema de la línea de contacto será el de catenaria simple con una luz normal de 60 m.

Las líneas eléctricas a usarse serán:

- | | |
|----------------------|--|
| Línea de suspensión; | alambre trenzado de acero galvanizado. |
| Línea de contacto; | alambre de cobre duro con muesca circular. |

La tensión de estos alambres será de 1.000 kg.

La luz entre postes en las curvas será disminuida de acuerdo al radio de estas curvas. En las curvas de 1,600 a 800 m de radio, la luz será de 50 m; en las de 800 m a 500 m, será de 40 m; y en las curvas de menos de 500 m de radio esta luz será de menos de 30 m, y se tratará de que el desplazamiento de la línea catenaria esté dentro de los límites permisibles. Estos dispositivos de ajuste de tensión emplearán el método de poleas, y tirarán tanto de la línea de suspensión como de la línea de contacto. Además, el rango de regulación será para menos de 800 m de línea de suspensión, para lo cual estos dispositivos estarán instalados en ambos extremos de una línea de suspensión de 1500 m de longitud.

Antes de las subestaciones y puestos de seccionamiento es necesario instalar secciones de desfase. Estas secciones tendrán la línea de suspensión aislada con aisladores, y la línea de contacto aislada con elementos aisladores de madera por donde pueda pasar el pantógrafo colector sin ningún problema.

3) Línea de alimentación

La línea de alimentación sistema AT 1:2, estará sostenida por brazos metálicos y por aisladores.

La clase de línea a usarse para la línea de alimentación será la AL SR de 160 mm² con un aislamiento equivalente a 60 KV.

4) Línea de protección

Con objeto de detectar accidentes y cortar inmediatamente la fuente de energía, en la línea catenaria se instalará una línea aérea de protección. Para que esta línea trabaje también como pararrayos, irá instalada en la parte más alta de los postes. El alambre a usarse será ACSR de 58 mm² u otro mejor.

5) Transformador AT (Autotransformador)

Para disminuir la caída de tensión y tomar medidas contra las interferencias, por inducción de la línea de contacto, se instalarán autotransformadores de 82.5KV/27.5KV de 2,000 KVA cada 20 Km de distancia.

(2) Alcance de la línea aérea

Los rieles sobre los cuales se instalará la línea aérea serán los de la línea principal y los de la línea secundaria. Por otra parte, en cuanto a las líneas de servicio de las estaciones, se instalarán líneas aéreas sólo donde sean muy necesarias para la operación.

(3) Altura de la línea aérea y gálibo de edificaciones

La separación de aislamiento desde la línea de contacto deberá ser normalmente de 30.0 mm con un mínimo de 280 mm. La altura del gálibo límite de

carga del Ferrocarril Paraguayo es de 4,400 mm. Agregando a esta altura la del pantógrafo plegado que es de 100 mm, resulta un total de 4,500 mm.

Si se conserva la separación mínima de aislamiento, la altura mínima de la línea de contacto desde la superficie de los rieles sería de 4,780 mm.

Felizmente, en el sector a electrificarse hay muy pocas edificaciones superiores; pues los únicos lugares serían, el paso superior de la estación de Asunción (5.000 mm) actualmente fuera de uso, el paso superior de Sapucay (4.930 mm) y 3 armaduras de puentes (5,6000 mm). De entre estas estructuras, la de Asunción puede ser retirada, y la de Sapucay puede ser refaccionada y reformada. Por lo tanto, los únicos obstáculos para la línea de contacto serían las armaduras de los puentes.

Sin embargo, el gálibo límite de estructuras bastará que tenga algo más de 5,300 mm de alto, pues sumando la altura mínima de la línea de contacto más la altura mínima necesaria para el dispositivo de suspensión, tenemos $4,800 + 500 = 5,300$ mm, por consiguiente, los puentes mismos dejan de ser un verdadero obstáculo.

Por lo tanto, la altura mínima de la línea catenaria será de 4,800 mm y la altura normal 5,200 mm.

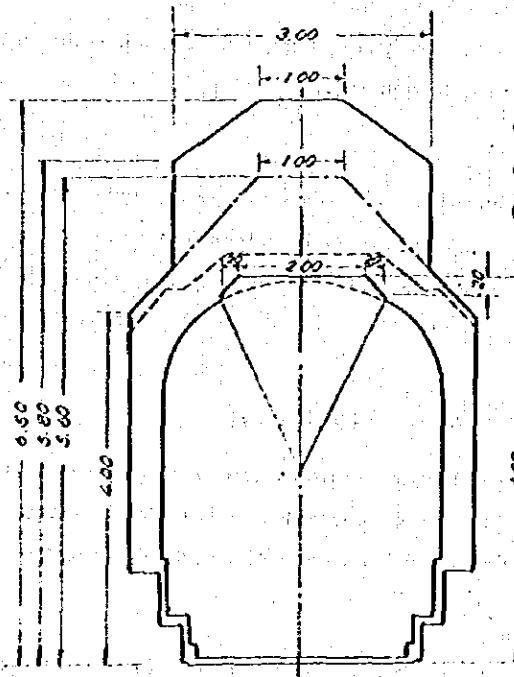


Fig. 3.3.3

Gálibo límite de carga y gálibo de obras
(Sector de electrificación)

----- Gálibo antiguo

----- Gálibo en puentes en caso de que el dispositivo de suspensión tenga una estructura especial.

NOTA: La parte inferior del gálibo antiguo indicado por se la dejará como está.

3-3-4 Plan de trabajo

De acuerdo con todo lo anteriormente tratado sobre las fuentes de alimentación, cambios de vía, etc., este trabajo se dividirá en dos períodos o etapas. A continuación trataremos sobre cada uno de estos períodos.

(I) Instalaciones de las fuentes de alimentación

En el primer período se efectuará la construcción de la subestación de Caballero, y en segunda etapa se construirá la subestación de Cnel. Bógado. En la primera etapa, la subestación estará operada en el mismo sitio, pero en el segundo período se instalará en Asunción un puesto de control central desde el cual se operarán a control remoto las dos subestaciones.

1) Subestaciones

	Itemés	Proyecto del 1er. período	Proyecto del 2do. período
SISTEMA DE RECEPCIÓN ELÉCTRICA	Transformadores para alimentación (Monofásico 220KV/82.5KV, 10,000 KVA)	4	4
	Interruptores a gas (tripolar 240KV con CT)	1 juego	1 juego
	Seccionadores dinámicos (Tripolar 240KV con conector a tierra)	1 juego	1 juego
	(Bipolar 240KV)	2 juegos	2 juegos
	(Monopolar 240KV)	6 juegos	6 juegos
	(Bipolar 120KV)	8 juegos	8 juegos
	Panel de distribución	1 juego	1 juego
	Otros accesorios	1 juego	1 juego
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	Autotransformadores (82.5KV/27.5KV 2000KVA)	2	2
	Interruptores a gas (Bipolar 120KV 800A con CT)	3 juegos	3 juegos
	Seccionadores dinámicos (Bipolar 120KV)	4 juegos	4 juegos
	Panel de distribución y accesorios	1 juego	1 juego
	Precio de los equipos y materiales	Y576 millones	Y576 millones
	Personal necesario (4 pers./día)	21,000 pers./día.	21.000 pers./día.

NOTA: Los precios no incluyen el costo del terreno y el de las edificaciones

Superficie del terreno: $9,400 \text{ m}^2 \times 2$

Edificaciones: $220 \text{ m}^2 \times 2$

2) Puestos de seccionamiento

Ítem	1er. Período	2do. Período
Autotransformadores (82.5KV/27.5KV, 2,000KVA)	-	2
Interruptores a gas (Bipolar 120KV 800A)	-	1 juego
Seccionadores dinámicos (Bipolar 120KV)	-	4 juegos
Compensadores de tensión	-	1 juego
Panel de distribución y accesorios	-	1 juego
Precio de los equipos y materiales.	-	Y110 millones
Personal necesario	-	3,900 pers./día.

