

MO M 664 m  
1987

GOBIERNO DE COSTA RICA  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES  
DIRECCION GENERAL DE PLANIFICACION  
DEPARTAMENTO DE EVALUACION DE PROYECTOS

MANUAL DEL USUARIO  
DEL MODELO SIAP  
(SISTEMA DE INVENTARIO Y  
ANALISIS DE PROYECTOS)

Actualizado por:  
Ing. Manuel Echeverría Z.

San José, Costa Rica  
Marzo 1987



## INTRODUCCION

El sistema de inventario y análisis de proyectos de carreteras (SIAP), fue desarrollado para facilitar la planificación vial, proveyendo al planificador un instrumento que le permita definir las necesidades de rehabilitación o mejoramiento de todas las distintas secciones que integran una red vial, y calcular los índices económicos correspondientes. Después de efectuar el análisis de secciones, el mismo programa efectúa el análisis de éstas combinadas en proyectos, para luego ordenar los proyectos de acuerdo a su tasa de retorno económico.

El sistema se basa en uno similar desarrollado por la firma consultora TAMS para el Gobierno de Honduras; durante su adaptación a las condiciones de Costa Rica se hicieron algunas modificaciones para facilitar su utilización y su actualización periódica.

El sistema está compuesto de tres programas, relacionados entre sí a través del archivo de inventario:

SIAPCO, programa para el cálculo de los costos de operación de los vehículos típicos que componen la flota nacional;  
SIAPINV, programa para crear o actualizar el inventario de una red de carreteras; y  
SIAPANA, programa para el análisis económico de mejoras viales que puede ser requeridas para satisfacer la demanda futura de transporte en la red vial.

Todos los programas están escritos exclusivamente en FORTRAN IV para computadoras IBM de la serie 4300 o similares, y están contenidos dentro de la máquina virtual SIAP de la computadora del MOPT.

## II. PROGRAMA SIAPCO

### II.1 Descripción General

El programa SIAPCO calcula los costos de operación de los vehículos automotores que componen la flota nacional, de dos maneras:

1. Separadamente para cada tipo de vehículo representativo seleccionado, en condiciones de superficie plana y pavimentada, por incrementos de 5 km/hora, desde 5 km/hora hasta 100 km/hora.
2. Para una combinación de vehículos especificada por el usuario, en condiciones de pendiente y curvatura también especificadas, y para superficie de tierra, grava y piedra, así como para superficie pavimentada.

Actualmente se considera como flota nacional, para efectos de este programa, a la compuesta por los siguientes vehículos representativos:

1 Automóvil pequeño	(Datsun 120 Y)
2 Automóvil mediano	(Toyota Corona 1800)
3 Automóvil grande	(Chevrolet Malibú)
4 Vehículo rural	(Toyota Jeep diesel)
5 Autobús pequeño	(Mercedes Benz L0-608 D diesel)
6 Autobús grande	(Volvo B-58 diesel)
7 Camión C-2	(Isuzu Forward diesel)
8 Camión C-3	(Mack R-686 S diesel)
9 Camión T3-S 2	(Mack F-85 ST diesel)

Para el cálculo del costo de operación se toman en cuenta los siguientes componentes:

- . Consumo de combustible
- . Consumo de aceite de motor
- . Desgaste de llantas
- . Uso de repuestos
- . Mano de obra para reparación y mantenimiento
- . Depreciación

Las funciones utilizadas para estos cálculos se encuentran dibujadas en las figuras; B-3 hasta B-9 del Anexo B. En las figuras B-1 y B-2 se señala la relación entre peso vehicular y consumo de combustible en condiciones óptimas.

Las funciones utilizadas para el cálculo de correcciones por curvatura y pendiente aparecen en las figuras B-10 a B-15.

## II.2 Datos de Entrada

El programa requiere de tres juegos de datos:

1. Precios unitarios por componente de costo, para cada tipo de vehículo.
2. Tipo de análisis (por vehículo típico o por grupos).
3. Datos sobre composición de la flota, y características de pendiente y curvatura.

### II.2.1 Precios Unitarios

Para cada tipo de vehículo se indican los siguientes datos:

- Precio del combustible (en colones por litro, sin impuestos).
- Precio del aceite de motor (en colones por litro, sin impuestos).
- Valor depreciable (costo económico en miles de colones, sin llantas, menor valor de rescate).
- Valor de la mano de obra (en colones por hora, costo económico).
- Número de llantas que componen el juego, para cada tipo.
- Precio de una sola llanta (en colones y sin impuesto).

Para este propósito debe gravarse la información en el archivo correspondiente siguiendo el formato y orden de la figura II-1, donde los campos marcados con "X", corresponden al espacio disponible para escribir los datos, que deben ubicarse secuencialmente comenzando con el tipo de vehículo 1, siguiendo con el 2, 3, etc. Todos los datos deben agruparse a la derecha del campo.

