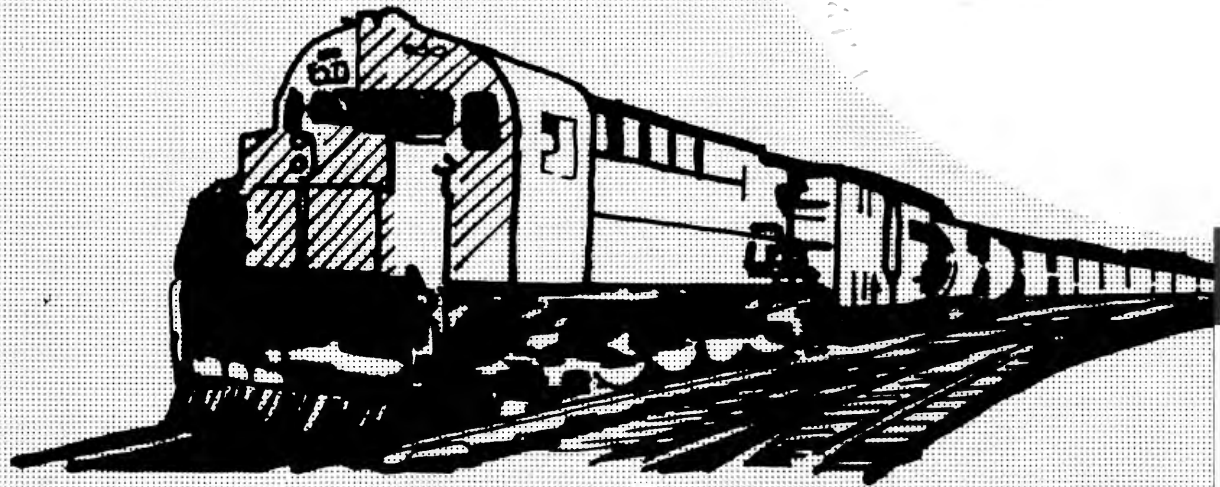


UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

# **COSTOS DE OPERACION DE FERROCARRIL**

INFORME DE PROYECTO FINAL  
PARA GRADUACION



REALIZADO POR:  
HUGO HERNANDEZ FALLAS

DICIEMBRE, 1982

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. Eugenio Odio González

Ing. Franz Ulloa Hoffmann

Ing. Mario Arce Jiménez

#### DEDICATORIA

A mi Dios, que sin El no hubiese podido realizar el presente trabajo.

A mis padres Arturo y Hortensia de Hernández, que con su amor y cariño lograron en mí desarrollar un espíritu de superación.

A mi esposa Ruth V. Serrano C., quien en todo momento me acompaña y alienta, y es fuente de estímulo a mi vida.

## AGRADECIMIENTO

.. Mi sincero agradecimiento al señor Ing. Franz Ulloa H., por brindarme sus conocimientos y participar como Profesor Guía.

Al señor Ing. Eugenio Odio González, por todos sus esfuerzos para lograr la unidad de las diferentes partes del presente trabajo, así como sus valiosos consejos durante la elaboración del mismo.

Agradezco en igual forma a la Dirección General de Planificación en la persona de su Director General señor José Antonio Vargas Villate, por su apoyo moral y la ayuda recibida para la elaboración del informe.

También agradezco a los compañeros del Departamento de Evaluación de Proyectos su valiosa colaboración, en particular al Ing. Ronald Flores, Sr. Jorge Hernández O. y Arnoldo Ulloa.

Al personal de FECOSA por la información suministrada.

A Rosaura Vargas B. por la labor de mecanografía y a Francisco González B. por el diseño de la portada.

EXTRACTO

## EXTRACTO

En el presente informe, inicialmente se describen las características operacionales existentes en el ferrocarril de la línea bananera Moín - Río Frío, tomado como modelo de estudio, por tener un mayor movimiento de trenes con respecto a los otros tramos ferroviarios.

Los dos sistemas de tracción usados son: con locomotoras diesel-eléctricas y con locomotoras eléctricas, dicha descripción es para comparar y escoger el sistema más favorable. Como el primero de los sistemas se desarrolla poco con respecto al segundo, se hace todo el análisis de operación con locomotoras eléctricas.

Este análisis se relaciona con el proyecto realizado de electrificación, el cual consistió en un tendido de aproximadamente 135 kilómetros, la instalación de dos sub-estaciones y la utilización de seis locomotoras eléctricas nuevas denominadas "Grupo 50 Ciclos", esto es importante para la determinación de su utilización y kilometraje anual, información necesaria para calcular los costos de operación por kilómetro.

En el Capítulo 4 se detallan los costos unitarios de las diferentes cantidades físicas, que intervienen en los costos de operación.

Se presenta una metodología en el Capítulo 5 para determinar con base en la información de los capítulos anteriores, los costos totales de operación por kilómetro, que resultan al aplicar los consumos expresados en unidades físicas a los costos unitarios, dando un resultado de ¢ 224,92 por kilómetro.

Se calculó en el Capítulo 6 el "Costo Diario" de una locomo-

tora eléctrica con datos del capítulo anterior, mediante el uso de la metodología utilizada por la compañía consultora denominada TRANSMARK (Transportation Systems and Market Research Ltd.), el cual es de \$ 59 140,00.

Finalmente, se adjuntan los Anexos A y B, en los que se incluyen varias relaciones matemáticas del consumo de energía con respecto a la pendiente, radio de curvatura y velocidad, obtenidas a partir de unas mediciones de campo de la energía, velocidades y tiempo.

De estas mediciones se obtuvieron los datos del Cuadro A.3, los cuales se utilizaron en un programa por tarjeta de calculadora HP-67 para producir relaciones lineales simples y obtener ecuaciones o funciones de mejor ajuste. Estas ecuaciones determinan consumos teóricos de energía de las locomotoras eléctricas "Grupo 50 Ciclos" con características de vía definida.

## CONTENIDO



## CONTENIDO

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
1 OBJETIVO Y ALCANCE.....	1
2 RESUMEN.....	4
3 CARACTERISTICAS DE LAS OPERACIONES EN EL FERRO- CARRIL MOIN-RIO FRIO.....	9
3.1 Generales.....	10
3.2 Con Locomotoras Diesel-Eléctricas.....	12
3.3 Con Locomotoras Eléctricas.....	12
4 COSTOS UNITARIOS.....	17
4.1 Energía Eléctrica.....	18
4.2 Lubricantes.....	19
4.3 De las Locomotoras Eléctricas Nuevas.....	19
4.4 Del Equipo Rodante Nuevo.....	20
4.5 Mantenimiento de las Locomotoras y Equipo Rodan te Nuevo.....	21
4.5.1 Mano de Obra.....	21
4.5.2 Repuestos de Locomotoras Eléctricas.....	22
4.5.3 Ruedas de Locomotoras Eléctricas.....	22
4.5.4 Repuestos del Equipo Rodante.....	23
4.6 Tripulación.....	23
4.7 Mantenimiento de Vías y Estructuras.....	23
4.8 Por Administración.....	25
5 COSTOS DE OPERACION POR KILOMETRO DEL FERROCARRIL MOIN-RIO FRIO.....	31
5.1 Depreciación del Equipo Tractivo y Rodante.....	32
5.2 Mantenimiento.....	35
5.2.1 Mano de Obra.....	35
5.2.2 Repuestos de Equipo Tractivo.....	37

CAPITULO

PAGINA

5.2.3	Ruedas de Locomotoras Eléctricas.....	37
5.2.4	Materiales y Repuestos de Equipo Rodante.....	38
5.3	Lubrificantes.....	38
5.4	Tripulación.....	38
5.5	Energía Eléctrica.....	39
5.6	Mantenimiento de Vías y Estructuras.....	39
5.7	Por Administración.....	40
5.8	Costos Totales del Ferrocarril Moín-Río Frío....	40
5.9	Costos Totales por Tipo de Carga.....	41
6	COSTO DIARIO DE LAS LOCOMOTORAS ELECTRICAS.....	49
6.1	Depreciaciones.....	50
6.2	Costo de Capital.....	52
6.3	Costos Propios de Operación de las Locomotoras..	54
6.3.1	Tripulación.....	55
6.3.2	Reparación y Mantenimiento.....	55
6.3.3	Consumo de Energía.....	56
6.3.4	Repuestos.....	56
6.3.5	Lubrificantes.....	56
6.3.6	Seguros.....	56
6.3.7	Costos de Administración.....	57
6.4	Resumen de Costos.....	57

ANEXOS

A	ANALISIS DE DATOS.....	62
B	RELACIONES MATEMATICAS.....	78

<u>REFERENCIAS</u> .....	39
--------------------------	----

LISTA DE CUADROS

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
3.1	Características Operativas de los Dos tipos de Locomotoras (tramo Moín-Río Frío) .....	15
3.2	Kilometraje y Tiempo de Recorrido de las Locomotoras Eléctricas ( mes de junio 1982).....	16
4.1	Costo de la Energía Eléctrica .....	26
4.2	Costos de los Lubricantes de las Locomotoras Eléctricas .....	27
4.3	Costo del Equipo Rodante Nuevo .....	28
4.4	Costos Unitarios de Repuestos para Locomotoras Eléctricas (Grupo 50 Ciclos) .....	29
4.5	Materiales y Repuestos para Equipo Rodante Nuevo .....	30
5.1	Número de Trenes y Tiempo Diarios en Servicio de las Locomotoras Eléctricas (Mes junio de 1982)..	45
5.2	Costos de Repuestos y sus Períodos de Cambio de la Locomotoras Eléctricas (Grupo 50 Ciclos) ....	46
5.3	Costos de Materiales y Repuestos del Equipo Rodante Nuevo .....	47
5.4	Costos de los Lubricantes y su Período de Cambio de las Locomotoras Eléctricas .....	48
6.1	Depreciación Lineal y Costos de Capital al 15% Anual para una Locomotora Grupo 50 Ciclos .....	60
6.2	Depreciación y Costos de Capital al 15% Anual para una Locomotora Grupo 50 Ciclos (Cuotas iguales).....	61

CAPÍTULO 1  
OBJETIVO Y ALCANCE

## CAPITULO 1

### OBJETIVO Y ALCANCE

Con la presente crisis económica que vive el país, surgen una serie de proyectos con el fin de solucionar el problema del transporte.

Tal es el caso de los proyectos ferroviarios, que aparte de solucionar el problema, obligan al país realizar grandes inversiones, lo que hace pensar si éstos son en realidad rentables o no.

Una obra es rentable cuando el beneficio es igual o mayor que lo que cuesta. En ferrocarriles el beneficio puede consistir en un incremento en el tráfico productivo o una reducción en los gastos y costos de operación.

El objetivo del presente trabajo, es el de ofrecer una metodología para el cálculo de los costos de operación del ferrocarril, basada en la línea bananera Moín-Río Frío. Esta servirá a Ferrocarriles de Costa Rica S.A. (FECOSA), la empresa administradora de los ferrocarriles de propiedad pública, en la solución de una serie de problemas que consisten en reducir sus costos, estabilizar su situación financiera, optimizar las operaciones y el aprovechamiento del equipo e instalaciones. Además, de utilizarla en futuros estudios de factibilidad económica y en la determinación de tarifas de fletes.

Un objetivo específico es el de calcular el "Costo Diario" de una locomotora eléctrica nueva denominada "Grupo 50 Ciclos", con el propósito de dar a FECOSA una idea de cuánto cuesta operar la máquina, para un mejor control interno.

Otro es establecer relaciones entre el consumo de energía (en kWh) de la locomotora eléctrica y otros parámetros (pendiente, radio de curvatura, velocidad). Estas relaciones se presentan en forma de ecuaciones matemáticas, que permiten de una manera simple predecir el consumo teórico de la locomotora eléctrica al recorrer un tramo existente dadas ciertas características de vía.

CAPITULO 2  
RESUMEN

## CAPITULO 2

### RESUMEN

En Costa Rica, en materia de ferrocarriles se han realizado inversiones cuantiosas, esto hace necesario que la información que se investigue sea confiable para el análisis y evaluación de proyectos de este modo de transporte.

En el informe, se mencionan las características generales de los dos tipos de operación en el ferrocarril bananero Moín-Río Frío: con locomotoras diesel-eléctricas y con locomotoras eléctricas. Para ambos casos, el transporte de carga se realiza con el carro plano y el carro cajón, y para el transporte de pasajeros con el carro coche; el peso bruto del carro plano es 32 toneladas, el carro cajón 38,3 toneladas y el carro coche 24 toneladas.

Con este peso se calcula el número de carros que pueden juntarse, tomando en cuenta los siguientes factores:

- El peso y la potencia de la locomotora (ver Cuadro 3.1).
- Las gradientes de la vía, las cuales oscilan entre el 1,5% y el 2,0%.
- La longitud de los apartaderos de cruce, de unos 300 metros.

Dando para las locomotoras eléctricas un máximo de 28 carros por tren, con un peso de 900 toneladas y para las locomotoras diesel-eléctricas de 19 carros con unas 730 toneladas de peso; según el Cuadro 3.1; por tener las locomotoras eléctricas un mayor uso con respecto a las diesel-eléctricas, éstas se toman en cuenta para efectos de análisis.

De esta información y la suministrada por los departamentos de



Ingresos y Taller de FECOSA (Cuadro 3.2), se calcula para la locomotora eléctrica el número de horas de utilización y kilometraje promedio mensual, para luego obtener su utilización anual (3960 horas) y un pronóstico de 74000 kilómetros de recorrido por año; éstos datos se usan en el cálculo de los costos de operación por kilómetro recorrido del ferrocarril.

Se describen los siguientes costos unitarios de los diferentes rubros que intervienen en la determinación de los costos de operación, tales como:

- Energía eléctrica: da un costo de ¢ 1,67/kWh que multiplicado al número de kWh consumidos, se obtiene un promedio mensual de ¢ 460.818,00.

- Lubricantes: El costo de cada componente se detalla en el Cuadro 4.2.

- Costo de la Locomotora Eléctrica: de acuerdo al tipo interbancario de ¢ 40,30 por dólar a agosto de 1932, el costo es de ¢ 41.663.000.

- Costo del Equipo Rodante: del Cuadro 4.3 se obtienen los costos del carro plano, cajón y coche.

- Mano de obra: Para el equipo tractivo y rodante es de ¢ 4950 y ¢ 6700 por empleado respectivamente.

- Repuestos: Hay una gran cantidad y variedad de repuestos, los cuales se detallan en los Cuadros 4.4 y 4.5.

- Tripulación: Consta de 6 personas cuyo salario promedio men-

sual es de ¢ 7335 por empleado.

- Mantenimiento de Vías y Estructuras: Se toma un 0,4% de las inversiones realizadas para electrificación, dando un costo anual de ¢ 5 181 560.

- Por Administración: Se calcula en un 5% de la suma de los anteriores costos.

Con estos datos, se calcula la distribución de la depreciación por kilómetro recorrido del equipo tractivo y rodante, y los respectivos costos de operación por kilómetro, dando para el ferrocarril Moín-Río Frío un costo total anual de ¢ 224,92 por kilómetro recorrido; el cálculo de costo para cada tipo de transporte da:

- Banano ¢ 49,22/km
- Fletes ¢ 81,97/km
- Pasajeros ¢ 52,25/km, éstos sin tomar en cuenta los costos por mantenimiento de vías y estructuras y por administración.

En el cálculo del "Costo Diario" de una locomotora eléctrica se considera, en primer lugar, la depreciación obtenida por el Método Lineal, tomando como valor de rescate el 10% de la inversión original y el costo de capital fijado en un 15% de una inversión (menos el valor de rescate) por locomotora de ¢ 37 497 000; adicionándoles los costos anuales propios de la locomotora tales como:

- Tripulación
- Reparación y mantenimiento
- Consumo de energía
- Repuestos
- Lubricantes
- Seguros

- Gastos por Administración.

El costo total anual de los anteriores rubros es de  $\text{Q}9\ 699\ 501$ , que para un tiempo activo "ta" de operación anual de 164 días, se obtiene un costo diario de  $\text{Q} 59\ 140$  y por hora de  $\text{Q} 2\ 470$ .