NOTA: Los precios no incluyen el costo del terreno y de las edificaciones.

Superficie del terreno: 2,300 m²

Edificaciones: 50 m²

3) Control remoto

Item	1er. Período	2do. Período
Equipo de control remoto central		1 juego
Equipos controlados		1 juego
Precio de equipos y materiales		Y73 millones
Personal necesario		2,600 pers./día.

NOTA: Los precios no incluyen el costo del terreno y de las edificaciones.

Superficie del terreno: 100 m²

Edificaciones: 80 m²

(2) Instalaciones de la línea catenaria

En la primera etapa se efectuarán los trabajos del sector comprendido entre Asunción y San Salvador, y la segunda etapa se efectuará el resto, es decir, desde San Salvador hasta Pacu-Cua.

Item	1er. periodo (As. - Sn. Sal.)	2o periodo (Sn. Sal. - Pa.)
Postes	Aprox. 4000	Aprox. 5000
Ménsulas móviles	Aprox. 4000	Aprox. 5000
Líneas de suspensión	Aprox. 200 Km	Aprox. 250 Km
Línea de contacto	Aprox. 200 Km	Aprox. 250 Km
Dispositivos antivibratorios	Aprox. 4000	Aprox. 5000
Reguladores automáticos de tensión (a polea)	Aprox. 350	Aprox. 400
Línea de alimentación	Aprox. 200 Km	Aprox. 250 Km
Aisladores	Aprox. 4000	Aprox. 5000
Brazos metálicos	Aprox. 4000	Aprox. 5000
Líneas de protección	Aprox. 200 Km	Aprox. 250 Km
Autotransformadores (82.5KV/27.5KV, 2000KVA)	10 juegos	12 juegos
Otros	1 juego	1 juego
Precio de los equipos y materiales	Y1,032 millones	Y1,236 millones
Personal necesario	87,000 pers.	104,000 pers.

3-3-5 Mejoramiento de los puentes

El gálibo de obras a establecerse cuando se efectúe la electrificación, no deberá estar obstaculizado por las estructuras de los puentes.

En vista de que las locomotoras a usarse serán, según la fuerza de tracción necesaria, eléctricas o a diesel; estas locomotoras tienen un peso por eje mayor que el peso máximo por eje de las locomotas a vapor actualmente en existencia. Por consiguiente, se teme que algunos puentes no tendrán la resistencia necesaria para soportar esta carga.

En vista de que estos puentes no podrán resistir la carga futura, se tendrá que reforzarlos o en el peor de los casos cambiarlos completamente.

3-3-6 Mejoramiento del material rodante y de las instalaciones de inspección y reparación.

A excepción de los coches existentes que aún pueden ser usados, el material rodante deberá ser cambiado por coches y vagones nuevos. Para que el material rodante actual pueda resistir la alta velocidad que se obtendrá con la electrificación, los frenos, superficies de rodadura, bogies, etc., deben ser refaccionados. En vista de que gran parte del material rodante debe ser reformado y renovado, el cambio de coches debe planearse tomando en cuenta el volumen de transporte.

1) Normas generales del material rodante

Considerando la magnitud del volumen de transporte estimado y el peso del material rodante, se opina que el peso máximo por eje deberá ser de aproximadamente 15 toneladas. Por consiguiente, el peso total en las locomotoras de 4 ejes sería de 60 toneladas, y si este peso aumenta, bastará con agregar ruedas. La disposición de los ejes será la de tracción a 4 ruedas B-B o B-2-B. El peso total de los coches de dos ejes sería de 30 toneladas y el de los de 4 ejes, 60 toneladas. Especialmente en los vagones de carga, si se emplean los de 4 ejes (usando bogies de 2 ejes) se trataría de que el peso propio del vagón sea de 15 a 20 toneladas para así obtener vagones de carga de aproximadamente 40 toneladas de capacidad de carga.

En cuanto a la longitud máxima de los coches, en vista de que el ancho de la vía es de 1,435 m, sería posible usar coches de 25 m de largo, pero como los coches actuales son de 20 m, se piensa que lo mejor será emplear coches de la misma longitud.

La elección de coches de 20 ó 25 m, no es un factor determinativo, por lo tanto aquí nos abstenemos de dar una solución final; sin embargo, analizando las circunstancias relativas a las longitudes útiles de las líneas de espera, líneas de servicio, etc., será preferible que el largo de los coches sea uniformado, especialmente en el caso de los coches de pasajeros.

En cuanto a los vagones de carga, actualmente se están usando vagones de 12 m, pero la longitud de éstos puede variar según las necesidades y usos. Pero, al igual que en el caso de los coches de pasajeros, la existencia de vagones de diferentes longitudes dificulta el cálculo de la longitud total del tren y complica la operación de los convoyes, por lo tanto es aconsejable que se establezca un tipo estándar y que se evite el uso de vagones de muchas longitudes.

Actualmente, la carretera que une Asunción y Encarnación ha sido refaccionada y el tiempo empleado por los vehículos para recorrer este tramo es de aproximadamente 6 horas. Para competir con este tiempo, una de las condiciones necesarias será que, tanto las locomotoras como coches de pasajeros, corran a una velocidad máxima de 95 Km/h.

Efectuando un cálculo basado en datos japoneses sobre curvas, pendientes, velocidad de paso y con locomotoras a una velocidad máxima de 95 Km/h, se estima que el tiempo de recorrido de este tramo (sin incluir tiempo de parada)

será de 5 horas. Sumando a este tiempo cierto margen de seguridad y el tiempo de parada, los trenes ómnibus tardarán de 5:30 a 6:00 horas.

En cuanto a los trenes de carga, será suficiente, desde el punto de vista técnico, que éstos tengan una velocidad máxima de 75 Km/h.

Al igual que en el caso de los coches de pasajeros, aplicando datos japoneses, se calcula que remolcando 1000 toneladas, el tiempo empleado por los trenes de carga para recorrer el tramo Asunción - Encarnación será de 6 horas y 50 minutos.

En cuanto al enganche o acoplamiento, si se considera el transporte internacional con Argentina, no queda más que emplear el sistema de tope lateral con barra y gancho. Pero el sistema de acoplamiento automático es muy conveniente para aumentar la eficiencia del servicio de enganche y para evitar accidentes y daños. Además, como con la modernización se cambiará gran parte del material rodante, es una buena oportunidad para automatizar los acoplamientos, y valdría la pena que a este respecto hubiese una deliberación entre ambos países, o bien, se presentarían dos alternativas; una sería el automatizar los enganches de los trenes de uso interno e internacional, y la otra el automatizar sólo los enganches de los trenes a operar dentro del país y dejar los destinados al transporte internacional tal como están ahora. En cualquiera de los casos, habrían muchos inconvenientes en la distribución y maniobra de los trenes, pues sólo los trenes de un país estarían automatizados. Esto sólo serviría en caso de que los trenes internacionales (carga) sean empleados sólo para este trabajo, y que se fije un lugar de salida y llegada, y que, por último, haya un volumen de carga constante.

En cuanto al sistema de frenos, será necesario emplear frenos automáticos de aire. El material rodante actual que transitoriamente puede ser usado deberá ser refaccionado para emplear frenos automáticos de aire.

Los bogies a usarse serán de dos ejes con cojinetes de rodillos para elevar tanto la capacidad de velocidad como la eficiencia de mantenimiento. En cuanto a los vagones de carga, se pueden emplear vagones de dos ejes, pero habrá que disminuir en lo posible la pérdida operacional debida a la diferencia de velocidad.