### II.2.2 Tipo de Análisis

Con el programa SIAPCO puede efectuarse dos tipos de análisis con los datos suministrados, lo que se indica utilizando el formato de la figura II-2, donde el valor de "x" puede ser:

x = 1 indica que se va a analizar cada vehículo por separado, en condiciones de carretera pavimentada, en buen estado, sin pendiente ni curvatura.

x = 2 indica que se va a analizar una combinación (o varias combinaciones), en condiciones dadas de pendiente y curvatura, obteniéndose los costos por componente para superficie pavimentada, y los costos totales para caminos de tierra, grava o piedra.

### II.2.3 Composición de la flota, curvatura y pendiente:

Estos datos se indican utilizando tres líneas para cada combinación de condiciones como se indica en la figura II-3.

FIGURA II-I

MODELO DE REGISTRO PARA DATOS BASICOS DE ENTRADA  
DE LOS NUEVE TIPOS DE VEHICULOS

PROGRAMA SIAPCO

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00										
PRECIO DEL COMBUSTIBLE																																																																																																			
PRECIO DEL ACEITE																																																																																																			
VALOR DEPRECIABLE																																																																																																			
MANO DE OBRA																																																																																																			
JUEGO DE LLANTAS																																																																																																			
NOTAS: - El último ítem, contiene precios de una sola fuente para cada tipo de vehículo. - Los ítems equis (X), representan números del 0 al 9. Si la cantidad tiene decimales, puede colocarse un punto (.) en el lugar de uno equis (X).																																																																																																			





Esta información debe colocarse inmediatamente después de la línea que describe el tipo de análisis, y pueden aparecer tantos grupos como se desee sin ninguna indicación entre grupo y grupo.

### II.3 Ejecución

Para actualizar los datos del SIAPCO se debe ingresar al archivo SIAPCO DATA y allí realizar los cambios necesarios. Este archivo es llamado por el SIAPCO EXEC cuando se va a ejecutar el programa.

Si no existe todavía el SIAPCO MODULO es necesario generarlo utilizando el comando FORTGEN SIAPCO.

Para la ejecución del programa se requiere solamente utilizar el SIAPCO EXEC, tecleando e introduciendo la palabra SIAPCO, con lo cual serán procesadas las instrucciones contenidas en el SIAPCO EXEC y por lo tanto será corrido el programa y los resultados aparecerán en la impresora. Si se quiere que los resultados aparezcan en pantalla se debe teclear SIAPCOT en vez de SIAPCO.

NOTA: Tanto en ésta, como en cualquiera de las diferentes modalidades de correr el SIAPINV y el SIAPANA que se analizan a lo largo de este Manual, siempre se podrán obtener los resultados en pantalla agregando la letra T al final de la palabra con la que se obtienen resultados en impresora, y dando entrada.

#### II.4 Ecuaciones de Costos de Operación para el SIAPANA

Para obtener en base a resultados del programa SIAPCO, las ecuaciones de costo de operación que han de ser introducidas en el BLOCK DATA del programa SIAPANA, se ha de utilizar el SIAPCO de la siguiente manera:

Ha de correrse el programa pidiendo TIPO DE ANALISIS: 2, para cada una de las siguientes seis categorías:

- Vehículos livianos en rutas troncales
- Buses en rutas troncales
- Camiones en rutas troncales
- Vehículos livianos en rutas no troncales
- Buses en rutas no troncales
- Camiones en rutas no troncales

En cada una de ellas se indicará la composición de la flota, anotando los porcentajes de tránsito de cada tipo de vehículo que componen cada categoría, hasta completar 100%, y colocando ceros en los tipos de vehículos que no pertenecen a la categoría que se está analizando.

Se han de obtener datos para carretera pavimentada en buen estado, plana y recta, y por tanto se ha de anotar ceros en los espacios

correspondientes a los datos de pendiente y curvatura. (Aunque, en rigor, el valor de radio de curvatura igual a infinito es el que corresponde a la carretera recta, el programa está ajustado para interpretar el valor de curvatura cero como correspondiente a carretera recta).

De los seis cuadros que se obtendrán como resultado del SIAPCO se han de calcular manualmente seis ecuaciones, en base a la correlación entre los valores de velocidad y los de costo total. Lógicamente las curvas que se obtendrán pasarán exactamente por los puntos en base a los cuales fueron obtenidos, pues estos a su vez provienen de información matemática y no estadística. El grado de las ecuaciones obtenidas será igual al grado de la ecuación de mayor grado incorporada al SIAPCO y utilizada para correlacionar la velocidad con los componentes de costo total (combustible, aceite motor, llantas, etc). Las curvas de mayor grado de las empleadas en este folleto son de cuarto grado.

No se han de hacer ajustes a las ecuaciones por curvatura, pendiente o tipo de superficie, ya que dentro el programa SIAPANA se efectúan los ajustes necesarios para reflejar los costos más altos en superficies de rudo no pavimentadas, por superficies en mal estado y por los efectos de curvatura y pendiente.