Finalmente, en los Anexos A y B, con base en los datos del Cuadro A.3 y un programa por tarjeta de calculadora HP-67, se obtienen una serie de relaciones matemáticas del consumo de energía con respecto a la pendiente, radio de curvatura y velocidad; para luego comprobar dichas relaciones.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda a la empresa administradora (FECOSA), la creación de un Departamento de Control y Evaluación de Costos.

### CAPITULO 3

CARACTERISTICAS DE LAS OPERACIONES EN EL FERROCARRIL  
MOIN - RIO FRIO

## CAPITULO 3

### CARACTERISTICAS DE LAS OPERACIONES EN EL FERROCARRIL MOIN - RIO FRIO

En este capítulo se toma como modelo de análisis el tramo Moín-Río Frío y se detallan los dos tipos de operación que existen con sus respectivas características, los cuales son: con locomotoras diesel-eléctricas y con locomotoras eléctricas; con el propósito de compararlas y escoger la más apropiada para efectos del presente trabajo.

#### 3.1 Génerales

En la línea bananera Moín-Río Frío se dan dos operaciones: con locomotoras diesel-eléctricas y con locomotoras eléctricas. Para ambos casos, el transporte de carga se realiza corrientemente con el carro plano y el carro cajón, y para el transporte de pasajeros con el carro coche, todos con un buen sistema de cojines.

El carro plano vacío tiene un peso promedio de 12 toneladas, se usa principalmente en el transporte del banano, del cual se transporta un promedio de 1000 cajas por carro, lo que equivale a unas 20 toneladas de banano y un peso total de 32 toneladas por carro.

El carro cajón vacío tiene un peso de 16,3 toneladas, en el que se transporta otros productos (cemento, azúcar, café, etc.) con unas 22 toneladas por carro y un peso de 38,2 toneladas.

El carro coche peso aproximadamente 20 toneladas, con pasajeros pesa unas 24 toneladas.

Para el cálculo del número de carros que pueden juntarse, se toman en cuenta los siguientes factores:

- El peso y potencia de la locomotora.
- Las gradientes de la vía.
- Las longitudes de los apartaderos de cruce.

El peso y la potencia de las locomotoras tanto diesel-eléctricas como eléctricas varían de una a otra, lo que influye en la carga por acarrear.

En terreno plano, las locomotoras eléctricas pueden halar fácilmente 30 carros planos, 25 carros cajón o 35 carros coche por tren, y las diesel-eléctricas tienen una menor capacidad de arrastre (de un 30% menos) que las eléctricas. Pero por las gradientes fuertes, las cuales oscilan entre el 1,5% y el 2,0% y la longitud de los apartaderos de cruce (300 m), el número se reduce a un máximo de 28 carros para la operación eléctrica y 19 para la operación diesel-eléctrica.

Esto permite calcular el peso bruto máximo de los trenes para cada tipo de operación, lo que se indica en los incisos 3.2 y 3.3.

El esquema de operación ferroviaria que se da en la actualidad, principalmente para el transporte de banano, es el siguiente: de las empacadoras de las fincas a la línea férrea troncal electrificada, o sea en los ramales se emplean locomotoras diesel de patio de una potencia menor. Hay varios puntos para la agrupación de los carros o formación de los trenes, tales como: Km 106, Leesville y Siquirres, desde esos lugares se usan locomotoras de mayor potencia (diesel-eléctricas o eléctricas) para llevar los trenes al puerto de Moín.

Para éste y otros servicios hay un horario de movimiento de trenes, el cual se ajusta a las necesidades imperantes.

A continuación, se describen brevemente las dos operaciones para hacer una comparación de las características principales y efectuar una escogencia.

### 3.2 Con Locomotoras Diesel-Eléctricas

Actualmente FECOSA tiene 4 locomotoras "Tipo 80" en operación, las cuales tienen una potencia en el motor de 1100 caballos de fuerza (810 kW) y una potencia efectiva sobre rieles de 950 caballos.

Su peso de trabajo es de 54 toneladas, lo que limita el peso bruto máximo del tren a unas 730 toneladas, por efecto de la gradiente de 1,9% al este de Siquirres.

Este peso bruto se da en un tren de banano con un máximo de 23 carros planos, 19 carros cajón y 25 carros coche, bajo las condiciones de operación antes descritas.

La velocidad máxima es de 50 kilómetros por hora sin embargo, por causa de las gradientes fuertes, tramos de vía y razones de seguridad se reduce a unos 30 kilómetros por hora. Además, de acuerdo a las especificaciones de la General Electric se estimó una vida útil de 15 años para estas locomotoras.

### 3.3 Con Locomotoras Eléctricas

Esta se da por medio de un sistema electrificado de unos 135 kilómetros (desglosados en 100 km de Moín en Km 6 hasta

el Km 106, 20 km en apartaderos o lazos de cruce y unos 15 km de vías secundarias en los patios de Río Frío, Km 106, Leesville y Siquirres) y la instalación de dos sub-estaciones con la función de transformar la energía eléctrica del ICE (138 kV, 60 Hertz, trifásico) al tipo requerido para la operación de 6 locomotoras eléctricas (25 kV, 60 Hertz, monofásico).

La potencia nominal y efectiva de las locomotoras es de 1200 kW, cuyo equivalente es de 1600 caballos de fuerza (1 cv = 0,736 kW).

Debido a las condiciones imperantes no se permite un buen aprovechamiento de toda su potencia; la gradiente de 1,9% limita el peso bruto de las carros a un máximo de 960 toneladas, el cual se da con 30 carros planos, 25 carros cajón o 35 carros coche por tren. Pero, por la longitud de los apartaderos se da un total de 28 carros con un peso de 900 toneladas.

La velocidad máxima que se permite por especificaciones en este tipo de locomotoras es de 80 kilómetros por hora en la mayor parte de la línea. Pero por razones de seguridad en las áreas urbanas y los patios, las gradientes fuertes y las curvas se reduce a unos 45 kilómetros por hora.

En el Cuadro 3.1 se describen las características operativas de las locomotoras eléctricas "Grupo 50 Ciclos" y de las diesel-eléctricas denominadas "tipo 80", de esta descripción se tomaron las locomotoras eléctricas como objeto de estudio, por tener características más favorables y por ser las de mayor uso en la línea bananera Moín-Río Frío.



De esta información y de los datos del Cuadro 3.2 obtenidos en el Departamento de Ingresos y del Taller de Siquirres de FECOSA, se calculó la utilización de la locomotora eléctrica en 3960 horas al año y el kilometraje promedio mensual de unos 6113 km y un pronóstico al año de aproximadamente 74 000 kilómetros, éstos datos se usarán en el Capítulo 5 para el cálculo del costo de operación por kilómetro del ferrocarril.

CUADRO 3.1

CÁRACTERISTICAS OPERATIVAS DE LOS DOS  
TIPOS DE LOCOMOTORAS  
(Tramo Moín-Río Frío)

	Locomotoras	
	Eléctricas	Diesel
- Potencia Nominal	1200 kW	810 kW
- Potencia efectiva sobre los rieles	1200 kW	700 kW
- Peso adherente	64 t	54 t
- Peso bruto máximo de los carros	900 t	730 t
- Número de carros por tren	28	19
- Velocidad promedio de operación	45	30
- Vida útil	más de 30 años	15 años

FUENTE: Departamento de Ingresos y Taller de Siquirres,  
FECOSA.

CUADRO 3.2  
 KILOMETRAJE Y TIEMPO DE RECORRIDO DE LAS LOCOMOTORAS ELECTRICAS  
 (MES DE JUNIO 1982)

# Locomotora	134		135		136		137		138		139		Promedio	
Tipo de servic.	km	(hr)	km	(hr)	km	(hr)	km	(hr)	km	(hr)	km	(hr)	km	(hr)
Banano	4783	241	2960	157	3493	195	4560	244	3733	222	5796	296	4221	221
Pasajeros	890	37	92	7	957	42	258	13	1619	76	108	3	654	33
Fletes	1096	57	306	20	1532	75	657	46	1389	70	684	34	944	50
Carga y Pasajeros	-	-	19	1	49	4	-	-	-	-	-	-	34	3
Mant. de vía	-	-	336	26	402	27	284	17	17	1	-	-	260	15
<b>Total</b>	<b>6769</b>	<b>335</b>	<b>3713</b>	<b>211</b>	<b>6433</b>	<b>343</b>	<b>5759</b>	<b>320</b>	<b>6758</b>	<b>369</b>	<b>6588</b>	<b>333</b>	<b>6113</b>	<b>333</b>

FUENTE: Departamento de Ingresos, FECOSA.

CAPITULO 4  
COSTOS UNITARIOS

CAPITULO 4  
COSTOS UNITARIOS

En este capítulo se hace referencia a los diferentes costos, que se van a aplicar en la determinación de los costos de operación del ferrocarril. En cada renglón o rubro se especifica el valor sin impuesto para FECOSA.

4.1 Energía Eléctrica

El precio de venta de la energía eléctrica suministrada por el sistema interconectado del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) a Ferrocarriles de Costa Rica S.A. (FECOSA), es de conformidad con facturaciones hechas con base en la tarifa y reglamento aprobados por el Servicio Nacional de Electricidad (SNE).

El kilovatio-hora lo paga FECOSA de acuerdo a las siguientes condiciones (facturas de febrero a setiembre 1982 detalladas en el Cuadro 4.1).

- a- Por los primeros 20 000 kWh a ¢ 0,86
- b- Por los restantes kilowatts-hora a ¢ 0,628

Más un cobro por demanda máxima en kilovatios entre un intervalo de tiempo (10:00 y las 12:30 horas o entre las 16:30 y las 20:00 horas ).

- Por los primeros 67 kW a ¢ 131,60/kW
- Por los restantes a ¢ 200,00/kW

Luego se adiciona un cobro por recargo térmico

Para efectos del presente estudio se tomó a ¢ 1,67/kWh, el cual se obtuvo dividiendo el promedio de los montos en co-

iones por el número de kilowatts-hora consumidos descrito en el Cuadro 4.1.

La información fue suministrada por los Departamentos de Contabilidad de FECOSA y Tarifas del ICE.

#### 4.2 Lubricantes

Los lubricantes de las locomotoras eléctricas, incluidos como componentes del costo de operación son: el aceite para caja de transmisión o para motor, aceite para piñones y coronas, aceite molykote, aceite para transformador, grasa para cojinetes, grasa grafitada para pantógrafo (ver Cuadro 4.2).

El único lubricante que se usa en los carros en general, es la grasa para cojinetes cuyo costo es de ¢ 29,80/kg. Este valor está actualizado al mes de agosto de 1982, dicha información se obtuvo del Departamento de Bodegas de FECOSA.

#### 4.3 De las Locomotoras Eléctricas Nuevas

El costo de compra de las locomotoras denominadas "Grupo 50 Ciclos" por parte de FECOSA, se fijó en moneda extranjera (marcos alemanes, francos suizos, francos franceses). En el contrato se estableció el tipo de cambio de ¢ 8,60/dólar, vigente en febrero de 1979.

Número de Locomotoras	C o s t o	¢
12	DM 9 370 911 =	5 058 521,46
	+ F F 21 473 078 =	+ 5 030 296,46
	+ F S 3 865 510 =	+ <u>2 317 174,20</u>
	T o t a l	12 405 992,12

Conversión DM 1,8525 por dólar  
FM 4,26875 por dólar  
FS 1,6682 por dólar

El tipo de cambio ₡ 8,60 por dólar da un costo por locomotora \$ 1 033 832,68 = ₡ 8 890 961,00 con una vida útil de 30 años (REF. 17).

Para efectos de calcular la depreciación del equipo se tomará el tipo de cambio inter-bancario de ₡ 40,30 por dólar, vigente al mes de agosto de 1982 obteniéndose un costo ₡ 41 663 000 por locomotora. (Datos obtenidos del Archivo de la Presidencia Ejecutiva y Departamento Financiero de FECOSA).

#### 4.4 Del Equipo Rodante Nuevo

Del Cuadro 4.3 y para el análisis presente, se tomó el carro cajón y el carro plano como representativos para los fletes y el transporte de banano respectivamente, y para el transporte de pasajeros el carro coche.

Como los precios no están actualizados se supuso que el valor de 1979 en dólares no varía con respecto a 1982, y que se usará el tipo de cambio interbancario de ₡ 40,30 por dólar al mes de agosto de 1982.

<u>Tipo de Carro</u>	<u>₡ *</u>
Plano	1 075 000
Cajón	1 209 000
Coche	1 290 000

\* Precios a agosto de 1982

La vida útil se estimó en 40 años, según FECOSA.

#### 4.5 Mantenimiento de las Locomotoras y Equipo Rodante Nuevo

##### 4.5.1 Mano de Obra

En la mano de obra del Departamento de Locomotoras se tomaron en cuenta los salarios brutos actualizados a agosto de 1982 de 23 empleados del taller tales como: ayudantes de operario, electricistas, mecánicos de frenos de aire, mecánicos automotrices.

Se obtuvo un salario promedio mensual de 3 meses (abril, mayo, agosto) de: ¢ 4 950,00, por empleado.

Además para el mantenimiento y reparación del equipo rodante se tomó en cuenta la mano de obra de los Departamentos de Reparación de Carros y de Carrocería y Carpintería.

El primero de los Departamentos incluye ayudantes de operario, mecánicos de carros, operador de montacargas, Jefe Sección Reparación de Carros, con un total de 20 empleados. Y el segundo consta de tapiceros, Jefe Sección de Carrocería y Carpintería, ebanistas, carpintero, ayudante de operario y un tornero, con un total de 19 empleados.

El salario promedio mensual de 3 meses (abril, mayo y agosto) es de:

	¢
- Departamento Reparación de Carros	6684,00
- Departamento Carrocería y Carpintería	<u>6718,00</u>
	Promedio 6700,00 por empleado

Estos salarios toman en cuenta las cargas sociales, tiem



po extraordinario y otros.

La fuente de la información fue el Departamento de Plannillas de FECOSA.

#### 4.5.2 Repuestos de Locomotoras Eléctricas

Hay una gran cantidad y variedad de repuestos para locomotoras eléctricas, con base al criterio del personal del Departamento de Locomotoras de FECOSA, se seleccionaron los repuestos que más se cambian, ya sea por mantenimiento o reparación. De los cuales se pueden citar: motor para ventilador de motor de tracción, portaescobillas, zapatas de fibra, resortes espirales y de ballesta, contactores, roles para cojinetes etc. En el Cuadro 4.4 se da su descripción con su respectivo costo.

#### 4.5.3 Ruedas de Locomotoras Eléctricas

Las ruedas de las locomotoras están formadas por una parte central y un anillo, a éste último se le aplican al cabo del tiempo tres o cuatro torneadas como máximo para volverlas a utilizar, su aprovechamiento es de unos 296 000 kilómetros en 4 años. Al final de este período se cambia un juego que consta de 8 anillos por locomotora, este se hace por un proceso de calentamiento de la rueda en un horno eléctrico.

El costo de cada anillo en 1981 era de ¢ 5345,00 (al tipo de cambio interbancario de ¢ 20,16 por dólar). Por existir una cantidad considerable en la bodega de FECOSA, se tomará como costo real el doble del costo anterior para efectos de análisis, pues al mes de agosto de 1982 el tipo de cambio interbancario fue de ¢ 40,30 por dólar.

La información fue suministrada por los Departamentos de Locomotoras y Bodegas de FECOSA.

#### 4.5.4 Repuestos de Equipo Rodante

La reparación de los carros involucra repuestos y materiales para la plataforma en los carros plano y cajón, y para la parte superior en el caso de carros coche, se utilizan materiales diversos, tales como: telas y láminas de uretano para la tapicería de asientos, láminas acrylite para ventanas, gomalaca, tipos de madera, zapatas, ruedas, resortes para el carretillo o boggie, bronce para lubricación, etc (ver Cuadro 4.5).

#### 4.6 Tripulación

Un tren lleva como tripulación a seis personas: un maquinista, un ayudante, un conductor de trenes, un estibador y un maestro de equipaje.

Se calculó un salario bruto promedio de ¢ 7 335,00. Este incluye cargas sociales, pago de feriados, horas ordinarias nocturnas, horas extras de 1 1/2 y dobles, viáticos ocasionales y subsidios que son alrededor del 42% de los salarios.

Este salario promedio se obtuvo con datos de tres meses (abril, mayo, agosto 1932) en el Departamento de Planillas de FECOSA.