2) Locomotoras

Considerando la eficiencia de operación, será conveniente usar locomotoras tanto para coches de pasajeros como para vagones de carga. El peso por eje será de 15 toneladas, y en cuanto a los rieles y capacidad de adherencia, será posible el escalamiento de pendientes de hasta 17,5%. Las características generales son las siguientes.

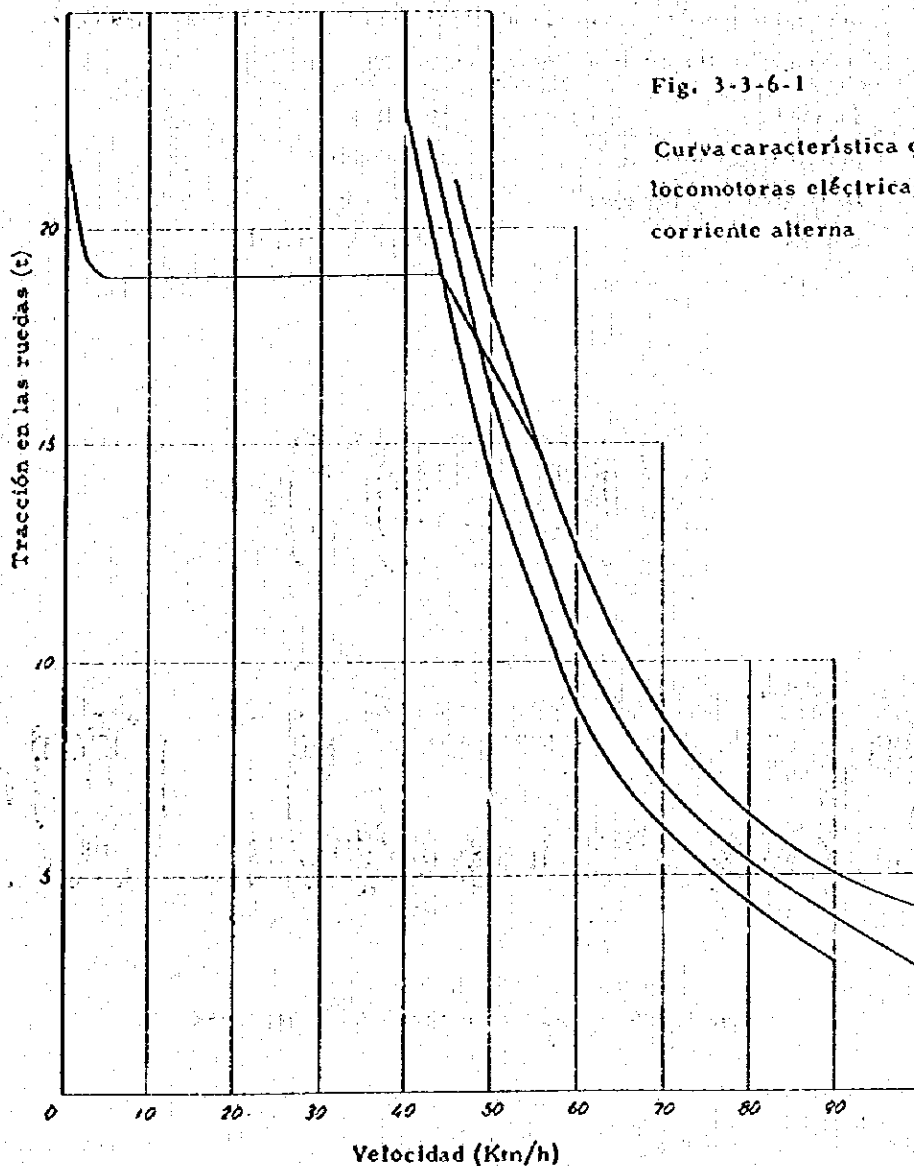
Velocidad máxima	95 Km/h.
Peso (sobre las ruedas tractoras)*	60 t.

Disposición de los ejes B - B
 Sistema de transmisión de fuerza Reducción de velocidad de un engranaje suspendido.
 Potencia (régimen horario) 1900 KW

* En caso de que el peso propio del vagón sea mayor que 60 t., la disposición de dos ejes será B-2-B o similar.

La curva característica de las locomotoras está ilustrada en la figura 1.

La resistencia de carrera difiere un poco con la del Japón, pero a continuación indicamos el peso aproximado de la carga a ser remolcada y la velocidad equilibrada.



Estas son las características generales de las locomotoras de C. A. del Japón:

	Características			
	0	5	10	12 %
1,000 t	Más de 75	65	55	52 Km/h
800 t	Más de 75	69	60	57 "
500 t	Más de 75	75	70	67 "

Una vez que el volumen de transporte aumente, será conveniente que, para elevar la eficiencia del transporte de carga, se instalen playas de maniobra y se dispongan de locomotoras para maniobras. Como en este caso no es económico el tender líneas catenarias en todas las vías de maniobra, será necesario usar locomotoras a diesel para las maniobras. Las características generales de estas locomotoras son:

Potencia	500 HP
Sistema de transmisión	Tipo líquido
Disposición de los ejes	C o B - B
Cabina	Lateral o central

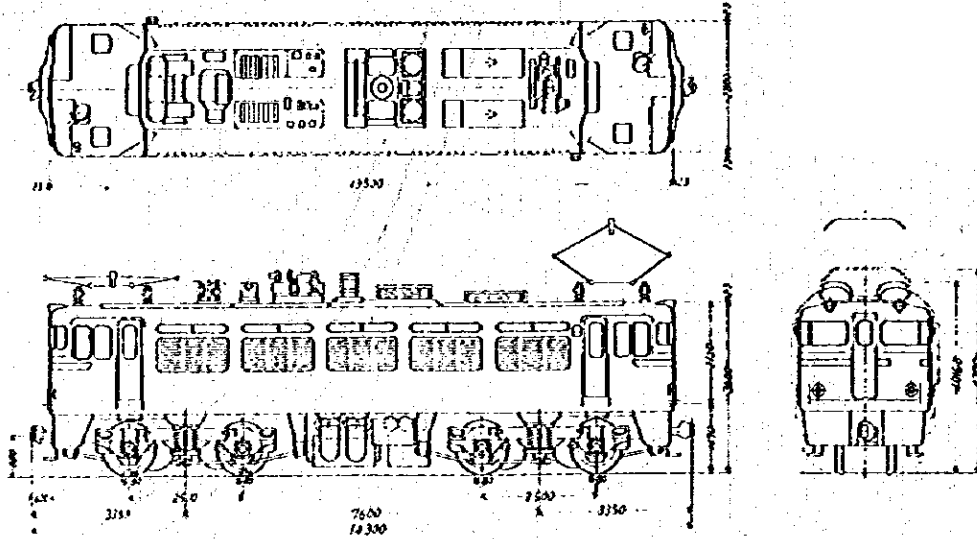


Fig. 3.3.6-2 Una locomotora a C. A. japonesa

3) Mejoramiento de los talleres.

Actualmente hay un taller en Sapucay, el cual, si no hay problemas sobre la administración del personal, no necesitará ser trasladado. En cuanto a los equipos de inspección y reparación, se ve la necesidad de cambiarlos por equipos eléctricos. En vista de que tanto los coches de pasajeros como los vagones de carga no variarán mucho de los actuales, bastará con reemplazar sólo una parte de las máquinas de mantenimiento. Pero las locomotoras necesitarán un taller completamente nuevo. El equipo necesario para este taller sería el siguiente:

Taller de reparación de locomotoras

Edificio

Máquinas - elevación de materiales (Puente grúa de 75 t)

Motor principal (Probador de carga, etc.)

Aislamiento (Probadores de aislamiento, etc.)

Otras máquinas (Probador del rectificador, etc.)

Probador de circuitos

Máquinas para reparación (Soldadores, dispositivo de absorción al vacío, cortador de colector, etc.)