### III.. PROGRAMA SIAPINV

#### III.1 Funciones

- a. Buscar inconsistencias en los datos de inventario.
- b. Crear el archivo del inventario, por tramos.
- c. Clasificar los tramos y calcular índices de suficiencia.
- d. Actualizar el archivo de inventario.
- e. Producir hasta cinco reportes diferentes.

#### III.2 Datos de Entrada

El programa trabaja con cuatro tipos de información que se introducen en el archivo de datos SIAPINV DATA, o en el archivo de actualización UPDATE DATA. Estos son:

- a. Parámetros
- b. Características del camino inventariado (número 41 en columnas 1 y 2).
- c. Características de los puentes (número 42 en columnas 1 y 2).
- d. Información sobre tránsito excepcional (número 43 en columnas 1 y 2). (Solo utilizable en archivo UPDATE DATA).

### III.2.1 Parámetros

Los parámetros se suministran siguiendo las reglas de IBM/FORTRAN IV, NAMELIST, que son como sigue:

Comenzando en la segunda columna aparece la palabra clave &PARM, seguida de por lo menos un espacio en blanco, e inmediatamente después, los parámetros correspondientes separados por comas, y al final, precedido de por lo menos un blanco o una coma, la palabra clave &END.

Los parámetros permitidos son:

- a. EDIT=T: Esto indica que se van a revisar los datos únicamente para encontrar posibles inconsistencias o errores de formato, los que se imprimirán en las hojas de salida. No se archiva nada y si no se encuentran errores no se imprime nada. No se pueden especificar otros parámetros en conjunto con este.  
Si no aparece este parámetro se supone que EDIT=F (falso).
- b. BUILD=T: Se revisan los datos introducidos y se crea (inicializa) el archivo de inventario el cual es copiado en el File 7; los datos que contengan errores no serán incorporados al archivo. Cuando se utiliza

este parámetro es necesario que cualquier información que hubiera anteriormente en el archivo haya sido borrada. Por esta razón el EXEC que se usa para ejecutar BUILD es distinto los que se utilizan cuando se corre el programa con los otros parámetros, como se verá posteriormente.

Si no aparece este parámetro se supone  
BUILD = F.

- c. UPDATE=T: Se utiliza para la eliminación, corrección o incorporación de nuevos datos al archivo de inventario ya creado. Se revisan los datos introducidos y se señala cualquier error, para luego incorporar al archivo los datos nuevos o actualizados. Los datos que se introduzcan para una sección dada, han de incluir luego del registro #41 de la sección, los registros #42 de puentes correspondientes, si la sección tiene puentes.
- Si se trata de la eliminación de archivo de un tramo se coloca solo el registro #41 respectivo con la letra D en la columna 80.
- Los datos que van a ser actualizados se copiarán (precedidos de los correspondientes parámetros) en el UPDATE DATA, que

será el archivo invocado por el UPDATE EXEC. El SIAPINV DATA está reservado para los datos de la totalidad del archivo y es invocado por el BUILD EXEC o por el OTROS EXEC. No se puede usar UPDATE en conjunto con EDIT=T o BUILD=T.

Si no aparece este parámetro se supone UPDATE=F.

- d. TYPE43=T: Debe ser usado cuando se trata de secciones con factores excepcionales de crecimiento del tránsito, es decir, cuando la tasa promedio para la provincia respectiva no es apropiado, o en caso de prever un tipo de tránsito insólito.

NOTA: Cuando se trata de este caso debe hacerse una corrida especial con los parámetros UPDATE=T y TYPE43=T.

- e. REPORT=  $i_1, \dots, i_5$  donde  $i$  puede valer:
1. Reporte por sección (organizado por provincia y por número de sección, en orden ascendente).
  2. Reporte por provincia y por sección (organizado primero por clase de carretera, y segundo por índice de suficiencia).

- 3 Inventario de puentes por provincia y por sección.
- 4 Análisis de velocidades de recorrido por grupos de tramos similares.
- 5 Información sobre volúmenes y tasas de crecimiento del tráfico, por provincia y sección, y por categoría de vehículo (liviano, bus, camión).  
Este parámetro puede ser especificado junto con el de BUILD=T o de UPDATE=T, o puede ser usado cuando se quiere sacar información de datos ya archivados.

### III.2.2 Inventario de Carreteras e Inventario de Actualización

Los registros "41" y "42" deben codificarse según las instrucciones en el anexo A: "Recolección de datos para el inventario de carreteras y cálculo de índices de suficiencia", memorándum técnico #21 del proyecto de Asistencia Técnica para la Planificación de Transporte, MOPT. Se agrupan por orden numérico ascendente, cada registro #41 seguido por sus respectivos registros #42.