#### 4.7 Mantenimiento de Vías y Estructuras

Los costos de materiales para el mantenimiento de vías y estructuras se estimaron para el tramo de Río Frío-Moín en un 0,4% de las inversiones realizadas para el primer año de uso y

se aumenta cada año hasta llegar a un 2,0% en el quinto año, el cual se mantiene constante para los años posteriores (REF.19).

Dichas inversiones se hicieron con préstamos de bancos de Francia, Suiza, Alemania y Canadá.

<u>Sistema Catenario</u>	\$
DM 9 051 980 =	4 886 359
+ FF 13 336 730 =	3 124 271
+ ¢ 30 887 570 =	3 591 578

2 Subestaciones (Siquirres y Moín).

DM 2 648 900 =	1 429 906
+ FF 3 842 815 =	900 220
+ ¢ 6 285 060 =	730 821

Vía Férrea 16 300 000

Puente sobre Río

Chirripó 4 700 000

35 663 155

El tipo de cambio establecido en el contrato de fecha febrero de 1979 fue de

1,8525 DM por dólar

1,6682 FS por dólar

4,26875 FF por dólar

¢ 8,60 por dólar

donde:

DM: marcos alemanes

FS: francos suizos

FF: francos franceses

Del monto total \$ 35 663 155 se pagó la suma \$ 4 474 284 al tipo de cambio del contrato, el resto no se ha pagado, por tanto se tomará al tipo de cambio interbancario de ¢ 40,30 por dólar , al mes de agosto de 1982.

\$ 4 474 284 (a ¢ 8,60 por dólar)	38 478 842
\$31 188 871 (a ¢ 40,30 por dólar)	1 256 911 501
T o t a l ¢ 1 295 390 343	

Tomando el 0,4% de este monto, se obtiene un costo anual de ¢ 5 181 560

#### 4.8 Por Administración

Este rubro por incluir costos adicionales del ferrocarril se tomará en un 5% de la suma de los anteriores costos de operación (REF. 19).

Estos dos últimos rubros (incisos 4.7 y 4.8) se calcularon en la forma descrita por no disponerse de información adecuada, sin embargo en futuros estudios se deberá hacer una investigación más profunda para su respectivo cálculo.

CUADRO 4.1  
CÓSTO DE LA ENERGIA ELECTRICA

Facturación del ICE a FECOSA (año 1982 )	Monto ¢	Nº de kWh	¢ /kWh
- 21 febrero al 21 de marzo	311 296,43	175 754	1,77
- 21 marzo al 21 de abril	156 699,30	233 599	0,67
- 21 abril al 21 de mayo	329 595,90	348 726	0,95
- 21 mayo al 21 de junio	659 400,34	378 462	1,74
- 1ª julio al 31 de julio	791 502,76	284 852	2,78
- 1ª setiembre al 1ª octubre	516 415,02	246 818	2,09
<hr/>			
Promedio para seis Locomotoras	460 818	278 035	1,67

\*/: FUENTE: Departamento de Contabilidad, FECOSA.

CUADRO 4.2

COSTOS DE LOS LUBRICANTES  
DE LAS LOCOMOTORAS ELECTRICAS

Descripción	¢ */
- Aceite para caja de transmisión (engranaje) y cojinetes o motor	28,50/gal
- Grasa grafitada para pantógrafo	56,25/kg
- Aceite para piñones y coronas	47,10/l
- Grasa para roles	29,80/kg
- Molykote (aceite)	133,90/l
- Aceite para transformador (se cambia cuando hay fugas)	24,50/l

\*/: Costos actualizados a agosto 1982, sin impuestos.

FUENTE: Departamento de Locomotoras y Bodegas de FECOSA.

CUADRO 4.3

COSTO DEL EQUIPO RODANTE NUEVO

Tipo de Carro	US \$	¢ */
- Gondola volteo	30 000	1 209 000
- Gondola ballasto	28 000	1 228 400
- Plano	25 000	1 075 000
- Cajón	30 000	1 209 000
- Coche metálico	32 000	1 290 000
- Coche madera	22 000	887 000
- Caboóse	-	500 000

\*/: Costos a agosto 1982, al tipo de cambio inter-bancario de  
 ¢ 40,30 por dólar.

FUENTE: Departamento de Contabilidad y Proyectos, FECOSA.

CUADRO 4.4

COSTOS UNITARIOS DE REPUESTOS  
PARA LOCOMOTORAS ELECTRICAS  
(Grupo 50 Ciclos)

Descripción	¢ *
Motor de tracción	1 569 301,20
Roles para cojinetes	936,35
Porta escobillas (de amortiguamiento de célula)	7 026,80
Motor para ventilador del enfriador de aceite	64 110,50
Escobilla para contactos a tierra	2 236,80
Escobilla de carbón	287,00
Porta escobilla (del compresor principal)	1 104,00
Contacto para pantógrafo (caña de carbón)	3 023,20
Contacto fijo	20,80
Contacto móvil	1 080,80
Zapatillas de fibra	2 066,00
Resortes ballesta	3 723,00
Hojas maestras para resortes	1 462,00
Resortes espirales	1 051,70
Porta escobilla para motor de tracción	3 948,00
Tapas para switch K-7677	63,80
Palancas para switch K-7677	163,00
Cajas para switch de levas	163,00
Resortes para palancas de switch	47,30
Motor cc P/ventilador de motor de tracción	48 000,00
Contactos para interruptor de levas	129,80
Anillos de hule para pistón contactor	17,00

\*/: NCTA: Al tipo de cambio inter-bancario de ¢ 40,30 por dólar precios a agosto 1982.

FUENTE: Departamento de Bodegas y Financiero de FECOSA.



CUADRO 4.5

MATERIALES Y REPUESTOS PARA EQUIPO RODANTE NUEVO

Descripción	¢ */
Tela para tapicería de asientos	179,80/m
Empaque de hule para ventana	94,30/m
Tornillos	1,30 c/u
Clavos	35,80/kg
Tachuelas	15,00/kg
Gomalaca para charol	137,00/kg
Láminas de uretano	280,00 c/u
Láminas acrylite	4946,00 c/u
Láminas de plywood	227,00 c/u
Galón de pegamento para madera	500,00 gal
Piezas madera boterrama	30,00 c/u
Piezas madera pochote	280,00 c/u
Piezas madera semidura	72,60 c/u
Piezas madera cedro	320,00 c/u
Zapatas	110,00 c/u
Ruedas	5500,00 c/u
Resortes ballesta (coches)	3723,00
Resortes espirales (coches y cajón)	1051,70
Hojas maestras para resortes	1462,00
Muñoneras y bronces para lubricación	300,00 c/u

\*/: Precios actualizados a agosto de 1982.

CAPITULO 5  
COSTOS DE OPERACION POR KILOMETRO DEL FERROCARRIL  
MOIN - RIO FRIO

## CAPITULO 5

### COSTOS DE OPERACION POR KILOMETRO DEL FERROCARRIL MOIN - RIO FRIO

El objetivo principal de esta parte del estudio, es calcular las cantidades físicas que determinan los costos de funcionamiento del ferrocarril Moín-Río Frío. Tales cantidades se refieren a los consumos de energía eléctrica, lubricantes, mantenimiento y depreciación por kilómetro, bajo condiciones óptimas de vía férrea, pendiente, etc. Se adopta en este capítulo la metodología de Jan de Weille (REF. 4) y de REF. 17.

#### 5.1 Depreciación del Equipo Tractivo y Rodante

La depreciación del ferrocarril (locomotora más carros) es un rubro importante en los gastos de funcionamiento, pero en la práctica no se puede determinar su desgaste real, sino que por medio de métodos empíricos se puede calcular esa depreciación.

De manera que tomando en consideración los valores iniciales de la locomotora eléctrica y de los carros:

- Locomotora eléctrica	¢ 41 663 000
- Carro plano	1 075 000
- Carro cajón	1 209 000
- Carro coche	1 290 000

se calcula la distribución de la depreciación por kilómetro.

Para las locomotoras eléctricas "Grupo 50 Ciclos" se obtuvo un tiempo promedio de 4 días fuera de servicio (en el taller) al mes y un total de 48 días al año (ver Cuadro 5.1), lo que da 317 días útiles de operación (12,5 horas diarias). Así, se obtiene un total de 3960 horas al año y del Cuadro 3.2 un kilometraje anual de 74 000 kilómetros.

Según la casa fabricante alemana, dichas locomotoras tienen una vida útil de 30 años, además se utilizó el método de depreciación "lineal" por ser el que recomienda el Departamento de Auditoría de la Dirección General de Tributación Directa y de acuerdo a REF. 17.

El valor depreciable se calculó por diferencia de la inversión inicial y el valor de rescate (estimado en un 10% de la inversión original, según REF. 17).

$$\text{Valor Depreciable} = \text{¢ } 41\,663\,000 - 4\,166\,000 = \text{¢ } 37\,497\,000$$

$$317 \times 12,5 \times 30 = 118\,875 \text{ (total de horas en la vida útil)}$$

$$\frac{37\,497\,000}{118\,875} = \text{¢ } 315,43/\text{hr}$$

$$\frac{315,43 \times 3960}{74\,000} = \text{¢ } 16,88/\text{km}$$

Para el equipo rodante se tomó una vida útil de 40 años, con un valor de rescate igual a cero, según la experiencia del personal de FECOSA.

El equipo opera 317 días al año, el número de horas diarias se calculó con base en el dato del Cuadro 3.2 de 226 horas por mes para el transporte de banano, que significa un 69% del total de 327 horas mensuales. Si la locomotora opera 12,5 horas diarias, el 69% de éste valor da 8,5 horas por día para el equipo rodante.

Su cálculo es el siguiente:

$$317 \times 8,5 \times 40 = 107\,780 \text{ (horas en la vida útil)}$$

- Carro plano =  $\frac{1\ 075\ 000}{107\ 780} = \text{¢ } 9,97/\text{hr}$
- Carro cajón =  $\frac{1\ 209\ 000}{107\ 780} = \text{¢ } 11,22/\text{hr}$
- Carro coche =  $\frac{1\ 290\ 000}{107\ 780} = \text{¢ } 11,97/\text{hr}$

Del Cuadro 3.2 se obtiene aproximadamente el kilometraje y tiempo operado promedio anual del tren, con el siguiente cálculo:

	<u>km/año</u>	<u>hr/año</u>
- Carro plano 4221 x 12=	50 652	226 x 12= 2712
- Carro cajón 944 x 12=	11 328	50 x 12= 600
- Carro coche 654 x 12=	7 848	30 x 12= 360

Dando una distribución de depreciación por kilómetro del equipo rodante de:

- Carro plano  $\frac{9,97 \times 2712}{50\ 652} = \text{¢ } 0,53/\text{km}$
- Carro cajón  $\frac{11,22 \times 600}{11\ 328} = \text{¢ } 0,59/\text{km}$
- Carro coche  $\frac{11,97 \times 360}{7\ 848} = \text{¢ } 0,55/\text{km}$

## 5.2 Mantenimiento

### 5.2.1 Mano de Obra

El costo de la mano de obra se expresan en horas de mantenimiento por kilómetro recorrido, y se determina de la misma manera que se calculó la depreciación.

Pero al no existir información suficiente se determinó con datos obtenidos del Taller y del Departamento de Planillas de FECOSA.

Para la mano de obra aplicada a las locomotoras eléctricas, se supuso que los trabajadores del taller (23 empleados) laboran 240 horas por mes y con un salario promedio mensual de ¢ 4950,00 por empleado. Además, en la línea (Moín-Río Frío) operan un número de 6 locomotoras.

$$\frac{23 \times 4950 \times 12}{6} = \text{¢ } 227\,700/\text{locomotora al año}$$

Como al año recorre unos 74 000 kilómetros, se obtiene un costo de:

$$\frac{227\,700}{74\,000} = \text{¢ } 3,08/\text{km}$$

Para la mano de obra del equipo rodante, se tomaron en cuenta la de los Departamentos de Carrocería y Carpintería y de Reparación de Carros del Taller de FECOSA, con un total de 240 horas laboradas por mes (8 horas diarias/carro); para un total de 39 empleados el salario promedio mensual con las cargas sociales es de ¢ 6700,00 por empleado.

$$\frac{6700 \times 39}{240} = \text{¢ } 1088,75/\text{hora taller}$$

Luego se tomó la información suministrada por los Departamentos de Transportes, Taller e Ingresos de FECOSA.

<u>Tipo</u>	<u># carros (zona de Limón)</u>	<u># carros al taller/mes</u>
- Carro cajón	300	6
- Carro coche	25	2
- Carro plano	92	4

Dando un resultado de:

- Carro cajón      6 x 12 x 8 = 576 horas al año de taller
- Carro coche     2 x 12 x 8 = 192 horas al año de taller
- Carro plano     4 x 12 x 8 = 384 horas al año de taller

Obteniéndose un costo por concepto de mano de obra de:

$$\text{- Carro cajón (para fletes)} \quad \frac{576 \times 1088,75}{11\ 328} = \text{¢ } 55,36/\text{km}$$

$$\text{- Carro coche (pasajeros)} \quad \frac{192 \times 1088,75}{7\ 848} = \text{¢ } 26,64/\text{km}$$

$$\text{- Carro plano (banano)} \quad \frac{384 \times 1088,75}{50\ 652} = \text{¢ } 8,25/\text{km}$$

### 5.2.2 Repuestos de Equipo Tractivo

Con respecto a los repuestos al igual que la mano de obra hubo que investigar los costos de cada repuesto en el Departamento de Bodega y Proveeduría, y su período de cambio. Se muestran en el Cuadro 5.2 los diferentes repuestos para locomotoras eléctricas dando un costo de ¢ 5,67 por kilómetro.

### 5.2.3 Ruedas de Locomotoras Eléctricas

Se efectuó un análisis del consumo de las ruedas, de acuerdo con la experiencia de personeros del Departamento de Locomotoras de FECOSA, para establecer su desgaste real.

Se tomaron en cuenta las siguientes anotaciones:

- a- Por la calidad de las ruedas al durar un recorrido alrededor de 296 000 km en 4 años de uso (74 000 km al año).
- b- Dan oportunidad de volverlas a utilizar dándoles unas 3 ó 4 torneadas al anillo exterior como máximo.
- c- El desgaste ocurre por el uso del frenado, por mayor capacidad de arrastre, por mayor número de curvas y gradientes y por la condición y tipo de vía férrea.

El costo es de ¢ 10 691,00 por anillo, el cambio por desgaste se hace total, se cambia un juego completo de 8 anillos por locomotora. El valor del juego es de ¢ 85 535,00 y al tener la locomotora un recorrido de 296 000 km en las 4 años de aprovechamiento de los anillos, éstos se cambian.

De lo anterior se obtuvo un costo de ¢ 0,29/km



#### 5.2.4 Materiales y Repuestos de Equipo Rodante

En estos se tomó en consideración la experiencia de los jefes de Reparación de Carros y de Carrocería y Carpintería, con respecto a su período de cambio. Los datos se muestran en el Cuadro 5.3.

El costo por kilómetro es de:

- para carro plano y cajón                      ¢ 2,10/km
- para carro coche                                      ¢ 2,41/km

#### 5.3 Lubricantes

El consumo de los lubricantes para locomotoras eléctricas, se obtuvo de manera similar a como se procedió en el caso de los repuestos.

Se indagaron precios de cada lubricante en el Departamento de Bodega de FECOSA y que período se establece para su respectivo cambio. Estos datos se muestran en el Cuadro 5.4 dando un costo total de ¢ 0,12/km. Para el equipo rodante la grasa se cambia cada dos años, por lo que el costo por kilómetro es poco significativo.

#### 5.4 Tripulación

Está formada por 6 personas cuyo salario bruto promedio mensual es de ¢ 7335,00 y con base en los datos de 327 horas por mes, o sea 3924 horas por año de trabajo y un recorrido de 74 000 km al año, obtenidos del Cuadro 3.2, se calcula el costo de la siguiente manera:

$$\frac{7335 \times 6}{327} = \text{¢ } 134,59/\text{hora}$$

$$\frac{134,59 \times 3924}{74\ 000} = \text{¢ } 7,14/\text{km}$$

### 5.5 Energía Eléctrica

Para el ferrocarril bananero Moín-Río Frío, existe un contrato por la compra de la energía suministrada en las sub-estaciones del ICE en Siquirres y Moín, por medio de facturas que éste le hace a FECOSA en cada mes.