Taller de inspección y reparación de repuestos

Edificio

Para los materiales a repararse (Plataforma de carga y descarga)

Instalaciones de vía

Máquinas

Instalaciones de la línea catenaria

Línea de contacto. Aparatos (Instalaciones de recepción y distribución de electricidad)

La inspección periódica, actualmente, se efectúa sólo para las locomotoras, y cuando se origina algún desperfecto, éste es inmediatamente arreglado.

Sin embargo, una vez que se lleve a cabo la modernización, será necesario que la inspección periódica (por kilometraje o por tiempo) se efectúe también para el resto del material rodante, pues de éste se logrará una operación más segura y económica. Es necesario también tener siempre en existencia cierta cantidad de repuestos, y evitar en lo posible el reparar las partes que pueden ser cambiadas por repuestos nuevos.

4) Mejoramiento de los depósitos

Los depósitos son cuatro: Asunción, Sapucay, San Salvador y Encarnación, pero el de Sapucay es pequeño, aunque tiene un taller, pero de todas maneras se teme que estas instalaciones no sean suficientes.

En los depósitos se necesitan instalaciones para efectuar servicios sencillos

(principalmente inspección); por lo tanto, bastaría con tener una línea de contacto (con seccionador), plataforma de inspección para los pantógrafos, e instalaciones de suministro de aceite y agua.

3-3-7 Instalación de dispositivos de seguridad

Uno de los objetivos de la modernización es el de operar a una velocidad máxima de 95 Km/h. Para que los trenes puedan operar a esta velocidad sin ningún peligro, no basta con el método de bloqueo por comunicación y sistema de seguridad empleados actualmente.

Por esta razón recomendamos que los siguientes ítemes sean renovados.

(1) Uso del sistema de bloqueo en cadena e instalación nueva de señales.

El sistema de bloqueo en cadena es un sistema desarrollado para operar "sin el tablet" del sistema tablet. En este sistema, el bloqueo se efectúa de la siguiente manera:

Primeramente, para indicar si en el sector de bloqueo hay o no algún tren, se instalan circuitos de vía cortos y se efectúa el registro de entrada y salida de los trenes.

Por otra parte, en cada estación se instalan aparatos de bloqueo y se los une mediante un circuito de bloqueo, entonces el jefe de estación que hace salir un tren se comunica con el jefe de la siguiente estación y al operar simultáneamente la palanca del aparato de bloqueo, el sector queda bloqueado.

Este circuito es necesario en cada estación, pero como, según el diagrama de operación, hay casos en los que hay que bloquear varios sectores, es recomendable que se instalen dos circuitos para los aparatos de bloqueo de cada estación. Para esto se alquilarían circuitos de telecomunicación de la ANTELCO.

Por otra parte, en los puntos extremos de cada sector de bloqueo deben instalarse señales de salida y de entrada (señales electroluminosas de 2 aspectos), y en los dispositivos de cambio se usaría el sistema de palanca con cerrojo, y éstos estarían conectados eléctricamente con las señales luminosas.

El plan de trabajo de estas instalaciones de seguridad sería aproximadamente el siguiente:

Señales (Entrada + Salida)	Aprox. 200
Señales de distancia	" 90
Dispositivos de cambio (con cerrojo eléctrico)	" 100 juegos
Dispositivos de enclavamiento (Relé, 2a. clase)	" 45 juegos
Circuito de vía (AF corto)	" 200 lugares
Dispositivos de bloqueo (Bloqueo en cadena)	" 45 juegos
Línea eléctrica (cable vinílico)	" 230 Km

Fuente de alimentación	Aprox. 45 juegos
Accesorios	" 1 juego
Costo del material	" Y1,200 millones
Personal	" 40,000 personas/día

En caso de que en el futuro el volumen de transporte aumente y el tráfico de trenes sea más denso, este sistema puede ser renovado por el sistema de señalamiento automático.

(2) Instalación de dispositivos de control de pasos a nivel

Es aconsejable que en los pasos a nivel de mucho tráfico de vehículos a pasos a nivel de poca visibilidad se instalen dispositivos que anuncian la aproximación de los trenes.

(3) Para que los trenes puedan circular con seguridad a altas velocidades y para proteger la vida de personas y animales evitando que éstos entren en las vías, es necesario refaccionar las vallas protectoras de la línea férrea.

3-4 Gastos

3-4-1 Gastos de mantenimiento de la línea. 86,110,000 guaraníes/año

El costo del mantenimiento de la vía varía según el monto de trabajo de servicio, el cual a su vez se determina por el peso por eje de los coches, tonelaje de paso, velocidad de los trenes, estructura de los trenes, etc., que son factores afectantes de la vía, y por la estructura de la línea que consiste en la calidad de la base, resistividad de la vía y duración de los materiales. Además, este costo varía también según la cantidad del personal de trabajo, según el intervalo entre trenes y según la mecanización de los trabajos.

Calculando el costo de mantenimiento anual de la vía entre Asunción y Pacu Cua según los precios paraguayos, obtenemos el siguiente resultado:

De los materiales de la vía, la roca triturada del balasto tiene que ser aumentada cada año de 10 a 30m³; además, después de 10 años se tiene que cambiar más del 7% de los durmientes cada año.

Durmientes, 1560/Km x 0.07 x 750 G c/u = 81,900 G/Km

Roca triturada, 20m³/Km x 1.91/m³ x 450 G/t =
= 17,100 G/Km

Otros materiales, 10,000 G/Km

Por lo tanto, 109,000 G/Km x 376 Km = 40,990,000 G.

El sueldo de personal incluyendo la administración, da un promedio de 120,000 G anuales por persona. Por lo tanto, si el servicio de mantenimiento se basa en la fuerza humana, el gasto en personal sería el siguiente:

120,000 G/pers./año x 1.0 pers./Km x 376 Km =
= 45,120,000 G

El costo total del mantenimiento de la vía resulta ser:

$$40,990,000 + 45,120,000 = 86,110,000 \text{ G}$$

3-4-2 Costo del mantenimiento de las instalaciones de electrificación. 51 millones de guaraníes/año

(1) Mantenimiento del sistema catenario 24 millones de guaraníes/año

El personal necesario para este trabajo es de 0.05 + 0.15 personas por Km, pero considerando el nivel de los técnicos paraguayos y el método de trabajo, para el cálculo emplearemos 0.15 personas por kilómetro. En los 378 Km de la vía, la longitud de la línea catenaria viene a ser de 450 Km; $0.15 \times 450 = 67.5$; por lo tanto, el personal necesario será de 70 personas. Considerando que el pago sería de 200,000 guaraníes anuales por persona, el monto total sumaría 14 millones de guaraníes, y considerando que el costo de enseres sea de 25,000 G por Km, el total anual de enseres sería de 10 millones de guaraníes.