Los registros "41" y "42" pueden aparecer en cualquiera de los dos archivos, el de carretera (SIAPINV DATA) y el de actualización (UPDATE DATA). El registro "43" aparecerá únicamente en el archivo de actualización cuando las tasas de crecimiento del tránsito son excepcionales, o cuando se prevé un tránsito generado excepcional o un tránsito de desa-

FIGURA III-1

TARJETA N° 43

N° de		Tráfico Normal del Año Base		Tráfico de desarrollo Año Fin		Tráfico Total		Excepciones	
RUTA		Livianos	Buses	Livianos	Buses	Livianos	Buses	Livianos	Buses
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

rollo atribuible a la mejora contemplada. Se codifica según la figura III-1. Tienen que ser introducidos en una corrida especial con los parámetros UPDATE=T y TYPE3=T, precedidas por los respectivos registros 41 y 42 para cada tramo con tránsito excepcional, (no se usa para los tramos en proyecto).

### III.3 Ejecución

Los datos de entrada han de ser introducidos en el archivo de datos SIAPINV DATA o UPDATE DATA, según lo que se vaya a hacer. Es necesario que en las primeras líneas del archivo aparezcan los parámetros correspondientes a las acciones que se deben tomar en acuerdo a lo explicado en el punto III.2.1. Seguidamente se colocarán todos los datos de los inventarios según el orden establecido en el punto III.2.2.

Si no existe todavía el SIAPINV MODULO es necesario generarlo utilizando el comando FORTGEN SIAPINV.

Si se ha especificado el parámetro BUILD dentro del inventario de carreteras SIAPINV DATA los resultados que se obtienen serán grabados en una área de disco denominada File 7, para poder ser utilizados luego por el programa SIAPANA. Al ejecutar el programa cuando se tiene especificado el parámetro BUILD en el SIAPINV DATA, es necesario que el área de disco donde estaban grabados los datos viejos sea borrada antes de grabar los datos nuevos. Ambos procesos se realizan automáticamente al correr

el BUILD EXEC, lo que se hará al teclear e introducir la palabra BUILD.

NOTA: Es importante, tanto en este caso como en adelante, no confundir estas palabras que hacen correr los EXEC'S con los parámetros. El nombre de ambos será generalmente el mismo, pero son dos cosas distintas: la palabra clave se teclea en el ambiente RUNNING y al dársele entrada invoca al EXEC correspondiente que hace correr el programa; el parámetro se incluye al comienzo del DATA que será llamado por el EXEC.

Si no existe el parámetro BUILD dentro del archivo DATA, entonces no se va a querer que el File 7 sea borrado, y por lo tanto no se debe utilizar la palabra BUILD para correr el programa. Se empleará entonces una de las siguientes alternativas:

- a) Teclear la palabra UPDATE, si es éste el parámetro que se tiene en el DATA. Al teclear esa palabra, el EXEC correspondiente invocará al archivo UPDATE DATA, y no al SIAPINV DATA, que está reservado para almacenar el inventario de carreteras.
- b) Teclear la palabra OTROS. Ahora será el SIAPINV DATA el programa llamado. Se empleará esta modalidad cuando los parámetros almacenados allí sean el EDIT o REPORTE=1, 2, etc.,

El contenido de BUILD EXEC, OTROS EXEC y UPDATE EXEC aparecen en el Anexo C.

## IV. PROGRAMA SIAPANA

### IV.1 Funciones

- a. Analizar todas o algunas de las secciones incluidas en el archivo del inventario de carreteras, para determinar la posible factibilidad económica de rehabilitar una carretera o mejorarla a la clase que el TPDA proyectado requiera.
- b. Determinar la factibilidad económica en secciones individuales con un "mejoramiento forzado" (especificando la categoría de mejoramiento o rehabilitación que el analista cree más conveniente).
- c. Combinar hasta diez secciones individuales como un proyecto, y analizar la factibilidad económica de todo el proyecto.
- d. Producir hasta tres reportes resumiendo las evaluaciones económicas de los proyectos y ordenándolos por su respectiva tasa interna de retorno.

### IV.2 Datos de Entrada

El programa trabaja en dos modalidades: Análisis de Secciones y Análisis de Proyectos. El archivo de datos de la primera modalidad se denomina SECC DATA y el de la segunda PROYE DATA o REPAC DATA. A continuación se indican los cuatro tipos de datos utilizados, y se especifica al lado en cual de los archivos se utilizan:

- a. Parámetros (ambos archivos de datos).
- b. Datos de Secciones (para análisis de tramos aislados, incluso los seleccionados para mejoramiento forzado) (Solo archivo de secciones).
- c. Datos de Proyectos (solo archivo de proyectos).
- d. Reportes (solo archivo de proyectos).

#### IV.2.1 Parámetros

Deben codificarse según las reglas generales indicados en la sección III.2.1 y se permiten los siguientes parámetros:

ALLLNK=T : Se debe incluir cuando se desea analizar posibles alternativas de mejoramiento y escoger la mejor alternativa económica para cada sección individual en el archivo de inventario. Si no aparece se supone ALLLNK=F (falso).