Estas facturas se detallan en el Cuadro 4.1, con sus respectivos montos a cobrar en colones y el número de kilowatts-hora consumidos, dando un costo promedio de ¢ 1,67/kWh y un monto promedio mensual de ¢ 460 818,00. Al año da un total de ¢ 5 529 816,00 que dividido por el kilometraje anual de la locomotora (74 000 km) y por las 6 locomotoras en operación, da un costo por kilómetro de:

$$\frac{5\ 529\ 816}{74\ 000 \times 6} = \text{¢ } 12,50/\text{km}$$

### 5.6 Mantenimiento de Vías y Estructuras

Con base en las inversiones realizadas por FECOSA, el cálculo de este rubro dió un monto anual de ¢ 5 181 560 (Capítulo 4, inciso 4.7), que dividido por el recorrido de 74 000 kilómetros anuales (Cuadro 3.2), se obtiene el siguiente resultado.

$$\frac{5\ 181\ 560}{74\ 000} = \text{¢ } 70,00/\text{km}$$

### 5.7 Por Administración

Este rubro se tomó en un 5% de la suma de los anteriores costos de operación, la cual dió un monto de ¢ 214,21/km.

El costo es de  $214,21 \times 0,05 = \text{¢ } 10,71/\text{km}$

### 5.8 Costos Totales del Ferrocarril Moín-Río Frío

A continuación se muestran los costos totales por kilómetro recorrido de cada rubro detallados anteriormente.

<u>Rubro</u>	<u>Elemento</u>	<u>¢/km (anual)</u>
- <u>Depreciación</u>	Locomotora eléctrica	16,88
	Carro plano	0,53
	Carro cajón	0,59
	Carro coche	0,55
- <u>Mano de Obra</u>	Locomotora eléctrica	3,08
	Carro plano	8,25
	Carro cajón	55,36
	Carro coche	26,64
- <u>Repuestos</u>	Locomotora eléctrica	5,67
	Ruedas de locomotora	0,29
	Carro plano	2,10
	Carro cajón	2,10
	Carro coche	2,41
- <u>Lubricantes</u>	Locomotora eléctrica	0,12
- <u>Tripulación</u>		7,14
- <u>Energía eléctrica</u>		12,50
- <u>Mant. de Vías y Estructuras</u>		70,00
- <u>Por Administración</u>		<u>10,71</u>
	TOTAL	¢ 224,92/km

### 5.9 Costos Totales por Tipo de Carga

En la línea bananera Moín-Río Frío se realiza el transporte continuo de tres elementos: banano, productos varios y pasajeros.

Con base en el Cuadro 3.2 se obtienen los siguientes kilometrajes:

	<u>Mensual</u>	<u>Anual</u>
Transporte de banano	4221	50 652
Fletes (productos varios)	944	11 328
Pasajeros	654	<u>7 848</u>
TOTAL		69 828

Del cálculo de la depreciación (¢ 16,88/km), mano de obra (¢ 3,08/km) y repuestos (¢ 5,67/km) de la locomotora eléctrica detallados en el inciso anterior, se calcularon para cada tipo de transporte de carga sus respectivos rubros:

- Transporte de Banano		<u>¢/km</u>
Depreciación	$\frac{50\ 652 \times 16,88}{69\ 828}$	= 12,24
Mano de Obra	$\frac{50\ 652 \times 3,08}{69\ 828}$	= 2,23
Repuestos	$\frac{50\ 652 \times 5,67}{69\ 828}$	= 4,11

- Fletes (otros productos)		₡/km
Depreciación	$\frac{11\ 328 \times 16,88}{69\ 828}$	= 2,74
Mano de Obra	$\frac{11\ 328 \times 3,08}{69\ 828}$	= 0,50
Repuestos	$\frac{11\ 328 \times 5,67}{69\ 828}$	= 0,92
- Transporte de Pasajeros		
Se calcula por diferencia		
Depreciación	$16,88 - (12,24 + 2,74) =$	1,90
Mano de Obra	$3,08 - (2,23 + 0,50) =$	0,35
Repuestos	$5,67 - (4,11 + 0,92) =$	0,64

A continuación se detalla el costo por kilómetro recorrido de cada tipo de transporte

#### Transporte de Banano

La movilización de cajas de banano se realiza corrientemente con el carro "plano".

De los resultados anteriores de depreciación, mano de obra y repuestos más los otros rubros (lubricantes, tripulación, energía eléctrica) tomados de los costos totales del tren, da el siguiente costo por kilómetro recorrido:

	Locomotora Eléct. ₡/km	Carro Plano ₡/km
Depreciación	12,24	0,53
Mano de Obra	2,23	8,25
Repuestos	4,11	2,10
Lubricantes	0,12	-
Tripulación	7,14	-
Energía Eléctrica	<u>12,50</u>	<u>-</u>
	38,34	10,88
COSTO TOTAL ANUAL	₡ 49,22/km	

Transporte de otros productos (Fletes)

Dentro de este se considera el transporte de: tanques diesel, azúcar, bunker, lingotes de acero, cemento, carros locales, etc., el cual se hace por medio del carro "cajón".

A continuación se detallan los rubros por concepto de:

	Locomotora Eléct. ₡/km	Carro Cajón ₡/km
Depreciación	2,74	0,59
Mano de Obra	0,50	55,36
Repuestos	0,92	2,10
Lubricantes	0,12	-
Tripulación	7,14	-
Energía Eléctrica	<u>12,50</u>	<u>-</u>
	23,92	58,05
COSTO TOTAL ANUAL	₡ 81,97/km	

### Transporte de Pasajeros

Este es de menor movimiento en la zona, el cual se desarrolla con carros "coche", cuyo cálculo del costo por kilómetro de los diferentes rubros, se detalla de la siguiente manera:

	Locomotora Eléct. ¢/km	Carro Coche ¢/km
Depreciación	1,90	0,55
Mano de Obra	0,35	26,64
Repuestos	0,64	2,41
Lubricantes	0,12	-
Tripulación	7,14	-
Energía Eléctrica	<u>12,50</u>	<u>-</u>
	22,65	29,60
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	<b>¢ 52,25/km</b>	

NUMERO DE TRENES Y TIEMPO  
DIARIOS EN SERVICIO DE LAS  
LOCOMOTORAS ELECTRICAS  
(Mes Junio de 1982)

# Locomotora	134			135			136			137			138			139		
Tipo servicio	B	P	F	B	P	F	B	P	F	B	P	F	B	P	F	B	P	F
Nº Día																		
1	1			2	1		1			1			1	2	2	1		
2	1			1			1	1	1	2			1	1		2		
3	1	1	1	2	1		1	1		3	1		1	3	1	2		
4	2				2	1	1	2	1		1		1	1	2	3		
5	2	2	1										1	3	1	2		
6	1						2	2	1	2			1	1				
7	1							1	4	1			1	2	2	2		
8	1			1			1			1								2
9			1			1	1						1			1		
10							1						2	1		1		
11										2	1		2		1	1		
12	1						1	1					2		1			
13	1		1						1	1			1			1		
14	1	1	2	1						2	2		1			1		
15	1	1		2			1			2			1			1		
16	1	1		1	1	1	1			2					1	2		
17		1			1		1	2	1	1	1	1	1					
18	2						2			2			2			1		
19	3			1			1	2	2				1					1
20									2				1	2		1		
21	1			1			1	1	3									
22	1			1			1	1		2			1			3		1
23	2			2						1	1	1	1	2	1	1		
24	2	1		2						1	1	1	1	2	2	1		
25	1	1	2	1				2	1	2			2					
26		2	2	1			1			1	2					3		
27		1							1			1		1	2	1		1
28	1						2				1		1			2	3	1
29	1	2	1				2			1	1		1		1	2		
30	1	2	1	1		1	1	1		1		1		1	2	2		
Total trenes	30	16	12	20	7	6	25	17	19	32	7	7	29	24	17	39	3	8
Nº de viajes	23	12	12	15	4	6	21	12	12	21	5	7	24	14	11	25	1	6
Días fuera de servicio	3			9			3			5			2			2		

B: Transporte de banano

P: Transporte de pasajeros

F: Servicio de fletes

FUENTE: Departamento de Ingresos, FECOSA.



CUADRO 5.2

COSTOS DE REPUESTOS Y SUS PERIODOS DE CAMBIO  
DE LAS LOCOMOTORAS ELECTRICAS  
(Grupo 50 Ciclos)

Descripción	Período de Cambio	¢/km
- Motor de tracción	10 años	2,12
- Roles para cojinetes	100 000 km	0,01
- Porta escobillas (de amortiguamiento de célula)	100 000 km	0,07
- Motor para ventilador del enfriador de aceite	6 meses	1,73
- Escobilla para contactor	30 000 km	0,07
- Escobilla de carbón	30 000 km	0,01
- Portaescobilla (del compresor principal)	100 000 km	0,01
- Contacto para pantógrafo (caña de carbón)	1 año	0,04
- Contacto fijo	200 000 km	-
- Contacto móvil	200 000 km	0,01
- Zapatas de fibra	100 000 km	0,02
- Resortes ballesta	5 000 km	0,74
- Resortes espirales	5 000 km	0,21
- Hojas maestras para resortes	5 000 km	0,29
- Portaescobilla para motor de tracción	200 000 km	0,02
- Tapas para swith K-7677	3 años	-
- Cajas para swith de levas	3 años	-
- Resortes para palancas de swith	3 años	-
- Motor cc.p/ventilador de motor de tracción	2 años	0,32
- Palancas para swith K-7677	3 años	-
- Contactos para interruptor de levas	1 año	-
- Anillos de hule para pistón contacto	3 años	-
<b>T o t a l</b>		<b>5,67</b>

\*/: Precios actualizados a agosto de 1982, tipo de cambio  
¢ 40,30 por dólar.

FUENTE: Departamentos de Bodegas, Taller y Financiero de FECOSA.

CUADRO 5.3

COSTOS DE MATERIALES Y REPUESTOS DEL EQUIPO RODANTE  
NUEVO

Descripción	Cantidad Promedio (en un mes)	¢
- Tela para tapicería de asientos	8 m.	1 438,00
- Empaque de hule para ventana	11 m.	1 034,00
- Tornillos	145	190,00
- Clavos	23 kg	823,00
- Tachuelas	3 kg	45,00
- Gomalaca para charol	1 kg	137,00
- Láminas de uretano	3	840,00
- Láminas de acrylite	6	29 700,00
- Láminas de plywood	5	1 135,00
- Pegamento para madera	1 gal.	500,00
- Madera botarrama	16 piezas	480,00
- Madera pochote	20 piezas	5 600,00
- Madera semidura	7 piezas	510,00
- Madera cedro	7 piezas	<u>2 240,00</u>
		45 172,00
Costo por kilómetro		¢ 0,31/km
	Período de Cambio	Cantidad ¢/km
- Zapatas	6 200 km	8 0,14
- Resortes ballesta	50 000 km	12 0,90
- Hojas maestras para resortes	50 000 km	12 0,35
- Resortes espirales	50 000 km	32 0,67
- Muñoneras o bronce para lubricación	50 000 km	8 0,05
<b>T o t a l</b>		<b>¢ <u>2,10</u> km</b>

NOTA: Precios al mes de agosto de 1982.

CUADRO 5.4

COSTOS DE LOS LUBRICANTES Y SU PERIODO DE CAMBIO  
DE LAS LOCOMOTORAS ELECTRICAS

Descripción	¢ *	Período de Cambio	¢/km X10 <sup>-3</sup>
- Aceite para caja transmisión (engranaje) y cojinetes o para motor	28,50/ gal	1 gal/6 meses	0,77
- Grasa grafitada para pantógrafo.	56,25/kg	1 kg/6 meses	1,52
- Aceite para piñones y coronas	47,10/1	1t/1000 km	47,10
- Grasa para roles	25,80/kg	4 kg/5000 km	23,80
- Molykote	133,93/1	1 l /5000 km	26,80
- Aceite para transformador	24,58/1	5 l./mes	19,93
Total			¢ 0,12/km

\*/: Precios actualizados a 1982 con un 25% de aumento

FUENTE: Departamento de Locomotoras y Bodega de FECOSA.

## CAPITULO 6

### COSTO DIARIO DE LAS LOCOMOTORAS ELECTRICAS

## CAPITULO 6

### COSTO DIARIO DE LAS LOCOMOTORAS ELECTRICAS

El costo del tiempo de la locomotora o costo diario de la locomotora eléctrica, es una cifra de uso habitual por los empresarios, que la requieren para su control interno, o para sus negociaciones.

Para obtener el "costo diario" de una locomotora eléctrica, se deben de considerar, en primer lugar, las depreciaciones y los costos de capital (según REF. 18) y adicionarles los costos propios de la locomotora que se determinan a continuación.

#### 6.1 Depreciaciones

La depreciación puede definirse, como la disminución del valor de un bien material con el transcurso del tiempo (REF.16).

Se puede clasificar en tres categorías: puede ser material, funcional o accidental.

La depreciación material corresponde al deterioro por acción ambiental, por ejemplo corrosión, desgaste por uso, abrasión, etc.

La depreciación funcional no es por deterioro material, sino que proviene del cambio en la demanda de los servicios que el bien debe proporcionar; y se presenta como:

- Obsolescencia resultante de la existencia de otro bien que resulte superior, y resulte antieconómico con

- tinuar con el uso del bien original, o
- Incapacidad del bien para cumplir la demanda requerida.

Todos estos modos de depreciación, se presentan en las locomotoras en servicio.

La pérdida del valor de la locomotora con el transcurso del tiempo, constituye un costo que debe ser considerado por la empresa ferroviaria.

El método de registro de la depreciación de mayor uso en el ambiente ferroviario, es la depreciación lineal (REF. 17) en la cual se estima la vida de la locomotora en años de servicio remanente, la que sirve de divisor al valor de adquisición:

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Inversión}}{\text{años de vida útil}}$$

En este caso, se obtiene una cifra anual constante, mediante la cual se debe ir registrando, año a año en los libros de la empresa, el deterioro o pérdida de valor de la inversión en este caso la locomotora con el transcurso del tiempo.

El valor de la locomotora que aparecerá en los libros, una vez hecha la depreciación anual, se le denomina "valor en libros".

Este valor o monto no depreciado de la locomotora es parte de la inversión o capital que aún permanece en la empresa.

## 6.2 Costo de Capital

El capital, o aquella parte de la inversión que se destina a las actividades de la empresa y permanece en ella, tiene derecho a una remuneración o tasa de interés, que representa un costo. Esta tasa de interés es un costo efectivo y real, que corresponde al valor del dinero, o sea lo que habría ganado un inversionista con su capital si lo hubiera colocado en una cuenta de ahorro en un banco con un menor riesgo.

La tasa de interés que puede obtener un inversionista por su dinero, es proporcional al riesgo y puede estimarse que varía de 12% al 18% anual.

En este caso, se consideró como costo de capital una tasa de 15% anual, para el gobierno.

En el Cuadro 6.1, se ha calculado la depreciación anual por el método lineal, y el costo de capital de una inversión de ¢ 41 663 000 que corresponde al monto de adquisición de una locomotora "Grupo 50 Ciclos", al tipo de cambio interbancario del ¢ 40,30 por dólar, con una edad y vida útil estimada en 30 años y un valor residual del 10% a los 30 años de vida útil de ¢ 4 166 000 (REF. 17 y 18).

En las dos últimas columnas y a manera de comprobación se han aplicado factores de actualización o descuento (REF.16), a las sumas de depreciación anual más intereses, confirmando que la suma del monto actualizado al 15% anual corresponde a la inversión original ¢ 41 663 000,00.

Siempre debe cumplirse para cualquier activo, que la suma de los valores actualizados de los costos anuales de capi-

tal (intereses más depreciación) correspondiente a la vida económica prevista del activo es igual al costo original de dicho activo menos el valor residual (REF.18).

Puede observarse que las sumas anuales de la columna antepenúltima del Cuadro 6.1, que representan la depreciación más intereses, varían anualmente. Esto es un inconveniente cuando se quiere establecer un precio o "costo diario" a una locomotora.

Para solucionar esto se recurrió a usar el costo anual equivalente, que dan cuotas anuales iguales (Ver columna 5 del Cuadro 6.2).