(2) Costo de mantenimiento y operación de las subestaciones. 8 millones G/año

El personal se divide en mantenimiento y operación

Personal de mantenimiento $10 \times 2 \text{ ss} = 20 \text{ personas}$

Personal de operación $3 \times 5 = 15 \text{ personas}$

Por lo tanto, $35 \times 200,000 = 7,000,000 \text{ G/año}$

Costo de accesorios (0.8 - 1.0) $1,000,000 \text{ G/2 ss}$
 $= 1,000,000 \text{ G/año}$

(3) Costo de mantenimiento de señales y sistema de telecomunicación, 19 millones G/año

Personal de mantenimiento,

$0.05 \text{ personas (por Km)} \times 378 \text{ Km} \times 200,000 \text{ G}$
 $= 4,000,000 \text{ G/año}$

Costo de accesorios, $40,000 \text{ G/Km} \times 378 \text{ Km}$
 $= 15,000,000 \text{ G/año}$

(4) Costo de mantenimiento de las instalaciones eléctricas:

$$24,000,000 \text{ G} + 8,000,000 + 19,000,000 \text{ G} =$$

$$51,000,000 \text{ G/año}$$

3-4-3 Costo de mantenimiento de las locomotoras eléctricas

El costo de mantenimiento para 17 locomotoras eléctricas fue calculado de la siguiente forma:

Personal: $10,583 \times 10^3 \text{ G/año}$

Depósito de locomotoras

$$4,227 \text{ pers. año/loc.} \times 17 \text{ loc.} = 71,859 \text{ pers. año}$$

$$71,859 \text{ pers. año} \times 84,000 \text{ G/pers. año} = 6,036 \times 10^3 \text{ G/año}$$

Taller de reparaciones

$$A: 2,302 \text{ pers. año/loc.} \times 17 \text{ loc.} \times 0.19 \text{ (\% de entrada al taller)}$$

$$= 7,435 \text{ pers. año}$$

$$B: 0.982 \text{ p. año/loc.} \times 17 \text{ loc.} \times 0.27 = 4,507 \text{ pers. año}$$

$$C: 0.047 \text{ p. año/loc.} \times 17 \text{ loc.} \times 0.22 = 0.176 \text{ pers. año}$$

$$(A + B + C) \times 84,000 \text{ G/p. año} = 1,018 \times 10^3 \text{ G/año}$$

$$\text{Total de gasto en personal: } (6,036 + 1,018) \times 10^3$$

$$\times 9.5 = 10,583 \times 10^3 \text{ G/año}$$

$$\text{Costo de enseres: } 46,964 \times 10^3 \text{ G/año}$$

$$\text{Deposito de locomotoras: } 1,045 \times 10^3 \text{ G/loc. año} \times 17 \text{ loc.}$$

$$= 17,765 \times 10^3$$

Taller de reparaciones

$$A: 2,600 \times 10^3 \text{ p/loc. año} \times 17 \text{ loc.} \times 0.19$$

$$= 8,398 \times 10^3 \text{ p. año}$$

$$B: 1,035 \times 10^3 \times 17 \times 0.22 = 393 \times 10^3 \text{ pers. año}$$

$$(17,765 + A + B + C) \times 1.5 = 46,964 \times 10^3 \text{ G/año}$$

$$\text{Personal } (10,583 \times 10^3) + \text{Enseres } (46,964 \times 10^3)$$

$$= 57,547 \times 10^3 \text{ G/año}$$

3-4-4 Costo de refacción del material rodante

Este cálculo se efectuó en base al costo del personal y de los enseres, de la siguiente forma.

Personal:

Depósitos de locomotoras y de coches

(Locomotoras eléct.) (Coches de pasajeros) (Vagones de carga)

$$(1.76 \text{ p. año/loc.} \times 17 \text{ loc.} + 0.57 \text{ p. año/coche} \times 43 + 0.037 \times 1,000) \times$$

$$\times 84,000 \text{ G/pers. año} = 7,680 \times 10^3 \text{ G/año}$$

Enseres:

Depósitos de locomotoras y de coches

(Locomotoras eléct.) (Coches de pasajeros) (Vagones de carga)

$$797 \times 10^3 \text{ G/año. loc.} \times 17 \text{ loc.} + 258 \text{ G/año coche} \times 10 \text{ coches} + 179 \text{ G/año vag.}$$

$$\times 10^3 \text{ vag.} = 84,848 \times 10^3 \text{ G/año}$$

$$\text{Total } 95,641 \times 10^3 \text{ G/año}$$

3-4-5 Gastos en energía

Para el cálculo de los gastos en energía, se ha multiplicado la unidad ton-km, del

transporte por trenes, por la tasa de consumo de energía eléctrica.

a) Tren-kilómetro

Asn. (150km) Villa. (20km) Sn.S. (200km) Encar. Tren+km

Tren de pasajeros	o-----12-----o	4,440
	o-----2-----o	340
	o-----2-----o	440
	Subtotal	5,220
Tren de carga	o-----10-----o	3,700
	Total	8,920

b) t-km

Tren de pasajeros (tracción de 200t)

$$(200 \times 12 \times 370) + (200 \times 2 \times 170) + (200 \times 2 \times 220) =$$

$$= 1,044,000 \text{ t. km/día} \dots \text{ A}$$

$$(381,060,000 \text{ t. km/año})$$

Tren de carga (tracción de 1,000t; capacidad de tracción 80%)

$$800 \times 10 \times 370 = 2,960,000 \text{ t. km/día} \dots \text{ B}$$

$$(1,080,400,000 \text{ t. km/año})$$

c) Energía eléctrica para la operación.

La tasa de consumo de energía será:

Tren expreso de pasajeros 20-25 KWH/1000 t. km.

Tren ómnibus de pasajeros 28-36 KWH/1000 t. km.

Tren rápido de carga 13-18 KWH/1000 t. km.

Tren ómnibus de carga 21-32 KWH/1000 t. km.

d) Costo de la energía.

Pasajeros; $381,060 \times (20-36) \dots$ aprox. 10,000,000 KWH

Carga; $1,080,400 \times (13-32) \dots$ aprox. 20,000,000 KWH

Por lo tanto, si el precio es de 2 G/KWH, se calcula el costo de energía por año será de aproximadamente 60 millones de guaraníes.

4. COMPENDIO

4. COMPENDIO

El ferrocarril no es simplemente un medio de transporte veloz para personas y materiales, sino que es un organismo básico de la nación, el cual promueve el uso eficiente del territorio y el desarrollo de las sociedades recluídas; y mediante esta promoción se impulsa el desarrollo económico de la sociedad y se eleva el espíritu de la población.

Es ya de conocimiento general que este resultado puede obtenerse mediante un simple cálculo económico, pero a pesar de su simplicidad aporta grandes ventajas al mundo político, económico y psicológico de la nación.

El presente proyecto de electrificación y modernización, no sólo proporcionará grandes ventajas a las ciudades de la zona vía y a los territorios circundantes, sino que el efecto de economía energética para la nación y para la sociedad será inmenso.

4-1 Resultados que se obtendrán con la electrificación y modernización del Ferrocarril Présidente C. A. Lopez.

4-1-1 Economía de tiempo para los usuarios del Ferrocarril.

Con la electrificación y modernización del Ferrocarril, se aumentará tanto la frecuencia de servicio como la velocidad de los trenes; al mismo tiempo el horario de los trenes será fijo, y de este modo se reducirá, el tiempo de espera, y los usuarios podrán efectuar proyectos exactos para sus viajes y gozarán de un servicio de transporte rápido.

4-1-2 Desarrollo de la demanda de transporte.

El transporte de carga actual, debido al demasiado tiempo empleado en el recorrido, ha sido considerado como no apto para el transporte de verduras y frutas. Sin embargo, una vez que se efectúe la electrificación, se resolverán no sólo los problemas de demanda de transporte sino que también los de la falta de capacidad debidos a la poca eficiencia del servicio y a la escasez de vagones de carga. Al mismo tiempo impulsará el desarrollo industrial y cultural de la zona vía, promoviendo así el desarrollo económico del país.

4-1-3 Economía en el gasto de transporte por vehículos de carretera.

Con la modernización, el transporte de pasajeros y carga por vehículos de carretera será desplazado hacia el ferrocarril; de este modo, se logrará economizar el gasto en automóviles y el consumo de combustible (ambos importados) y al mismo tiempo, se disminuirá la importación de repuestos para vehículos motorizados, lo cual proporcionará mayor ingreso de divisas.

4-1-4 Reducción de gastos en reparación de carreteras.

Al disminuir el tráfico de vehículos motorizados, se reducirá también el gasto de reparación de las carreteras dañadas a causa del mencionado tráfico. De este modo, el capital destinado a dichas reparaciones puede servir para la refacción de otras vías intranacionales.