BASEYR=A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>: A<sub>1</sub> corresponde al año base del cual se tiene datos de tránsito actualizados, y los factores de crecimiento del tránsito incorporados al programa permanecen constantes hasta el año A<sub>2</sub>, en que comienza el segundo período de crecimiento del tránsito, cuyos factores de crecimiento incorporados al programa permanecen constantes hasta el último año de análisis.

LASTYR=A: "A" indica el último año del análisis económico, así como el final del período de vida útil de la mejora especificada.

CONSYR=A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>: A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> especifican, respectivamente, el inicio del primer y segundo período de construcción para la mejora (si no cabe la construcción escalonada, todo el costo de diseño y construcción se distribuye en el año A<sub>1</sub> y los dos años siguientes).

YEARS=

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>...A<sub>n</sub>: Cada A<sub>1</sub> especifica un año para la impresión de resultados del análisis económico. No existen beneficios en los tres primeros años contados a partir del año de inicio del primer período de construcción, por lo que lo usual es que A<sub>1</sub> de este parámetro sea igual al A<sub>1</sub> del CONSYR más 3 años.

#### IV.3 Análisis de Secciones

Cuando aparece ALLNK=T entre los parámetros, se analizan todas las secciones contenidas en el archivo de inventario. Si no aparece este parámetro, entonces deben aparecer los registros de las secciones del archivo que se desea que sean analizadas.

El registro de sección debe escribirse con el siguiente formato:

<u>Columnas</u>	<u>Descripción</u>
17-21	# de sección
30-34	Clase forzada, es decir, la clase a la cual se mejorará la sección, sin importar si es la más rentable o no ( <u>agrupada a la izquierda</u> )

En este caso se analizan únicamente las secciones indicadas, y si no aparece una clase forzada (sólo el número de sección), el programa escoge la mejor alternativa de acuerdo a la demanda de tránsito y al retorno económico más favorable.

Los resultados obtenidos para cada sección quedan grabados en una área de file 7, para ser utilizados posteriormente en el Análisis de Proyectos.

#### IV.4 Análisis de Proyectos

Para cada sección dada del Análisis de Proyectos se utilizan los resultados obtenidos del último Análisis de Secciones corrido para esta sección específica, haya sido analizada ésta como forzada o no forzada.

Un proyecto se compone de varias secciones que han sido analizadas previamente, las que se agrupan para luego evaluar su factibilidad económica como proyecto. Para obtener resultados válidos de un proyecto, la clase futura de las secciones que lo componen deberá ser la misma. Si en una corrida inicial del Análisis de Secciones no se obtiene la misma clase futura para las secciones que se quiere formen un solo proyecto, será necesario hacer una corrida adicional de Análisis de Secciones antes de correr la de Análisis de Proyectos. En esta corrida adicional han de introducirse solamente las tarjetas de las secciones que no salieron antes con la clase futura esperada, y se ha de indicar esta clase como clase forzada, obteniéndose así que, antes de correr el Análisis de Proyectos, queden grabados para cada proyecto individual, los análisis con la misma clase futura de todas sus secciones.

Como se dijo anteriormente, los datos de Análisis de Proyectos han de ser introducidos en el PROYE DATA o en el REPAC DATA.

El formato de estos datos es el siguiente:

REGISTRO #1

Columnas

Descripción

1-3

Código de proyecto (numérico a la derecha)

6

Indicador: Blanco = Crear proyecto.  
(Si el File 8 se ha borrado totalmente y se está rehaciendo el archivo)

A = Añadir proyecto. (Si el File 8 tiene ya datos y se quiere añadirle nueva información al mismo).

D = Eliminar proyecto

Columnas

10-39

Descripción

Nombre del proyecto (alfanumérico)

REGISTRO #2

Columnas

1-3

Código de proyecto (numérico, agrupado a la derecha)

7

Indicador: Blanco = Crear proyecto.  
(Si el File 8 se ha borrado y se está rehaciendo el archivo).

A = Añadir proyecto. (Si el File 8 tiene ya datos y se quiere añadirle nueva información al mismo)

D = Eliminar proyecto.

10-14

# de la primera sección del proyecto.

16-20

# de la Sección 2

22-26

# de la Sección 3, etc.

El máximo número de secciones que se puede incluir en un solo proyecto es once secciones.

Cuando se quiere añadir un proyecto que ya existe en el File 8, es necesario eliminar primeramente este del archivo. La forma de modificar un proyecto es borrando primero su versión antigua y a continuación agregando la nueva.