Las anualidades iguales se obtienen multiplicando el monto de la inversión por el siguiente factor.

$$\text{Anualidades de igual monto} = \frac{i}{\underbrace{1 - (1 + i)^{-n}}_{\text{Factor}}} \times \text{Inversión}$$

donde :  $i$  = tasa de interés anual

$n$  = años de vida útil

En el presente caso al introducir los valores numéricos se obtiene:

$$\frac{0,15}{1 - (1,15)^{-30}} = 0,1523002$$

que multiplicado por el monto de la inversión (¢ 37 497 000) proporciona la suma anual de depreciación más intereses de ¢ 5 710 801,00.



### 6.3 Costos Propios de Operación de las Locomotoras

Una de las mayores dificultades por no decir la principal en la ejecución de este trabajo, ha sido conseguir información sobre costos y gastos de la explotación ferrocarrilera.

Generalmente el analista no se satisface con cifras globales por ejemplo "costos diarios" de las locomotoras, sino que requiere para su trabajo informaciones más desglosadas o desmenuzadas, sobre las cuales poder sacar conclusiones de carácter general.

Los costos y gastos propios de las locomotoras eléctricas se subdividen de manera semejante al tren, en los siguientes rubros:

- Costos de la tripulación, incluidos sobre tiempos y beneficios o cargas sociales
- Reparaciones y mantenimiento de la locomotora
- Consumo de energía
- Repuestos
- Lubricantes
- Seguros

Generalmente se adiciona a la lista anterior, la cuota correspondiente aplicada a la locomotora por:

- Gastos de administración, que también consideraremos.

Estos costos y gastos propios de la locomotora, tiene por objeto establecer la serie de egresos de dinero. Las "Depreciaciones" que sin duda son un rubro de costo, pero no

significan un egreso de dinero, lo que ameritó hacer su análisis y cálculo por separado de estos costos y gastos de la locomotora.

Se analizará la composición y el valor de los distintos rubros de costos y gastos, en el mismo orden en que aparecen en la lista anterior.

#### 6.3.1 Tripulación

La tripulación de las locomotoras consta en general, de dos personas un maquinista y su ayudante.

El costo de la tripulación, está subdividida en :

- a) Sueldos o remuneración contractual directa
- b) Pago de horas extraordinarias, horas ordinarias nocturnas, horas extras dobles, y viáticos ocasionales.
- c) Beneficios sociales y subsidios

Si el rubro a) se considera igual a un 100%, los rubros b) y c) representan un 60% de la remuneración contractual directa.

El monto mensual de la remuneración promedio es de alrededor ¢ 7 400 mensuales, por empleado.

El total de los costos anuales de la tripulación será:  
¢ 177 600.

#### 6.3.2 Reparación y Mantenimiento

Este rubro se calculó con base en los datos de la mano de obra de la locomotora obtenidos en el capítulo anterior, lo que dió para los 23 trabajadores del taller (específicamente del

Departamento de Locomotoras) un salario promedio mensual de ¢ 4950,00 por empleado y su costo total anual es de ¢ 1 366 200.

#### 6.3.3 Consumo de Energía

Este se calculó tomando en cuenta la facturación que el ICE le hace a FECOSA por el suministro de la energía.

El costo por kilómetro fue de ¢ 12,50 (dato del inciso 5.7), si la locomotora recorre aproximadamente 74 000 kilómetros al año en el tramo ferroviario Río Frío-Moín, el cual se multiplica por ¢ 12,50/km, da un monto anual de: ¢ 925 000,00.

#### 6.3.4 Repuestos

Este rubro se deduce sumando los costos (repuestos más ruedas) por kilómetro de la locomotora eléctrica obtenido en el capítulo anterior, el cual dió un costo de ¢ 5,96 por kilómetro que multiplicado por su recorrido anual (74000 km) da un costo anual de ¢ 441 000,00.

#### 6.3.5 Lubricantes

De la información del capítulo 5 el costo efectivo de lubricantes, es del orden de ¢ 0,12 por kilómetro para locomotoras, considerando el recorrido de 74 000 kilómetros, al año. Da una costo anual de ¢ 8900,00.

#### 6.3.6 Seguros

Este rubro se compone de algunos items de riesgo en que se incurre, previo a la puesta en servicio de la locomotora, por ejemplo el seguro de vida y accidentes de la tripulación y si la

locomotora tuviera un accidente.

El seguro de responsabilidad civil pagado por FECOSA al INS da un monto de ¢ 110 000 por trimestre, cuyo costo anual es de ¢ 440 000, no se incluye daños a la locomotora por accidente.

Este seguro parece bajo en comparación con otros de otros países, por lo que debiera considerarse la posibilidad de aumentarlo por lo menos al doble, o sea a ¢ 880 000 anuales.

#### 6.3.7 Costos de Administración

Corresponde al cuota de gastos de las oficinas centrales de la empresa ferroviaria (FECOSA).

Estos se calcularon con base en la suma de los demás costos propios de la locomotora eléctrica (¢ 3 798 700).

Se obtuvo para una locomotora eléctrica, el costo por administración de ¢ 190 000 anuales, estimado en un 5% del total anterior (REF. 19).

#### 6.4 Resumen de Costos

Los costos cuya descripción detallada se hizo anteriormente, se han dado al mes de agosto de 1982. A continuación se dará el costo total anual de la locomotora, los porcentajes de los diferentes rubros se obtuvieron con base en el valor de la locomotora de ¢ 41 663 000 (100%).

Costos propios de la locomotora	%	₡
- Tripulación	0,43	177 600
- Reparación y mantenimiento	3,28	1 366 200
- Energía eléctrica	2,22	925 000
- Repuestos	1,06	441 000
- Lubricantes	0,02	8 900
- Seguros	2,11	880 000
- Administración	<u>0,46</u>	<u>190 000</u>
	9,58 +	3 988 700 +
* Depreciaciones y costos de capital	15,00	5 710 801
Total	24,58	<u>9 699 501</u>

\* Calculados con respecto al valor depreciable de ₡ 37 497 000 y con un valor residual del 10%.

Resultando así, para el tiempo activo de operación anual "ta" considerado en 164 días el cual resulta de dividir 3924 horas útiles al año entre 24 horas, del cuadro 3.2 se obtiene

$$327 \times 12 = 3924 \text{ horas útiles al año}$$

$$\frac{327}{26} = 12,5 \text{ horas de operación diarias}$$

$$\frac{3924}{24} = 164 \text{ días por año}$$

Un costo diario por locomotora de:

$$\begin{aligned} \text{Costo diario} &= \frac{\text{Costo Anual}}{\text{Tiempo activo "ta"}} \\ &= \frac{9\ 699\ 501}{164} \\ &= \underline{59\ 140,00} \end{aligned}$$

Y el costo por hora incluyendo depreciación es de:

$$\begin{array}{r} \underline{9\ 699\ 501} \\ 3924 \\ = \text{¢ } 2470,00 \end{array}$$

CUADRO 6.1

DEPRECIACION LINEAL Y COSTOS DE CAPITAL AL 15% ANUAL  
PARA UNA LOCOMOTORA GRUPO 50 CICLOS

Año	Valor en Libros de la Locomotora	Depreciación Anual	15% de intereses s/ Valor en libros de la Locomotora	Suma de Depreciación + Intereses	Factores de Actualización 15% Anual	Monto Actualizado de Depreciación + Intereses
1	37 497 000	1 249 900	5 624 550	6 874 450	0,86957	5 977 815
2	36 247 100	1 249 900	5 437 065	6 686 965	0,75614	5 056 281
3	34 997 200	1 249 900	5 249 580	6 499 480	0,65752	4 273 538
4	33 747 300	1 249 900	5 062 095	6 311 995	0,57175	3 608 883
5	32 497 400	1 249 900	4 874 610	6 124 510	0,49718	3 044 983
6	31 247 500	1 249 900	4 687 125	5 937 025	0,43233	2 566 754
7	29 997 600	1 249 900	4 499 640	5 749 540	0,37594	2 161 482
8	28 747 700	1 249 900	4 312 155	5 562 055	0,32690	1 818 235
9	27 497 800	1 249 900	4 124 670	5 374 570	0,28426	1 527 775
10	26 247 900	1 249 900	3 937 185	5 187 085	0,24718	1 282 143
11	24 998 900	1 249 900	3 749 700	4 999 600	0,21494	1 074 614
12	23 748 100	1 249 900	3 562 215	4 812 115	0,18691	899 432
13	22 498 200	1 249 900	3 374 730	4 624 630	0,16253	751 641
14	21 248 300	1 249 900	3 187 245	4 437 145	0,14133	627 101
15	19 998 400	1 249 900	2 999 760	4 249 660	0,12289	522 240
16	18 748 500	1 249 900	2 812 275	4 062 175	0,10686	434 084
17	17 498 600	1 249 900	2 624 790	3 874 690	0,09293	360 074
18	16 248 700	1 249 900	2 437 305	3 687 205	0,08081	297 963
19	14 998 800	1 249 900	2 249 820	3 499 720	0,07027	245 925
20	13 748 900	1 249 900	2 062 335	3 312 235	0,06110	202 377
21	12 499 000	1 249 900	1 874 850	3 124 750	0,05313	166 017
22	11 249 100	1 249 900	1 687 365	2 937 265	0,04620	135 701
23	9 999 200	1 249 900	1 499 880	2 749 780	0,04017	110 458
24	8 749 300	1 249 900	1 312 395	2 562 295	0,03493	89 500
25	7 499 400	1 249 900	1 124 910	2 374 810	0,03038	72 146
26	6 249 500	1 249 900	937 425	2 187 325	0,02642	57 789
27	4 999 600	1 249 900	749 940	1 999 840	0,02297	45 936
28	3 749 700	1 249 900	562 455	1 812 355	0,01997	36 192
29	2 499 800	1 249 900	374 970	1 624 870	0,01737	28 223
30	1 249 900	1 249 900	187 485	1 437 385	0,01510	21 704
<b>T o t a l</b>						<b>37 497 006±/</b>

NOTA: \*/: Aparecen pequeñas diferencias debido al número de cifras decimales de los factores de actualización.

CUADRO 6.2

DEPRECIACION Y COSTOS DE CAPITAL 15% ANUAL  
 PARA UNA LOCOMOTORA GRUPO 50 CICLOS  
 (Cuotas Iguales)

Año	Valor en Libros de la Locomotora	Depreciación Anual	15% de interés s/ Valor en Libros de la Locomotora	Suma de Depreciación + Intereses	Factores de Actualización 15% anual	Monto Actualizado de Depreciación + Intereses
1	37 497 000	86 251	5 624 550	5 710 801	0,86957	4 965 941
2	37 410 749	99 189	5 611 612	5 710 801	0,75614	4 318 165
3	37 311 560	114 066	5 596 734	5 710 800	0,65752	3 754 965
4	37 197 494	131 176	5 579 800	5 710 800	0,57175	3 265 150
5	37 066 318	150 852	5 559 948	5 710 800	0,49718	2 839 296
6	36 915 466	173 481	5 537 320	5 710 801	0,43233	2 468 951
7	36 741 985	199 502	5 511 298	5 710 800	0,37594	2 146 918
8	36 542 483	229 429	5 481 372	5 710 801	0,32690	1 866 861
9	36 313 054	263 842	5 446 958	5 710 800	0,28426	1 623 352
10	36 049 212	303 418	5 407 382	5 710 800	0,24718	1 411 596
11	35 745 794	348 932	5 361 869	5 710 801	0,21494	1 227 480
12	35 396 862	401 271	5 309 529	5 710 801	0,18691	1 067 406
13	34 995 591	461 462	5 249 339	5 710 801	0,16253	928 176
14	34 534 129	530 682	5 180 119	5 710 801	0,14133	807 108
15	34 003 447	610 283	5 100 517	5 710 800	0,12289	701 800
16	33 393 164	701 825	5 008 975	5 710 800	0,10686	610 256
17	32 691 339	807 100	4 903 701	5 710 801	0,09293	530 705
18	31 884 239	928 165	4 782 636	5 710 801	0,08081	461 490
19	30 956 074	1 067 390	4 643 411	5 710 801	0,07027	401 298
20	29 888 684	1 227 497	4 483 303	5 710 800	0,06110	348 930
21	28 661 187	1 411 623	4 299 178	5 710 801	0,05313	303 415
22	27 249 564	1 623 366	4 087 435	5 710 801	0,04620	263 839
23	25 626 198	1 866 871	3 843 930	5 710 801	0,04017	229 403
24	23 759 327	2 146 901	3 563 899	5 710 800	0,03493	199 478
25	21 612 426	2 468 937	3 241 864	5 710 801	0,03038	173 494
26	19 143 489	2 839 277	2 871 523	5 710 800	0,02642	150 879
27	16 304 212	3 265 168	2 445 632	5 710 801	0,02297	131 177
28	13 039 044	3 754 943	1 955 857	5 710 801	0,01997	114 045
29	9 284 101	4 318 187	1 392 615	5 710 802	0,01737	99 197
30	4 965 914	4 965 913	744 887	5 710 801	0,01510	86 233
T o t a l						37 497 004 \$/.

NOTA: \$/: Aparecen pequeñas diferencias debido al número de cifras decimales de los factores de actualización.



ANEXO A  
ANALISIS DE DATOS

ANEXO A  
ANALISIS DE DATOS

A.1 Factores que Afectan el Consumo de Energía

- Pendiente:

La pendiente es un factor que afecta el consumo energético y por consiguiente los costos de operación. De manera que debe hacerse previamente un estudio y análisis de las pendientes, para adoptar la que produzca el costo mínimo anual (operar, construir y mantener) de acuerdo a una comparación de soluciones alternas valuadas individualmente (REF. 1).

Al no existir información disponible en FECOSA del tramo Moín-Río Frío, se investigó y se obtuvo un perfil de pendientes con base en datos precisos, obtenidos del Departamento de Cálculo del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), los cuales se muestran en la Lámina A.1 y Cuadro A.1.

- Velocidad:

La velocidad se obtuvo con base en datos tomados de cada kilómetro muestreado. El cálculo se basó en la media aritmética de las velocidades inicial y final del respectivo tramo. Se anotan en Cuadro A.1.

- Curvatura:

Se debe evitar la curvatura fuerte, la que produce en el tren frenaje, posibles accidentes y un alto costo de mantenimiento de vía y equipo (REF.1).

Los radios de curvatura se obtuvieron de mapas escala

1: 2000 del Instituto Geográfico Nacional del MOPT.

A.2 Medición de la Energía:

Respecto al Ferrocarril Eléctrico Moín-Río Frío se obtuvo información en cuanto al consumo de energía eléctrica en relación a la pendiente, velocidad, curvatura y tonelaje.

Se realizó una investigación utilizando una locomotora eléctrica de fabricación francesa por el consorcio "Grupo 50 Ciclos", modelo 1981.

Estas prestan servicio principalmente en la Zona Atlántica, conocido como el " Ferrocarril Bananero " y en el del Pacífico entre San José-Puntarenas; y San José-Caldera.

Se utilizó la locomotora N°142, que es del tipo Bo' Bo' (4 ejes) y tiene un peso de 64 toneladas y 1900 caballos de fuerza o potencia, de acuerdo al inciso 3.3.

Con ayuda de un experto de la empresa AEG Telefunken se obtuvieron registros que fueron la base del análisis. El registro proviene de un graficador SIEMENS "UNIREG M 424 und M02469", el cual se adaptó a la locomotora para ese propósito.

El graficador posee 4 salidas para obtener 4 gráficas: la cuarta muestra la variación del amperaje de un motor de tracción con respecto a la distancia, la tercera describe la variación del voltaje de acceso al motor de tracción, la segunda registra el voltaje de la línea de contacto (el trole de la catenaria) el cual es prácticamente constante e igual a 26 850 voltios y la primera salida no se registró por estar defectuosa.

El graficador fue calibrado anticipadamente y se establecieron relaciones de escala indicadas a continuación:

- 29 mm = 480 amperios (salida 4)
- 21 mm = 600 voltios (salida 3)
- 16 mm = 26 850 voltios (salida 2)

Se adjunta una muestra como parte de la graficación de los registros utilizados (Lámina A.2).