4-1-5 Eliminación de la contaminación del aire debida a los vehículos motorizados.

Actualmente en todos los países cuyo tráfico de vehículos es intenso, los gases y el ruido emanados por los vehículos y los accidentes de tráfico, han llegado a ser un problema social de gran magnitud. La República del Paraguay, en un futuro cercano, también se enfrentará ante este problema, pero se verá liberada de dicha contaminación cuando se logre la modernización del ferrocarril, el cual es un sistema de transporte que no ocasiona estos problemas.

4-1-6 Ventajas para la zona vía del ferrocarril.

Con la electricidad a emplearse para la electrificación, se logrará distribuir energía eléctrica a las viviendas de la zona vía que aún no tienen iluminación. Además, juntamente con el plan de urbanización se logrará mejorar el transporte interurbano. Por otra parte, se eliminará el peligro ocasionado por las locomotoras a vapor.

4-2 Predicción de la demanda de transporte.

En el ítem 5-1-1, se efectúa la estimación del volumen de transporte futuro con objeto de proyectar las instalaciones necesarias para la electrificación y modernización. En este capítulo efectuaremos dicha estimación pero será para estudiar el aspecto económico del proyecto que nos ocupa.

En este caso, la estimación de dicho volumen es menor que la del ítem 5-1-1; esto se debe a que en este capítulo hemos tratado de obtener un resultado más preciso.

4-2-1 Precondiciones de la estimación del volumen de transporte.

Es muy lógico que el desarrollo de la economía del Paraguay, en el futuro también estará basado en el comercio con el extranjero. Una parte del transporte para el comercio internacional estará dirigida hacia el Brasil, pero la mayor parte pasará a través de la Argentina cuyo ferrocarril está equipado para transportar grandes volúmenes de carga.

En los próximos 10 años, las ciudades de la zona vía, principalmente Asunción, tendrán mayor concentración de población y desarrollarán económicamente en mayor grado que otros sectores.

Tomando como base las precondiciones arriba mencionadas, y suponiendo que en 1972 ya se hubiese terminado la electrificación, calcularemos la demanda de transporte actual y haciendo uso de estos datos trataremos de obtener la demanda de transporte para el año 1982.

4-2-2 Transporte de pasajeros.

El estado del transporte anual de pasajeros desde 1957 es el siguiente:

Año	Pers. -Km(1000)	No. de pasjs.(1000)	Dist. media recorrida
1957	34,294	1,070	32.1
1960	36,709	817	44.5
1963	38,065	567	67.2
1967	14,073	127	111.1
1970	24,025	195	122.9
1971	24,268	192	126.2
1972	25,763	201	127.9

Debido a la intensificación del tráfico de automóviles y a la refacción de las carreteras, el transporte ferroviario ha disminuido considerablemente desde el año 1957. Por otra parte, la causa de esta disminución radica también en la baja velocidad y reducción de frecuencia originadas por el deterioro de las instalaciones, y en el desorden del horario de operación de los trenes. Por esta razón, la cantidad de pasajeros transportada en 1967 fue de menos de 130 mil personas y el transporte de personas-km. se redujo a menos de 15 millones de pers. -km., pero en la actualidad estas cantidades están volviendo a aumentar.

Considerando estos resultados, si se termina ahora la electrificación, y suponiendo que todos los factores en contra arriba mencionados, se eliminan, se lograría que del transporte carretero se desplacen aproximadamente 800 personas por día, y se lograría también que la demanda de transporte latente que es de 650 personas, vuelva a surgir.

Pasajeros transportados por día en 1972 - 552 pers.

Desplazamiento del transporte carretero - 800 "

Demanda latente - 650 "

Total (día) Apróx. 2000 "

Si esta demanda de transporte, al igual que el crecimiento económico, aumenta en un 6%, se calcula que en 1982 llegará a la siguiente cantidad:

$$2000(\text{pers.}) \times (1+0.06)^{10} = 3,580 (\text{pers.}) (\text{óía})$$

$$3580(\text{pers.}) \times 365 = 1,307,000 \text{ pers.}$$

Además, considerando el desarrollo económico de Asunción y sus proximidades, se estima que el kilometraje medio de recorrido disminuirá paulatinamente.

Suponiendo que el kilometraje medio de 127.9kms. del año 1972, se reduzca a sólo 80kms. en el año 1982, obtenemos la siguiente operación:

$$1,307,000(\text{pers.}) \times 80(\text{kms.}) = 104,560,000(\text{pers. -km.})$$

4-2-3 Transporte de carga.

El estado de transporte de carga después de 1957, es el siguiente:

Año	Pers. -km(1000)	No. de pasjs. (1000)	Dist. media recorrida
1957	20,715	108	191.8
1960	16,809	86	195.5
1967	16,758	74	226.5
1970	38,878	180	240.1
1971	34,414	181	247.4
1972	38,819	208	218.5

El transporte de carga, al igual que el transporte de pasajeros, juntamente con el transporte carretero, en 1966-1967 ha atravesado por un periodo de depresión; pero actualmente se está recuperando.

Sin embargo, debido a la poca capacidad de tracción de las locomotoras, falta de vagones de carga, desorden del horario de operación y disminución de la velocidad de los trenes, aunque haya demanda de transporte, ésta ha sido copada por el transporte carretero. Por consiguiente, el transporte de madera, productos marinos, productos agrícolas, etc., ha quedado como demanda latente. Considerando lo anteriormente mencionado y suponiendo que el ferrocarril ya hubiese sido electrificado en 1972, obtenemos el siguiente cálculo:

Toneladas transportadas por día en 1972	- 569ton.
Incremento de carga a larga distancia	- 600ton.
Incremento de carga a distancia media	- 600ton.
Total (día)	Aprox. - 1800ton.

Suponiendo que esta demanda de transporte, al igual que el crecimiento económico, tenga un incremento de 6% anual, en 1982 se tendrá:

$$1800\text{ton.} \times (1 + 0.06)^{10} = 3,220\text{ton (día)}$$

$$3220\text{ton.} \times 3.65 = 1,176,000 \text{ ton.}$$

Además, para aumentar la demanda de transporte, supongamos que la distancia media de recorrido en el año 1972, aumentará, entonces obtenemos el siguiente cálculo:

$$1,176,000\text{ton.} \times 250 = 294,000,000\text{ton. -km.}$$

4-3 Estimación de los ingresos y egresos.

4-3-1 Precondiciones de la estimación de ingresos.

En los capítulos anteriores, se ha tomado el año 1972 como base para la predicción de la demanda de transporte que es el factor determinante de los ingresos. Para la estimación de los ingresos anuales nos basaremos también sobre del mencionado año. En cuanto a la corrección de los fletés, no mencionaremos nada, ya que dicha corrección es una medida a tomarse contra la variación de

la situación económica.

4-3-2 Ingresos.

El ingreso que proporciona un pasajero por cada kilómetro recorrido (1972) es el siguiente:

$$24,760,000 \text{ G} \div 25,763,000 \text{ pers. -km.} = 0.96 \text{ G}$$

Calculando este ingreso en base a la demanda prevista para 1982 tenemos el siguiente resultado:

Ingreso por pasajeros (1982)

$$104,560,000 \text{ pers. -km.} \times 0.96 \text{ G} = 100,400,000 \text{ G}$$

Por otra parte, el ingreso que proporciona la carga transportada por kilómetro (1972) es el siguiente:

$$70,296,000 \text{ G} \div 38,819,000 \text{ tón. -km.} = 1.81 \text{ G}$$

Calculando este ingreso en base a la demanda prevista para 1982 tenemos el siguiente resultado:

Ingreso por carga (1982)

$$294,000,000 \text{ tón. -km.} \times 1.81 \text{ G} = 532,140,000 \text{ G}$$

Además, los ingresos misceláneos proporcionados por la administración y operación, llegan a un 10% del ingreso por fletes. Por lo tanto, sumando esta cantidad a las anteriores, tenemos:

Ingresos (1982) (Unidad: 1000G)

Ingresos por pasajeros	100,400
Ingresos por carga	532,140
Ingresos misceláneos	63,000
Total	695,540

4-3-3 Egresos.