A veces sucede también que para un proyecto dado, no cambiaron ni su nombre ni los números de las secciones que lo componen, pero sí las características de estas secciones, debido a que fueron re-inventariadas o por alguna otra razón. En este caso, la forma de

actualizar el proyecto es borrándolo primero y a continuación añadiéndolo idéntico. De esta manera se logra que el programa SIAPANA vuelva a generar los datos para un proyecto dado, utilizando ahora la nueva información que se tiene de las secciones que lo componen.

#### IV.5 Reporte

Una vez que se han analizado los proyectos, se puede pedir cierto tipo de reporte, incluyendo para cada reporte un registro con el siguiente formato:

<u>Columnas</u>	<u>Descripción</u>
1-7	REPORTES
9	# del reporte requerido (1, 2, 3)
REPORTE 1:	Un listado de los proyectos, ordenados por clase de carretera y, dentro de cada clase, por la tasa interna de retorno (TIR). Aparecen primero los proyectos de mejoramiento con TIR de cero o menos y luego los de mantenimiento extraordinario (rehabilitación).
REPORTE 2:	Un listado de todos los proyectos, ordenados sólo por tasa interna de retorno, basada en ahorros de tiempo a nivel normal, pero separados los proyectos de mejoramiento y los de rehabilitación.
REPORTE 3:	Un listado de los proyectos ordenados por tasa interna de retorno, basada en ahorros de tiempo a nivel mínimo.

## IV.6 Ejecución

Como ya se señaló anteriormente el programa SIAPANA trabaja en dos modalidades: Análisis de Secciones y Análisis de Proyectos.

### IV.6.1 Análisis de Secciones

El Análisis de Secciones imprime análisis económicos de las secciones y graba también esta información en una parte del File 7, completando así los resultados acumulados en este archivo por el SIAPINV.

Se corre esta modalidad tecleando la palabra SECC, que invoca el SECC EXEC, con lo que corre el programa utilizando los datos del SECC DATA, dentro del que están los parámetros y datos de secciones, organizados de acuerdo a lo descrito en los puntos IV.2 y IV.3.

### IV.6.2 Análisis de Proyectos

El Análisis de Proyectos corre en dos distintas submodalidades que se diferencian en que en una el File 8 es enteramente borrado y en la otra no.

En la primera submodalidad, que es cuando se quiere grabar nuevos datos sobre un File 8 totalmente limpio, se ha de teclear e introducir la palabra BORRA. Este EXEC borrará primeramente esa área y a continuación grabará información referente a los datos que se encuentran en el PROYE DATA e impri-

mirá los reportes que se hayan solicitado dentro de éste.

Con la palabra BORRA se obtiene por tanto mucho más que borrar en el File 8; pero se escogió esa palabra como clave para recordarle al usuario que al correr esa versión está borrando todo el archivo de proyectos, y evitar así que lo pueda hacer involuntariamente.

Al correr esta submodalidad el programa utilizará parte de la información acumulada anteriormente en el File 7 y la procesará para obtener nueva información de los proyectos descritos en el PROYE DATA. Esta información a su vez quedará grabada en otro file denominado File 8. El programa imprimirá además los reportes que se le pidan, según lo expuesto en el punto IV.5, si así se especificó al final del PROYE DATA.

En la segunda submodalidad, que es cuando se quiere actualizar el File 8 o solicitar algún reporte, y por lo tanto no se ha de borrar todo el file, se ha de utilizar la palabra REPAC (de Reporte y Actualización), que llamará el REPAC DATA.

El BORRA EXEC y REPAC EXEC invocan los DATAS indicados, dentro de los cuales están los parámetros y los datos de secciones o proyectos organizados de acuerdo a lo descrito en el punto IV.4.

El contenido de SFCC EXEC , BORRA EXEC y REPAC EXEC puede verse en el Anexo C.

ANEXOS

## ANEXO A

Extractos del Memorándum Técnico #21. Preparado por la Dirección General de Planificación y SYSTAN sobre Recolección de Datos de Inventario de Carreteras y el Cálculo de Índices de Suficiencia.

### A. Sistema Recomendado para el Inventario de Caminos y Puentes

Se recomienda que se usen los formularios descritos en este memorándum para la recolección de los datos de inventario que se requieren para los propósitos de la planificación, especialmente para el análisis de proyectos para la mejora de carreteras existentes o la construcción de carreteras nuevas como alternativas a vías existentes, cuando el nivel de tránsito sea tal que permita una evaluación con base en ahorros a los usuarios. El sistema propuesto sirve también para los propósitos de estudios de costos de operación de vehículos, además del cálculo de índices de suficiencia.

En ciertos aspectos, el sistema recomendado no difiere mucho del actual, excepto que el formulario para la recolección de los datos se ha diseñado para permitir el fácil traspaso de esos a la computadora. En otros aspectos, existen variaciones importantes entre los procedimientos actuales y los recomendados.