Con base en las relaciones de escala y los gráficos se determinó para tramos unitarios de longitud (por kilómetro) la potencia en kilovatios, mediante la siguiente relación:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Amperios} \times \text{Voltios} \times 4}{1000} \times \text{Factor de potencia}$$

Esta potencia es el promedio de los amperios x voltios registrados en las gráficas en cada kilómetro muestreado; como es la potencia de un motor de tracción, se multiplica por 4, pues son cuatro motores de tracción; y por el factor de potencia (0,98 para locomotoras eléctricas nuevas), el resultado da en vatios, el cual se divide por 1000 para convertir el resultado a kilovatios de potencia.

El tiempo se tomó por cronómetro y por una relación que previamente se estableció en el graficador de que 21 mm equivalen a un minuto de recorrido, con el propósito de obtener unidades de consumo de energía (en kilowatts - hora): los resultados se muestran en el Cuadro A.2.

El análisis de los diferentes parámetros (potencia, tiem-

po, pendiente, curvatura, etc) es con el objeto de determinar la relación que existe entre éstos y el consumo de energía.

Se realizaron pruebas y se tomaron datos en un recorrido de Siquirres (kilómetro 61) al kilómetro 30 y viceversa. Se conectó el graficador y se obtuvo la variación del amperaje y del voltaje con respecto al tiempo y kilometraje recorrido. Se anotaron las velocidades de acuerdo a los kilómetros muestrados. Por otro lado, no se contaba con las características geométricas necesarias (gradiente y curvatura) las cuales se obtuvieron en la forma descrita en el inciso A.1.

Los datos se tomaron bajo diversas condiciones. Inicialmente se partió de Siquirres con una locomotora arrastrando 12 carros (11 Planos y un cajón) y un coche de pasajeros, con un tonelaje bruto total de 510 toneladas y con un transporte de cemento de Siquirres a kilómetro 30.

De kilómetro 30 hacia Siquirres se realizó un intercambio del cemento por azúcar arrastrando un total de 10 carros y 1 coche de pasajeros vacío con un tonelaje de 450 toneladas.

### A.3 Consumo de Energía:

Para encontrar los consumos promedios de las locomotoras eléctricas nuevas, en los tramos por kilómetro de vía analizados, fue necesario la obtención de información de campo y un análisis estadístico de esta información.

De la investigación de campo, referida en los incisos anteriores, se utilizaron los datos de consumo mostrados en el Cuadro A.3, con el fin de obtener un promedio del consumo para diferentes radios de curvatura.

Este consumo promedio por locomotora, se puede expresar según la ecuación:

$$\overline{CE}_i = \frac{\sum_{i=1}^n CE_i}{n} \quad (A.1)$$

donde:

$CE_i$  = consumo de energía en un kilómetro recorrido

$n$  = número total de mediciones de consumo.

$\overline{CE}_i$  = consumo de energía promedio de la locomotora.

### A.4 Otros Parámetros:

Con el criterio anterior se calculó la pendiente y velocidad promedio de los tramos para un mismo tipo de radio de curvatura.

Del análisis de los resultados se determinó que el consumo energía aumenta por tres razones básicas:

- a- Por una disminución del radio de curvatura
- b- por un aumento de la pendiente
- c- Por una disminución de la velocidad

Algunos de los datos obtenidos en las mediciones se eliminaron por ser poco representativos (en ciertos tramos de un kilómetro el tren aumentaba y disminuía la velocidad, esto afectó el resultado).

Los resultados se muestran en el Cuadro A.3.

CUADRO A.1

VELOCIDADES Y PENDIENTES PROMEDIO  
 POR KILOMETRO  
 (tramo Moín-Río Frío)

Kilómetro	Velocidad Media (KPH)	Pendiente Promedio (%)
61-60	38	- 0,25
60-59	35	+ 0,36
59-58	43	- 0,58
58-57	45	- 0,57
57-56	46	- 1,30
56-55	48	- 0,94
55-54	46	+ 0,21
54-53	44	+ 0,80
53-52	43	+ 1,30
52-51	38	+ 0,45
51-50	30	- 0,45
50-49	34	- 0,29
49-48	51	- 0,80
48-47	57	- 1,30
47-46	55	- 0,80
46-45	54	- 0,54
45-49	52	- 0,27
44-43	45	- 0,07
43-42	44	- 0,19
42-41	33	- 0,11
41-40	38	- 0,11
40-39	55	- 0,06
39-38	50	- 0,04
38-37	49	- 0,01
37-36	51	+ 0,22
36-35	46	- 0,11
35-34	47	- 0,08
34-33	59	+ 0,09
33-32	61	+ 0,18
32-31	45	+ 0,20
31-30	16	+ 0,20



CUADRO A.1  
(CONTINUACIÓN)

Kilómetro	Velocidad Media (KPH)	Pendiente Promedio (%)
30-31	30	- 0,20
31-32	60	- 0,20
32-33	61	- 0,18
33-34	60	- 0,09
34-35	51	+ 0,08
35-36	47	+ 0,11
36-37	49	- 0,22
37-38	51	+ 0,01
38-39	58	+ 0,04
39-40	61	+ 0,06
40-41	45	+ 0,11
41-42	37	+ 0,11
42-43	41	+ 0,19
43-44	51	+ 0,07
44-45	60	+ 0,27
45-46	57	+ 0,54
46-47	59	+ 0,80
47-48	60	+ 1,30
48-49	54	+ 0,80
49-50	50	+ 0,29
50-51	54	+ 0,45
51-52	56	- 0,45
52-53	61	- 1,30
53-54	62	- 0,80
54-55	59	- 0,21
55-56	62	+ 0,94
56-57	60	+ 1,30
57-58	55	+ 0,57
58-59	44	+ 0,58
59-60	29	+ 0,36
60-61	43	+ 0,25

CUADRO A.2

CONSUMO DE ENERGIA EN  
LOCOMOTORAS ELECTRICAS POR KILOMETRO

(Medición de Campo  
Siquirres Km 61 - Limón Km 30).

Tramo de km a km	Amperaje Promedio (Amp)	Amperaje Promedio (Voltios)	Potencia Promedio (kw)	Tiempo $\times 10^{-2}$ (hr)	Consumo de Energía (kwh)
61-60	223	317	283	3,60	10,10
60-59	198	314	249	2,10	5,30
59-58	46	50	9	2,40	0,20
58-57	182	407	296	2,20	6,60
57-56	319	251	320	4,00	12,90
56-55	179	448	321	2,00	6,40
55-54	143	333	190	2,00	3,80
54-53	281	665	747	2,10	16,00
53-52	293	535	627	2,50	15,90
52-51	248	196	194	2,50	4,80
51-50	199	254	202	4,00	8,00
50-49	192	377	290	2,60	7,60
49-48	244	136	133	2,00	2,60
48-47	541	248	537	1,20	6,40
47-46	273	157	171	2,20	3,80
46-45	17	57	4	1,20	0,05
45-44	17	57	4	2,40	0,09
44-43	321	179	230	2,10	4,80
43-42	262	376	394	2,40	9,40
42-41	116	114	53	4,30	2,30
41-40	307	527	647	2,50	15,90
40-39	0	0	0	1,70	0,00
39-38	0	0	0	1,98	0,00
38-37	190	550	418	1,98	8,30
37-36	116	343	159	1,70	2,80
36-35	186	115	86	2,30	1,98
35-34	215	393	338	1,98	6,70
34-33	215	733	630	1,60	10,00
33-32	302	314	379	1,50	5,70
32-31	450	189	340	2,1	7,30
31-30	210	219	184	1,0	1,90
Promedio					6,50

CUADRO A.2

(CONTINUACION)

Tramo de km a km	Promedio (Amp.)	Voltaje Promedio (Voltios)	Potencia Promedio (kW)	Tiempo $\times 10^{-2}$ (hr)	Consumo de Energía (kWh)
30-31	312	392	489	3,96	19,40
31-32	199	629	501	1,59	7,95
32-33	124	429	213	0,08	1,70
33-34	83	286	95	1,00	0,98
34-35	309	162	200	1,80	3,70
35-36	212	386	327	2,30	7,80
36-37	235	377	354	1,80	6,50
37-38	262	394	413	2,10	8,50
38-39	171	552	378	1,50	5,70
39-40	0	0	0	1,59	0,00
40-41	364	194	282	1,90	5,40
41-42	280	324	363	5,20	18,70
42-43	283	426	482	4,50	21,80
43-44	385	800	1232	1,98	24,40
44-45	199	552	439	1,50	6,60
45-46	127	333	169	1,70	2,95
46-47	292	800	934	1,75	16,30
47-48	323	829	1071	1,50	16,20
48-49	290	621	720	1,70	12,00
49-50	149	389	232	2,10	4,97
50-51	308	429	529	1,90	10,10
51-52	265	471	499	1,59	7,90
52-53	361	429	619	1,67	10,30
53-54	497	200	398	1,50	6,00
54-55	170	136	92	1,59	1,50
55-56	138	476	263	1,59	4,20
56-57	215	629	541	1,50	8,20
57-58	337	829	1117	1,90	21,30
58-59	227	233	212	1,98	4,20
59-60	265	323	342	4,40	15,20
60-61	236	564	532	1,98	10,60
Promedio					9,70

CUADRO A. 3

VARIACIONES EN EL CONSUMO DE ENERGIA EN LA  
LOCOMOTORA GRUPO 50 CICLOS

Trayecto: Moín-Siquirres (450 Toneladas)

Consumo de Energía (Kwh)	Radio Curvatura (m)	Pendiente %	Velocidad (Kph)
4,20	3000	+ 0,44	62
4,85	2300	+ 0,55	58
7,90	1800	+ 0,65	56
9,00	900	+ 0,80	54
9,50	700	+ 0,92	49
10,60	600	+ 1,25	43
15,20	280	+ 1,36	29

Trayecto: Siquirres-Moín (510 toneladas)

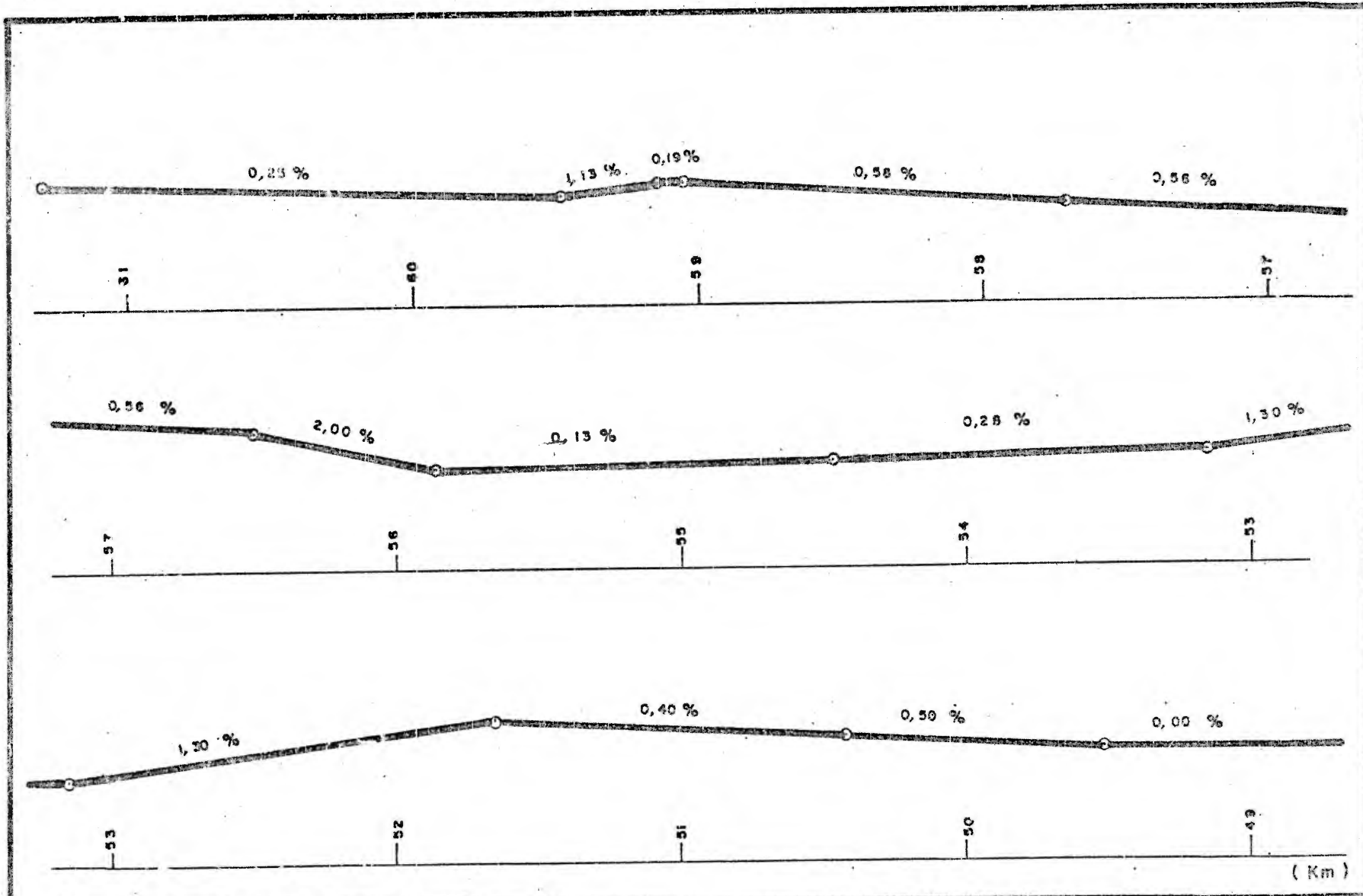
Consumo de Energía (Kwh)	Radio Curvatura (m)	Pendiente %	Velocidad (kph)
6,31	10 000*	-1,07	49
6,40	3 000	-0,94	48
7,77	2 300	-0,55	46
10,10	600	-0,25	38
12,70	500	-0,18	37
17,60	400	-0,09	34

\* Para tramos rectos se supuso este valor, ya que el grado de curvatura tiende a cero según fórmula:

$$R = \frac{1145.92 \text{ mt}}{\Delta} \quad (\text{REF. 1})$$

donde R: representa el radio de curvatura y  $\Delta$  el grado de curvatura respectivamente.