Debido a la crisis energética y escasez de petróleo en 1973, el costo de vida ha variado considerablemente. Por lo tanto, para estimar el monto de egresos es muy difícil basarse en los precios de este año; por esta razón tomaremos como base para este cálculo los precios del año 1972.

Al igual que en el caso de carreteras, el gasto a efectuarse para la edificación de los órganos relacionados con las vías férreas (estaciones y edificaciones) e instalaciones eléctricas (subestaciones, instalaciones de transmisión eléctrica, instalaciones de señalamiento y telecomunicación) estarán a cargo del gobierno. Por otra parte, los gastos de mantenimiento de las instalaciones arriba mencionadas, compra de locomotoras eléctricas, coches de pasajeros, vagones de carga y demás material rodante, y los gastos necesarios para el mantenimiento y reparación de estos equipos estarán a cargo del Ferrocarril.

En este cálculo se ha tratado en lo posible de reducir los gastos, pero en cuanto al gasto necesario para el mantenimiento y operación se ha calculado con un margen más amplio.

(1) Gasto de mantenimiento de las instalaciones.

En este ítem, se ha calculado el gasto necesario para el mantenimiento de la vía, instalaciones de protección de pasos a nivel, estaciones, andenes y materiales de mantenimiento. Se calculó también el gasto de mantenimiento de las instalaciones de alimentación eléctrica, señales y transmisión, y el resultado obtenido es de 370 mil guaraníes por kilómetro de servicio.

$$373,000 \text{ G} \times 370\text{km} = 138,000,000 \text{ G}$$

(2) Gasto de mantenimiento de material rodante.

En este ítem se calculó el gasto necesario para los talleres de material rodante, el gasto de inspección y reparación de locomotoras, coches de pasajeros y vagones de carga, a efectuarse en las estaciones, depósitos de coches, etc.; y el gasto necesario para la compra de máquinas y materiales de mantenimiento y reparación. El total resultó ser de 95,641,000 guaraníes por año.

(3) Aquí se calculó el costo de la energía necesaria (energía eléctrica) para la operación de los trenes y el resultado fue de aproximadamente 60 millones de guaraníes.

Calculando el costo del personal para la operación de los trenes, tanto de pasajeros como de carga, más el gasto necesario en los puestos de trabajo, se obtuvo que el total será de 148 millones de guaraníes.

(4) Gastos de servicio.

En este ítem se calculó el gasto necesario para el servicio de las estaciones, playas de maniobra, pasajeros y carga. Al total de pers.-km. y ton.-km., se le ha multiplicado la cantidad de 0.1 guaraníes.

$$0.1\text{G} \times 398,560,000\text{km.} = 39,900\text{G}$$

(5) Gastos de administración

Aquí se calculó el gasto necesario para todos los trabajos relacionados con la administración. Para este cálculo se estimó que el costo por kilómetro recorrido será de 3 guaraníes.

$$3\text{G} \times 8,920,000\text{km.} = 26,760,000\text{G}$$

(6) Depreciación

Para este cálculo, se supuso que el gasto de compra de 17 locomotoras eléctricas, 43 coches de pasajeros y 100 vagones de carga, será de 2,200 millones de guaraníes y se estimó que este precio se depreciará después de 25 años.

$$(2,200,000,000\text{G} - 220,000) \div 25 = 79,200,000\text{G}$$

(7) Intereses

Para este cálculo se consideró que los intereses a pagarse por los 2,200 millones de guaraníes por la compra del material rodante, será de 5.5%.

$$2,200,000,000G \times 0.055 = 121,000,000G.$$

(Unidad: 1000G)

Costo mantenimiento instalaciones	138,000
Gasto mantenimiento mat. rodante	96,000
Gasto operación	74,000
Gasto energía eléctrica	60,000
Gasto servicio	40,000
Gasto administración	27,000
Subtotal	435,000
(Estos son gastos directos de operación)	
Depreciación	79,000
Intereses	121,000
Total	635,000

4-3-4 Comparación entre ingresos y egresos.

Resumiendo los cálculos de ingresos y egresos arriba efectuados, obtenemos el resultado indicado a continuación; de aquí se colige que los egresos a ingresos mantienen un equilibrio aproximado:

Ingresos	695,000,000G
Egresos	635,000,000G
Diferencia	60,000,000G

Tal como lo indicamos anteriormente, para los cálculos aquí efectuados, nos hemos basado sobre los datos del año 1972. Los precios unitarios empleados en dichos cálculos también son del mismo año. En vista de la dificultad que presenta la variación económica de los últimos años, hemos omitido el cálculo de los precios posteriores al mencionado año.

Tal como lo indicamos al principio de este compendio, las vías, sistema catenario, etc., al igual que las carreteras, serán también órganos del Gobierno; por lo tanto hemos omitido su cálculo ya que consideramos que el gobierno se hará cargo de su construcción y mejoramiento. Sin embargo, hemos considerado que el material rodante estará a cargo del Ferrocarril, ya que este equipo puede compararse a los vehículos de las carreteras.

De los cálculos arriba efectuados, se piensa que en el futuro, a excepción de la depreciación y de los intereses, el Ferrocarril podrá automantenerse, y ya no necesitará de la ayuda del gobierno.

5. CONCLUSION

5. CONCLUSION

Aquí recapitularemos el estudio, y con esto desearíamos poner punto final a este informe.

5-1 Desarrollo de las carreteras y del Ferrocarril.

En todos los estudios efectuados en el Paraguay respecto al problema del tráfico, el tema principal trata sobre el desarrollo de las carreteras, mientras que el Ferrocarril siempre fue dejado en segundo plano, llegando al extremo de que algunas opiniones trataron de hacer que el ferrocarril ya no vuelva a funcionar más.

Sin embargo, opinamos que tanto las carreteras como el Ferrocarril deben funcionar en mútua cooperación haciendo que las carreteras estén destinadas a cubrir grandes extensiones de terreno cuyas vías troncales serían el Ferrocarril y las vías fluviales. Además, las carreteras tendrían el objeto de transportar productos muy especialmente clasificados, mientras que el ferrocarril serviría para el transporte en masa.

Por otra parte, el problema energético mundial se presenta, para un país como Paraguay que carece de petróleo, como una exigencia para que se vuelva a considerar el problema del transporte desde el punto de vista energético económico.

Para un país como Paraguay, que tiene tanto terreno aún no explorado, se ve la posibilidad de que en el futuro pueda explotar el subsuelo y llegar a obtener combustible natural, tal como lo hizo Bolivia, país tan rico en petróleo. Pero, debemos afirmar que el Paraguay tiene que poner mayor énfasis en el proyecto de utilización de las aguas del río Paraná, río que puede proporcionar más de 20 millones de KW, y emplear esta abundante energía eléctrica en el transporte.

Por lo tanto, opinamos que el Gobierno Paraguayo deberá hacer lo posible por realizar la electrificación y de este modo hacer que el transporte carretero se voltee hacia el transporte ferrocarrilero.

5-2 Restauración y electrificación del Ferrocarril.

Tal como lo hemos indicado en este informe, la modernización y electrificación del Ferrocarril P.C.A.L. requiere de grandes inversiones de capital. Pero ambas cosas son como las ruedas de un coche, que si no rotan paralelamente no se puede obtener el resultado esperado; por lo tanto, habrá que elaborar un horario en base al plan de inversiones, y terminar debidamente el trabajo de la vía por sectores partiendo de Asunción para así poder ya poner en servicio el ferrocarril moderno. Si embargo, el poner en servicio muy pocos sectores, tiene o acarrea muchos inconvenientes; por lo tanto sería muy recomendable que los trabajos se avancen hasta San Salvador o hasta Villarrica.