Por ejemplo se sugiere el uso de una clasificación numérica para describir ciertas características físicas, tales como: alineamiento horizontal, pendientes, distancias de visibilidad, condición de superficie, etc. Bajo el sistema propuesto, en vez de mantener información detallada sobre cada característica (es decir, sobre cada curva en cada pendiente), se sugiere evaluar las diferentes características de cada sub-sección de acuerdo con criterios establecidos, llegando a una clasificación general de la subsección con respecto a esas características. Se han definido cinco clases para cada característica. Por ejemplo, las clases para el grado de las pendientes varían de "pendientes menores de 3% en toda la subsección" a "pendientes sostenidas en exceso de 7% en casi toda la subsección". La clasificación de estas características siempre podría basarse en las mediciones cuantitativas que el personal está ya acostumbrado a hacer, aunque una apreciación objetiva hecha por un ingeniero o técnico experimentado, sería adecuada cuando se trate de la evaluación de la viabilidad comparativa de proyectos viales alternativos a escala nacional. Se estima que la descripción de las características físicas, basada en el sistema de clasificación propuesto, sería suficiente para satisfacer todas las necesidades de la planificación vial del país. (Sin embargo, para los propósitos del mantenimiento vial, se requeriría cierta información más detallada, la cual debería mantenerse en los archivos de las entidades responsables de esa actividad).

Otro aspecto nuevo del sistema recomendado es la recolección o estimación de datos sobre el uso de las carreteras, específicamente, la velocidad promedio de recorrido y el tránsito diario promedio de cada subsección. Para los análisis a nivel de pre-factibilidad, el procedimiento sugerido proporcionará información adecuada, aunque para estudios de factibilidad más detallados, podría requerirse investigaciones adicionales para obtener los datos de tránsito necesarios.

Para facilitar la recolección de los datos requeridos para el inventario, se sugiere el uso de un formulario principal (Formulario #1: Hoja de Inventario para Caminos) y uno auxiliar (Formulario #2: Hoja de Inventario para Puentes). Estos se muestran más adelante en los Cuadros 1 y 2, respectivamente. Debe llenarse una Hoja de Inventario para Caminos (Formulario #1) para cada subsección de carretera que se defina. El ingeniero encargado del inventario será responsable de la división de las secciones de control en subsecciones para los propósitos del inventario, según los criterios que se presentan a continuación.

Las secciones deben dividirse en subsecciones cuando ocurren cambios de consideración en el terreno, el tipo o ancho de la superficie de ruedo, el tipo o el ancho de los espaldones, o el volumen de tránsito. También se procederá así cuando ocurran cambios marcados en las condiciones que determinan la velocidad promedio de circulación, tales como el estado de

HOJA DE INVENTARIO PARA CAMINOS

(FORMULARIO N° 1)

Código de Tarjeta (si hay) -----			1-2
Inventario Realizado por ----- Fecha -----			3-6
Identificación de la Subestación -----			8-11
Descripción ----- Número de Ruta -----			12
Estado de Desarrollo de la Sección o Subsección ----- 1 = Existente; 2 = En construcción; 3 = Proyecto			14-21
Número de Control de Sección o Subsección -----			23-25
Longitud de la Sección o Subsección (al décimo de km) -----			27-28
Número de Puentes y Pasos Inferiores en la Sección o Subsección (Nota 1) -----			29-30
Número de Puentes o Pasos Inferiores No Adecuados -----			
<u>Características de la Subsección</u>			
Tipo de Terreno: 1=Llano; 2=Algo Ondulado; 3=Muy Ondulado; 4=Montañoso -----			36
Tipo de Superficie de Ruedo ----- 1=Hormigón o Concreto Asfáltico $\geq 6$ cm; 2=Concreto Asfáltico $\leq 6$ cm o TSB Múltiple; 3=Tratamiento de Superficie Bituminoso Simple o Base Estabilizada; 4=Grava o Lastre; 5=Piedra Bruta; 6=Tierra Mejorada			37
Número de Carriles (menos de 5,0 m es de un solo carril) -----			38
Ancho de la Superficie de Ruedo (al décimo de metro) -----			40-42*
Ancho de Espaldón: 0=No Existe; 1=Pavimentado; 2=Mejorado; 3=Tierra -----			44
Ancho de Espaldón (al décimo de m) -----			45-46
Ancho de Isla Central, si existe (al décimo de metro) -----			47-49
Velocidad Promedio de Recorrido (Vehículos livianos, en km/hora) -----			51-53
Tránsito Diario Actual Estimado en la Subsección -----			55-59*
Desarrollo de los Terrenos Contiguos al Camino ----- 0 = Area Rural; 1 = Area Urbana			61
<u>Evaluación en el Campo (ver nota 2):</u>			
Alineamiento Horizontal -----			66
Pendientes -----			67
Superficie de Ruedo -----			68
Espaldones -----			69
Distancia de Visibilidad -----			70
Obras de Drenaje Menores -----			71
Estructura del Pavimento Debajo de la Superficie de Ruedo -----			72
Señalamiento de la Vía -----			73
Comentarios (0 = no hay; 1 = sí hay) -----			74

(Si es necesario, siga al dorso)

- NOTAS: (1) Si hay puentes o pasos inferiores en la sección o subsección, debe llenarse el Formulario 2 y adjuntarlo a éste.
- (2) Debe asignarse una clasificación entre 1 y 5 de acuerdo con las condiciones observadas y siguiendo las instrucciones correspondientes.
- (3) En el croquis esquemático al lado, anotar características especiales tales como ríos, fábricas, aeropuertos, pueblos, cruces de ferrocarril, empalmes importantes, zonas de derrumbes activos, etc.