-74-

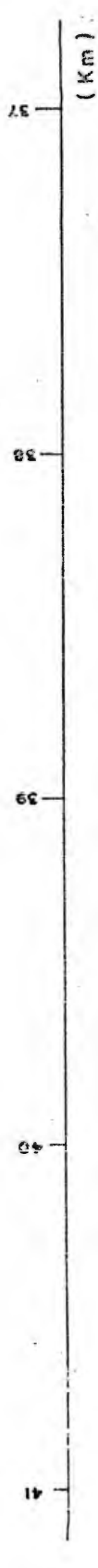
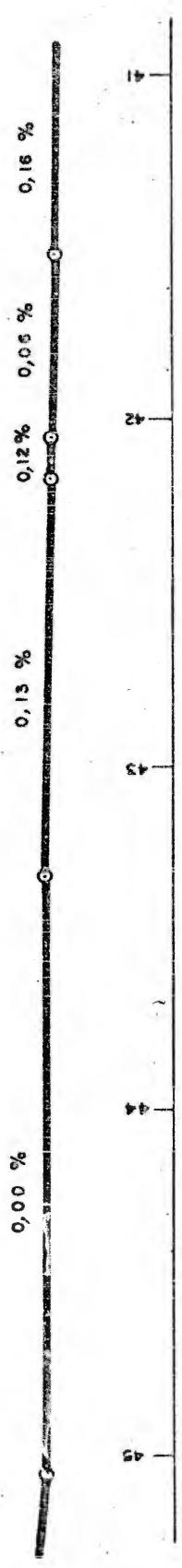


CS

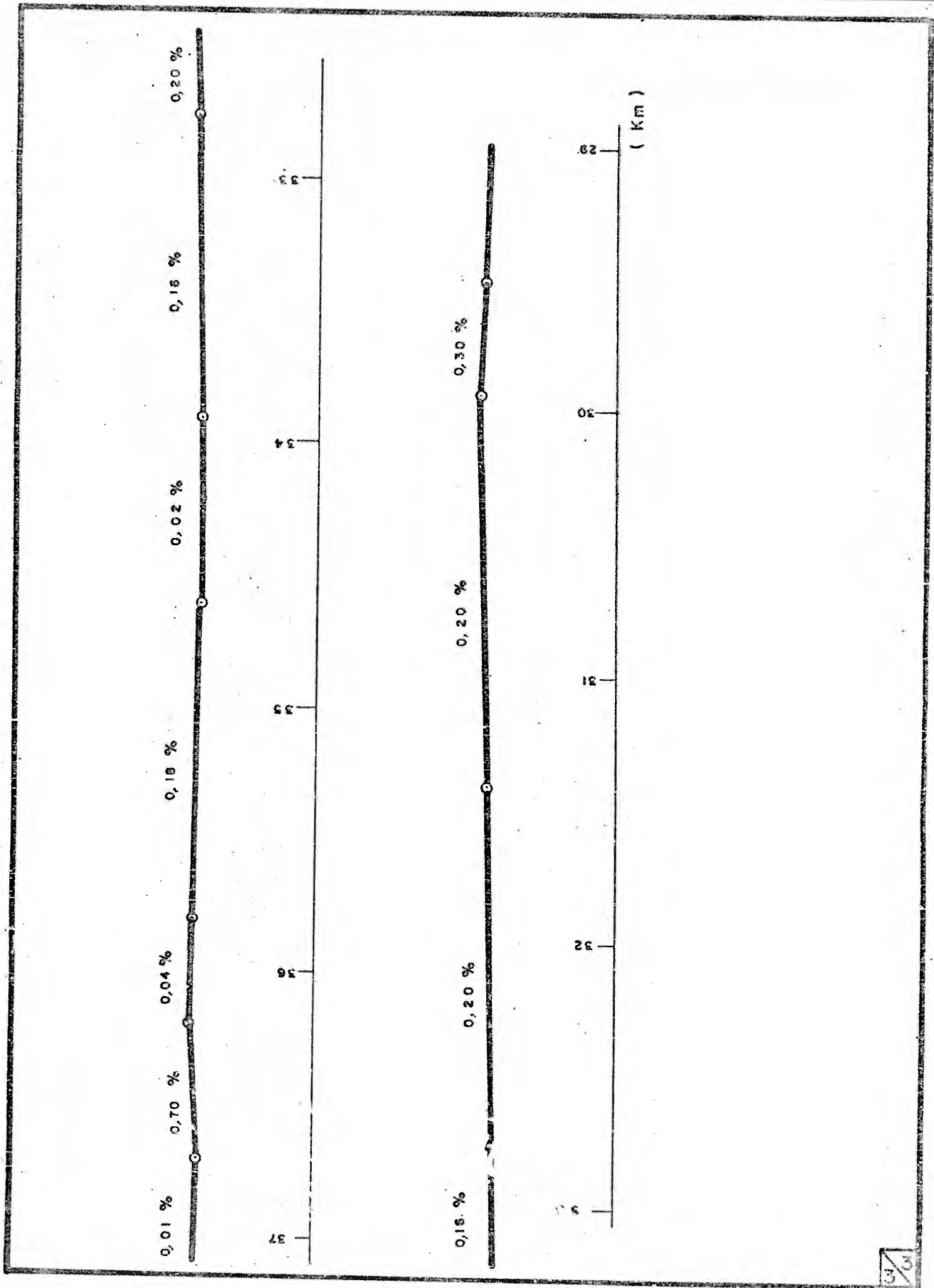
LAMINA N°A.I  
PERFIL DE ELEVACIONES Y PENDIENTES

TRAMO: SIQUIRRES - LIMON  
Km 61 - Km 30

( Km )

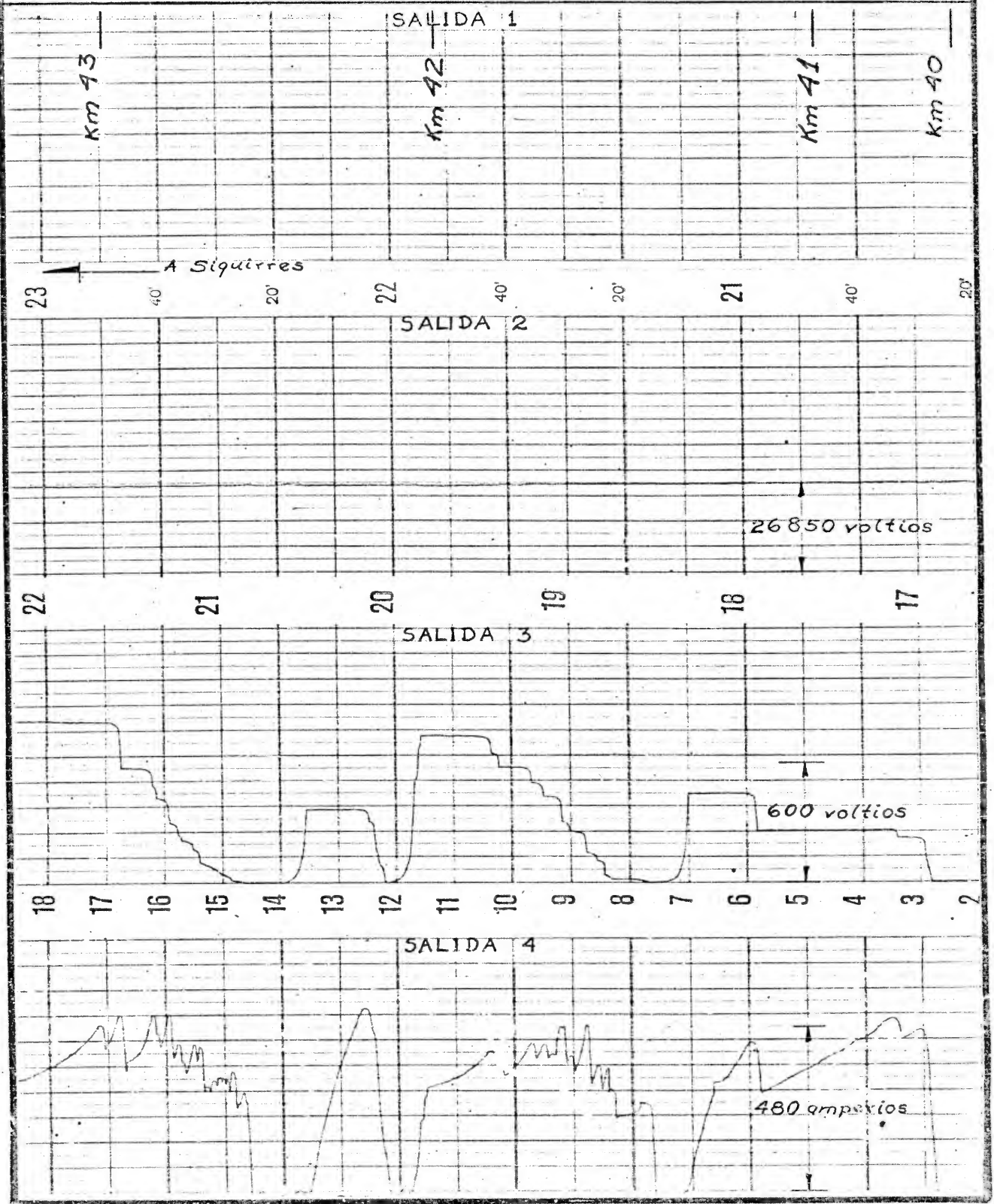


2/3



LAMINA NºA.2

MUESTRA DEL REGISTRO DEL GRAFICADOR  
SIEMENS "UNIREG M 424 UND MO 2469 "





ANEXO B  
RELACIONES MATEMATICAS

## RELACIONES MATEMATICAS

B.1 Métodos Estadísticos

Para medir la confiabilidad y calidad de los resultados obtenidos, se recurrió a una serie de procesos estadísticos.

La media aritmética es el parámetro que determina el centro, alrededor del cual se agrupan un conjunto de medidas.

Su definición se da por la expresión:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (B.1)$$

donde:

$x_i$  = es el valor de cada medición y

$n$ : es el número total de mediciones realizadas.

Se utilizó esta expresión para determinar el consumo medio de la locomotora para cada kilómetro de vía (ecuación A.1 del Anexo A).

La varianza típica, mide el promedio de la desviación de las mediciones alrededor de la media: y se define por la expresión:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (B.2)$$

El coeficiente de correlación, indica el grado de exactitud logrado por una regresión simple entre variables. Este coeficiente se denota por " $R^2$ ".

Una ampliación a la información acerca de los parámetros estadísticos citados, se puede ver en el libro "Métodos de Econometría" de J. Johnston (REF. 14).

## B.2 Procesamiento de Datos

Con base en la información recopilada de los parámetros descritos en el Anexo A se elaboró el Cuadro A.3. Los datos fueron introducidos a la calculadora y se utilizó un programa por tarjeta de la calculadora HP 67, el cual se encuentra en el Departamento de Evaluación de Proyectos de la Dirección General de Planificación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Este programa realiza una regresión simple, la cual es una metodología que permite obtener ecuaciones, donde solo intervienen dos variables: una dependiente o predicando y otra independiente o predictor. Por medio del análisis lógico anterior se comprobó una relación de causalidad directa entre las variables; de manera que se hizo necesario determinar cuál es la función matemática que representa adecuadamente la relación.

Con la información necesaria dada en el Anexo A, se puede construir una gráfica y decidir si la función adecuada es una recta, una exponencial, una logarítmica o una potencial.

Al tender el coeficiente de regresión " $R^2$ " a la unidad, indica cuál es la función adecuada para el ajuste de regresión.

Las funciones anteriores se hayan introducidas dentro del programa y su forma es de la siguiente manera:

Línea recta:  $y = bx + a$

Exponencial:  $y = a e^{bx}$

Logarítmica:  $y = a + b (\ln x)$

Potencial:  $y = a x^b$

donde: "a", "b" son constantes.

En el Cuadro B.1 se detallan el número de variables que entran en el procesamiento con su respectiva característica.

### B.3 Resultados y Consumos Teóricos Obtenidos

De los datos del Cuadro A.3 empleados en la regresión simple. Se obtuvieron ecuaciones del consumo de energía en función de la pendiente, de la curvatura y de la velocidad. Además, se obtuvieron otras ecuaciones de la velocidad dependiendo de la pendiente o de la curvatura. Se anota su respectivo coeficiente de regresión "R<sup>2</sup>" y se muestran las variaciones en las láminas N° s. B.1, B.2, B.3 y B.4.

Ecuación N° 1: Esta ecuación es para pendientes positivas cuyo consumo varía con la pendiente en forma potencial. (Ver lámina N° B.1).

$$y = a(x)^b$$

$$CE = 10,23 (\% P)^{1,02} \quad R^2 = 0,91$$

donde CE: consumo de energía (en kWh)

% P: pendiente (en porcentaje)

Ecuación N° 2: Da la variación del consumo de energía con respecto a pendientes negativas de manera exponencial (ver lámina N° B.2).

$$y = a (e)^{bx}$$

$$\text{Si } x = \%P + 4$$

$$CE = 0,3932 e^{(0,9117)(4 + \%P)} \quad R^2 = 0,85$$

Ecuación N° 3: Para los radios de curvatura, se obtuvo una función potencial. (Ver lámina N° B.3).

$$y = a (x)^b$$

$$CE = 99,39 (RC)^{-0,3439} \quad R^2 = 0,71$$

donde:

RC: radio de curvatura (en m)

Ecuación N° 4: El consumo en función de las velocidades se da con una variación logarítmica, ésta se muestra en la lámina N° B.4.

$$y = a + b (\ln x)$$

$$CE = 68,28 - 15,44 \ln (V) \quad R^2 = 0,78$$

donde: V= velocidad (en Kph)

### B.3.1 Otras Relaciones

Se dedujeron otras relaciones matemáticas de la velocidad con respecto a las pendientes y radios de curvatura.

Ecuación N° 5: La relación de la velocidad versus pendientes positivas se muestra de la siguiente manera (función lineal):

$$y = b x + a$$

$$V = -3,74 (\%P) + 76,36 \quad R^2 = 0,91$$

donde:

V: velocidad (en kph)

% P: pendiente (en porcentaje)

Ecuación N° 6: Para velocidades con pendientes negativas se obtuvo la ecuación lineal:

$$y = b x + a$$

$$V = -14,90 (4 + \%P) + 93,96 \quad R^2 = 0,92$$

Ecuación N° 7: La velocidad vrs. radio de curvatura, se da por una ecuación potencial.

$$y = a (x)^b$$

$$V = 15,3 (RC)^{0,15} \quad R^2 = 0,46$$

donde: RC = radio de curvatura (en m)

#### B.4 Comprobación de las Relaciones

Con la obtención de las ecuaciones se procedió a corroborar su autenticidad, o eficacia que predicen el consumo de energía de las locomotoras eléctricas.

Como ejemplo, se muestra en la tabla siguiente las características y los consumos real y teórico en kilovatios-hora.

Característica	Consumo (kWh)	
	Real	Teórico
- Para una pendiente + 1,25%	10,60	12,84
- Radio de curvatura 1800 m	7,90	7,55
- Con una velocidad de 58 kph	4,85	5,59
- Para una pendiente de -1,07	6,31	5,69

CUADRO B.1

PARA PROCESAMIENTO DE DATOS

NUMERO, NOMBRE Y CARACTERISTICAS DE LAS VARIABLES

(Utilizadas en el Programa)

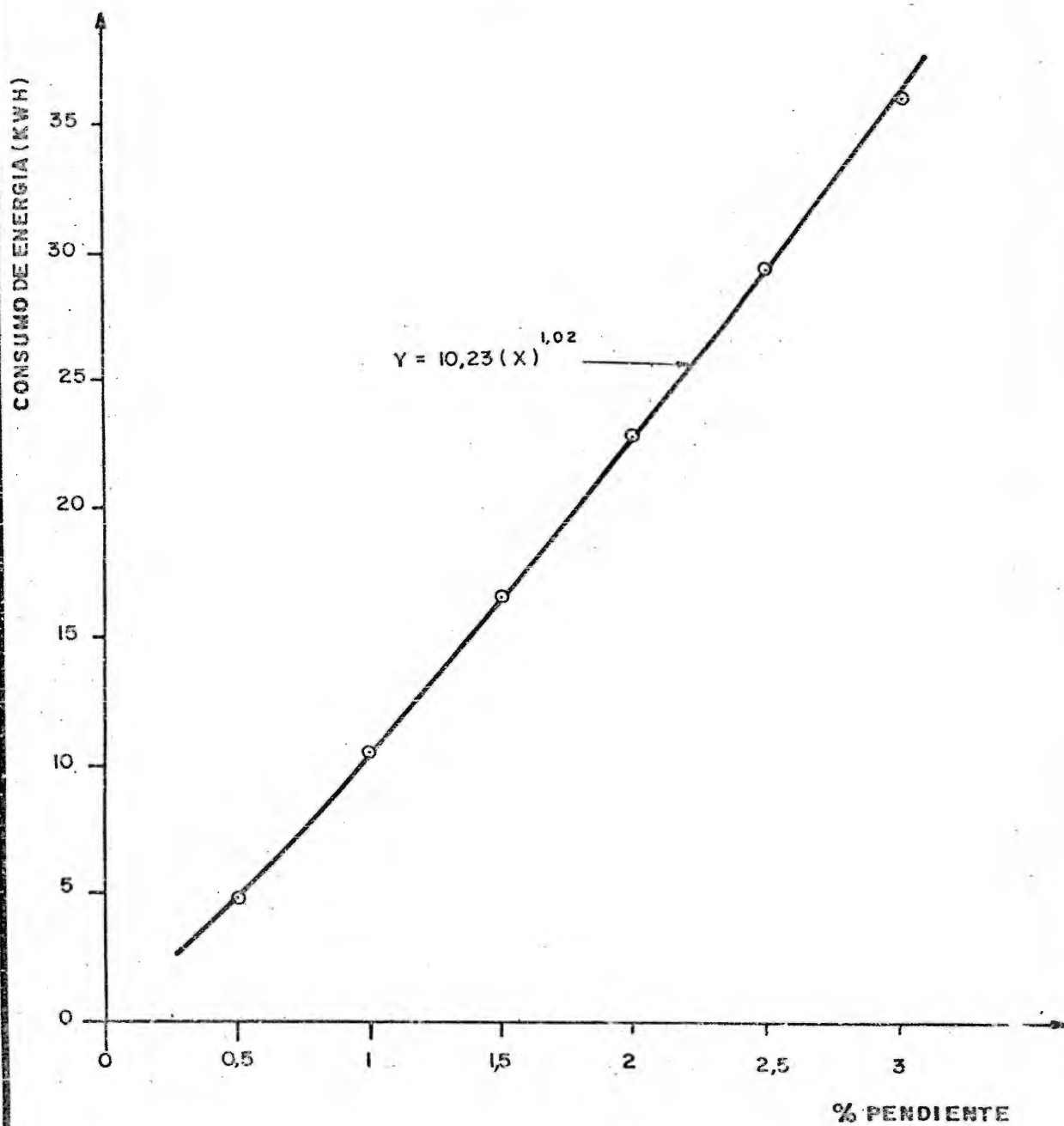
---

Número	Variable	Característica
1	Consumo de energía	Dependiente
2	Radio de curvatura	Independiente
3	% de Pendiente	Independiente
4	Velocidad	Independiente