5-3 Empleo de técnicas modernas.

La tecnología que se empleará en la electrificación es una de las más modernas; por ejemplo, el sistema AT de alimentación de 75 KV es el sistema más moderno del mundo, y para el plan de operación se han empleado solamente computadoras electrónicas.

Sin embargo, para obtener los mejores resultados de esta tecnología moderna, es nece-

sario obtener el entendimiento de los usuarios, en especial del personal del Ferrocarril. Por consiguiente, para acelerar la restauración y electrificación, será necesario que el personal del Ferrocarril sea debidamente entrenado. Nuestro deseo es que este proyecto sea desarrollado en la mejor forma posible por las propias personas del Ferrocarril Paraguayo.

5-4 Agradecimiento

Antes de finalizar este informe, queremos hacer llegar nuestros profundos y reiterados agradecimientos a todos los miembros de las Autoridades Paraguayas y del Ferrocarril P. C. A. L. por su valiosa cooperación, y hacerlos extensos a las personas de nacionalidad japonesa radicadas en Paraguay que, mediante su colaboración, hicieron posible el éxito de nuestra misión en un lapso de tiempo tan corto. Asimismo, deseamos que el Paraguay llegue a la cumbre de su desarrollo en el menor tiempo posible, para lo cual nosotros no escatinnaremos esfuerzos, tal es así que gustosos ofrecemos nuestra futura colaboración.

DATOS NECESARIOS PARA EL ESTUDIO

I. Situación financiera

1. Ingresos y egresos

- (1) Total ingresos
- (2) Ingresos de pasajeros
- (3) Ingresos por carga transportada
- (4) Subvención del Gobierno
- (5) Otros
- (6) Total egresos
- (7) Gastos de transporte
- (8) Gastos de mantenimiento de vía
- (9) Mantenimiento del material rodante
- (10) Amortización
- (11) Otros

2. Bienes y empréstitos

- (1) Bienes
- (2) Inmuebles
- (3) Muebles
- (4) Otros bienes
- (5) Empréstitos
- (6) Préstamos a largo plazo
- (7) Préstamos a corto plazo
- (8) Otros empréstitos
- (9) Capital

II. Condiciones de tráfico y material rodante

1. Resultados del tráfico transportado por año

2. Estado actual de la capacidad de transporte.

- (1) Diagrama y horario de trenes incluyendo los de carga y mixtos.
 - a. Diagrama de trenes
 - b. Horario

(2) Personal y material rodante, y diagrama de utilización.

(3) Formación de los trenes

3. Características principales del material rodante.

(1) Material rodante

(2) Curva velocidad - tracción

(3) Kilometraje de recorrido por día según el tipo del material rodante

4. Depósito y taller de reparaciones de material rodante
 - (1) Organización, orden, horas de trabajo y método de adiestramiento del personal destinado al mantenimiento del material rodante.
 - (2) Normas de mantenimiento según el tipo de material rodante.
 - a. Periodos de inspección y reparación
 - b. Tiempo y personal requeridos para la inspección y mantenimiento.
 - (3) Depósito de material rodante
 - a. Depósito de material rodante
 - b. Instalaciones y máquinas del depósito de material rodante.
Disposición y edificios.
Facilidades para inspección, reparación, suministro de agua, suministro de energía, y máquinas principales.

5. Alojamiento de personal
 - (1) Organización, reglas, horas de trabajo y método de entrenamiento del personal, incluyendo horas de manejo y recorrido.
 - (2) Alojamiento del personal.
 - (3) Reglamentos de los trabajos de operación.
Restricción de velocidad en curvas, cambios y pendientes de bajada.
Sistema de seguridad, señales y bloqueo.
 - (4) Sistema de despacho de trenes.
 - (5) Accidentes de descarrilamiento y colisión en los pasados 5 años
 - (6) Línea permanente
 - (1) Perfil y mapa de ruta
 - (2) Planos de las estaciones
 - (3) Características principales
Peso de riel por metro
No. de durmientes por cada 10 m.
Longitud de los rieles
Rigidez de la vía
Espesor del balasto
Valores K y Ks de los puentes.

7. Otros
 - (1) Gálbo máximo de carga y gálbo de obras.
 - (2) Número y largo de puentes y túneles.
 - (3) Otras restricciones a la velocidad del tren.

III. Mantenimiento de la línea

I. Puesto de mantenimiento de la vía

- (1) Organización, reglamentos y posición del puesto
 - (2) Horas de trabajo y No. de equipos en trabajo.
 - (3) No. de personal clasificado por edad, tiempo de servicio (cada 5 años) y reglamentos.
 - (4) Método de entrenamiento del personal permanente
 - (5) Normas de mantenimiento de la vía.
 - a. Períodos de inspección y reparación
 - b. Normas de inspección, y horas y personal necesario para la inspección
 - (6) Instrumentos para inspección y reparación
2. Accidentes y daños de vía ocurridos en los últimos 5 años.
 3. Resultado de los gastos de mantenimiento clasificado por personal, vía, base de vía, puentes, costo de material, etc. en los últimos 5 años.
 4. Cambios de materiales de vía efectuados en los últimos 5 años.
 5. Futuros proyectos de mantenimiento (personal, material, mecanización, etc.)
 6. Costo de mano de obra.
 7. Costo de materiales de construcción

IV. Datos básicos para la electrificación

Los siguientes datos son necesarios para el proyecto.

1. Actual estado de las instalaciones de la línea férrea.

(1) Vía

a. Normas de la vía

Ancho de vía, resistencia de diseño, gálibo de carga, gálibo de obras, etc.

b. Detalles de las estaciones

c. Detalles de la vía describiendo lo siguiente:

Estación, pendientes, distancia simple y doblé, curvas, tipo de vía, túneles, puentes, pasos a nivel, sobrepuentes, funiculares, etc.

(2) Curvas

(3) Pendientes

Pendiente máxima

Largo de la pendiente máxima.

(4) Puentes (todos los de más de 30 m de largo)

(5) Túneles

(6) Cruces de vía

(7) Sobrepuentes y funiculares

(8) Cobertizo de las plataformas

Vista seccional y tipo de estructura.

2. Estado actual de las instalaciones eléctricas y su mantenimiento.
 - (1) Instalaciones de energía eléctrica.
 - (2) Instalaciones de telecomunicación.
 - (3) Instalaciones de señalamiento.
 - (4) Mantenimiento de estas instalaciones.
3. Red de comunicaciones.
 - (1) Mapa de rutas de las líneas de comunicación públicas.
 - (2) Mapa de rutas de las líneas de comunicación privadas.
 - (3) Tabla de la distribución de cables e hilos de comunicación (públicos/privados) instalados dentro de 300 m desde la línea férrea.
4. Tabla de alambres o cables que cruzan la línea férrea.
5. Conductividad de la tierra.

Datos básicos acerca de los problemas energéticos

1. Estado de la demanda de energía en Paraguay durante los últimos 5 años.
2. Suministro de energía en Paraguay durante los últimos 5 años.
3. Condiciones de la energía eléctrica.
 - (1) Estado general de demanda/suministro de energía eléctrica.
 - (2) Plan de desarrollo de fuentes de energía eléctrica y balance del futuro plan de demanda/suministro.
 - (3) Mapas de las redes de energía eléctrica actuales y futuras.
 - (4) Mapas del flujo de energía de las redes.
 - (5) Plantas eléctricas/subestaciones (presente y futuro).
 - (6) Líneas de transmisión eléctrica (presente y futuro).