---

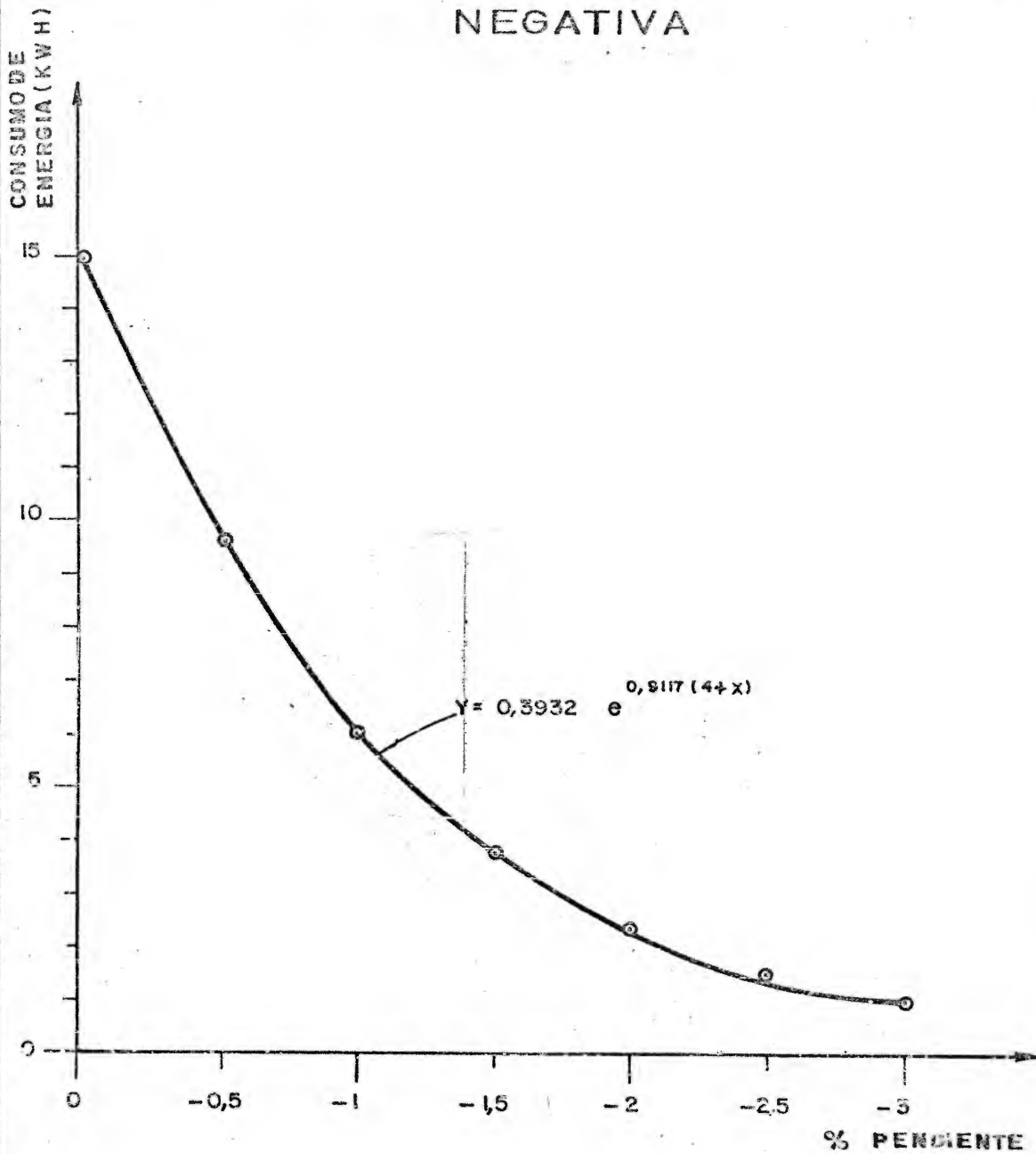
LAMINAN°B.I

# CONSUMO DE ENERGIA VS. PENDIENTE POSITIVA

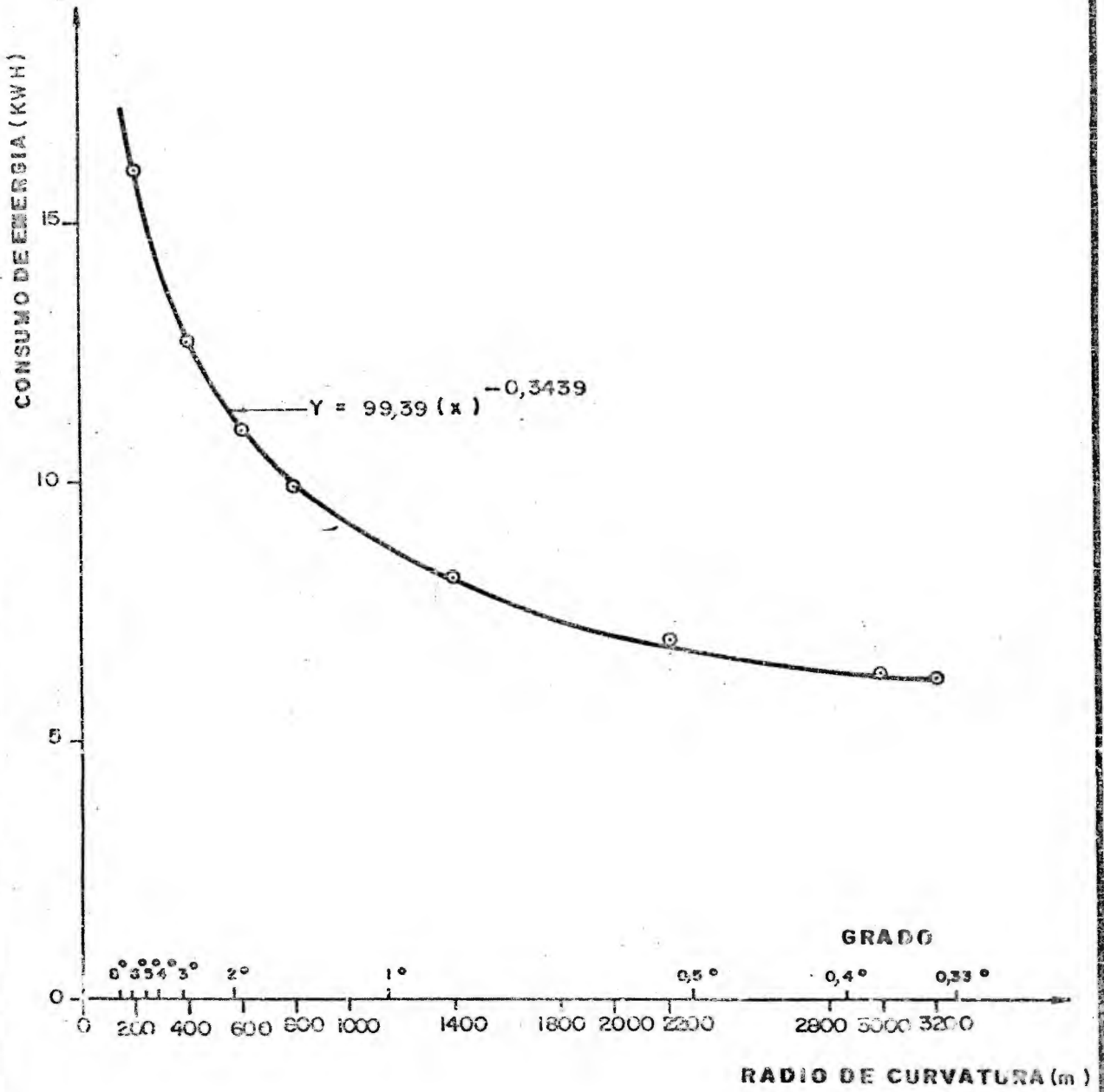




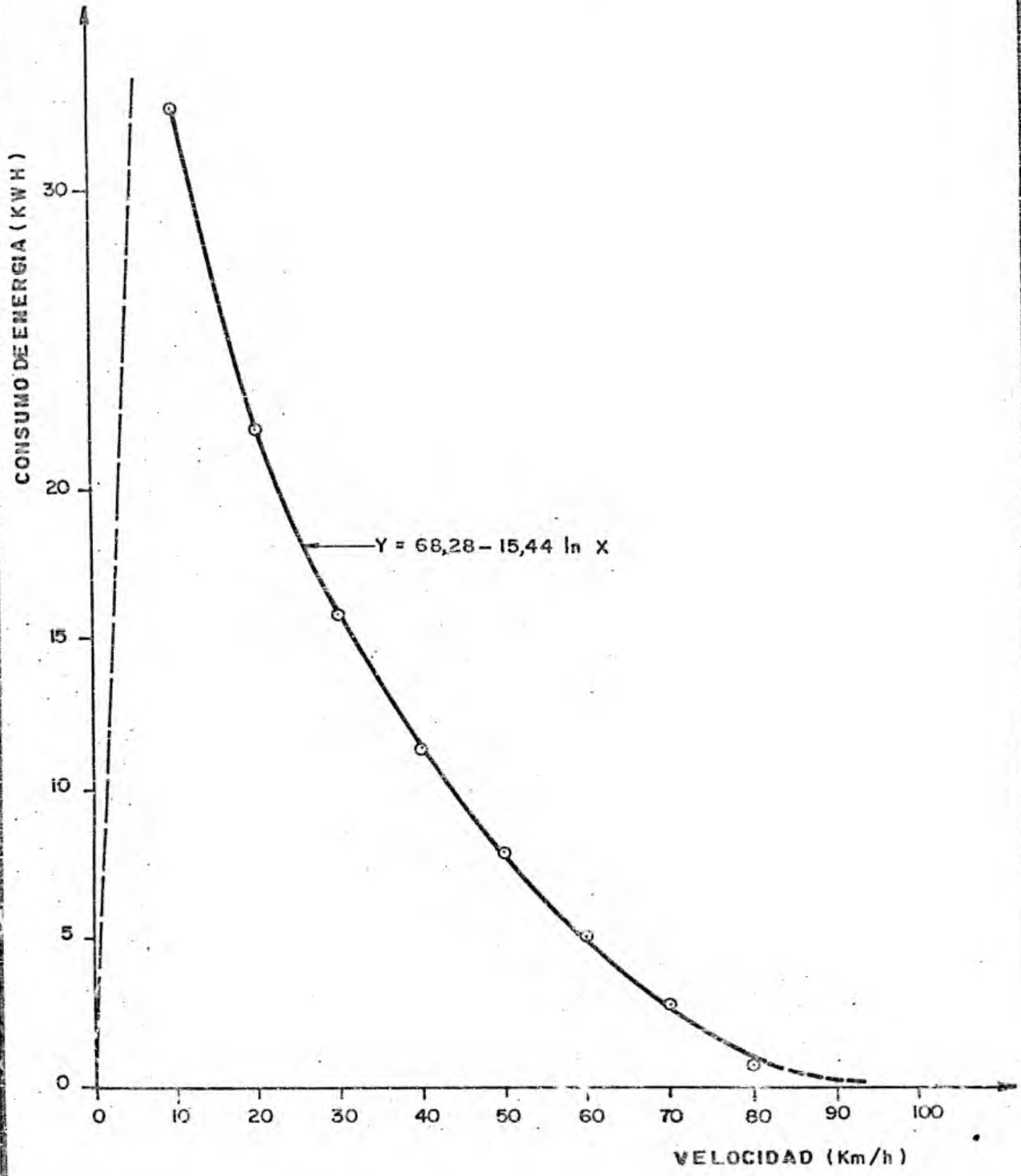
# CONSUMO DE ENERGIA VS. PENDIENTE NEGATIVA



# CONSUMO DE ENERGIA VS. RADIO DE CURVATURA



# CONSUMO DE ENERGIA VS. VELOCIDAD



## REFERENCIAS

1. TOGNO, FRANCISCO M. Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., México, 1972
2. MUÑOZ VADILLO, JOSE HA. Consideraciones Económicas para la Selección de Sistema Tracción en Ferrocarriles. Trabajo presentado al XIII Congreso Panamericano de Ferrocarriles. Venezuela, 1975.
3. MOYSEN MORALES ; RAMON. Método para Seleccionar los Trenes con Mejores Indices de Operación. Trabajo presentado al XIII Congreso Panamericano de Ferrocarriles, Venezuela, 1975.
4. DE WEILLE, JAN. Cuantificación de los Ahorros de los Usuarios de Carreteras. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Washington, 1966.
5. ARREA ESCALANTE, RODRIGO. Vías de Transporte. Tesis de Grado, Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería, 1962.
6. DIRECCION GENERAL DE PLANIFICACION Y SYSTAN INTERNATIONAL INC. Estudio de Factibilidad Económica de la Propuesta Electrificación del Ferrocarril Moín-Río Frío. Informes de Trabajo N°s. 6 y 11. San José, Costa Rica, 1979.
7. RODRIGUEZ S., ALVARO A. Estudio de Factibilidad para la Electrificación de las Vías Bananeras de la Región Atlántica. San José, Costa Rica, 1978
8. GUTIERREZ GREÑAS, RODRIGO A. Estudio de Prefactibilidad para el Ferrocarril Penuhurst-Sixaola. Tesis de Grado. Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería, 1980.
9. POPRAS ARRIETA JAVIER. Ferrocarriles: Consumo Energético y Selección de Sistema Tractivo. Tesis de Grado. UCR. 1981.
10. LIPSCHUTZ, SEYMOUR. Programación con Fortran. 1a. Edición. Mc. Graw-Hill Latinoamericana, 1979.
11. DIMITRY, DONALD Y MOTT, THOMAS. Introducción a la Programación Mediante Fortran IV. 1a. Edición. Interamericana, Bogotá, 1979.

12. MILLER, IRWIN Y. FREUND, JOHN. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Prentice-Hall. New Jersey, 1965.
13. SPIEGEL, MURRAY. Teoría y Problemas de Probabilidad y Estadística. 1a. Edición. Mc. Graw-Hill. México, 1975.
14. JOHSTON J. Métodos de Econometría. 3a. Edición. Vicens-Vives. Barcelona, 1975.
15. NUÑEZ DEL PRADO BENAVENTE, ARTURO. Estadística Básica para Planificación. 8a. Edición. Siglo Veintiuno Editores. México, 1979.
16. TAYLOR, GEORGE A. Ingeniería Económica. 1a. Edición. Editorial Limusa, México, 1978.
17. GENERAL ELECTRIC CO. Specification for Analyzing Railroad Electrification. U.S.A., s.f.
18. PNUD-UNCTAD. Metodología de Análisis de Tráficos Marítimos.- Aspectos Económicos. Transmark. San José, Costa Rica, 1979.
19. DIRECCION GENERAL DE PLANIFICACION Y SYSTAN INTERNATIONAL INC. Plan Nacional de Transporte. Tomo III. San José, Costa Rica, Noviembre de 1981.
20. DEPARTAMENTOS DE CONTABILIDAD, FINANCIERO, ELECTROMECHANICO, TALLER, PROVEEDURIA, BODEGA, TRANSPORTES, PROYECTOS, ARCHIVO, PRESIDENCIA EJECUTIVA, PLANILLAS DE FERROCARRILES DE COSTA RICA (FECOSA). San José y Limón, 1982.