HOJA DE INVENTARIO DE PUENTES  
(FORMULARIO N° 2)

Código de Tarjeta (si hay) \_\_\_\_\_ 1-2  
 Inventario Realizado por \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ 3-6  
 Identificación de la Subsección: \_\_\_\_\_  
 Descripción \_\_\_\_\_ Número de Ruta \_\_\_\_\_ 8-11  
 Estado de Desarrollo de la Sección o Subsección \_\_\_\_\_ 12  
 1=Existente; 2=En construcción; 3=Proyecto  
 Número de Control de la Sección o Subsección \_\_\_\_\_ 14-21  
 Número de Puentes en la Sección o Subsección (Ver Nota 1) \_\_\_\_\_ 23-24  
 Número de Pasos Inferiores en la Sección o Subsección \_\_\_\_\_ 25-26

Características y Evaluación de los Puentes y Pasos Inferiores:

Lectura del Odómetro (Al 1/10 de km) Comienzo de la Subsección	No. del Puente o Paso Inferior		Distancia del Co- mienzo del Tramo (al 1/10 de km)				Tipo (2)				Longitud (Metros)	Ancho entre Cordones (al 1/10 de m)		¿Adecuado? (3)				Ancho del Paso Inferior (al 1/10 de m)			Límite de Carga si se Conoce (Tone- ladas)											
	32	33	35	36	37	Función	Puente	Estructu.	Tablero	40		41	42	43	46	47	48	51	52	53		Ancho	Estructu.	Tablero	Sección Hidrául.	56	57	58	59	62	63	64
0	1																															
0	2																															
0	3																															
0	4																															
0	5																															
0	6																															
0	7																															
0	8																															
0	9																															
1	0																															
1	1																															
1	2																															
1	3																															
1	4																															
1	5																															
1	6																															
1	7																															
1	8																															
1	9																															
2	0																															

Comentarios: \_\_\_\_\_

NOTA:

- (1) Debe incluirse todos los puentes de la subsección (estructuras de una longitud, entre estribos o muros exteriores, igual o mayor de 6 metros). En la descripción de las características y la evaluación, de los puentes se llenará una línea para cada puente. Esta hoja debe adjuntarse al Formulario No. 1, para la respectiva sección o subsección. Si falta un puente en un sitio, debe anotarse la longitud aproximada requerida.
- (2) Para "Función"..... 1 = Puente sobre RÍO o Quebrada; 2 = Paso Superior sobre otro Camino; 3 = Paso Superior sobre ferrocarril; 4 = Paso Inferior bajo otro Camino; 5 = Paso Inferior bajo Ferrocarril
- Para "Puente"..... 1 = Tablero Inferior; 2 = Tablero Superior; 3 = Falta Puente
- Para "Estructura".... 1 = Hormigón Armado; 2 = Metálico; 3 = Madera; 4 = Mampostería
- Para "Tablero"..... 1 = Hormigón Armado; 2 = Metálico; 3 = Madera; 4 = Otro
- (3) 1 = Adecuado; 2 = Inadecuado

la superficie de ruedo y la distancia de visibilidad para rebasar a un vehículo, siempre y cuando tales cambios no se presenten en tramos muy cortos. Podría ser conveniente definir puntos de división de las secciones en las intersecciones con otras carreteras o caminos de cierta importancia, o para corresponder con los límites administrativos del país (límites cantonales o subregionales). Es preferible que las subsecciones no tengan longitudes menores de cinco kilómetros. Una longitud ideal sería de unos diez kilómetros, o más. En algunos casos, podría ser necesario promediar características o condiciones para evitar subsecciones demasiado cortas.

Cuando una sección o subsección tiene uno o más puentes, que se definen como estructuras de una longitud entre estribos o muros exteriores igual a, o mayor de, seis metros, y/o cuando tiene uno o más pasos inferiores bajo otro camino o bajo una línea de ferrocarril, debe llenarse una Hoja de Inventario para Puentes (Formulario #2) para ese tramo, además del Formulario #1 antes mencionado.

#### Metodología para el Cálculo de los Índices de Suficiencia

El Índice de Suficiencia de un tramo de camino es una medida relativa de la capacidad del tramo para acomodar un cierto volumen de tránsito (que generalmente será el existente), tomando en cuenta los factores físicos que afectan el flujo de los vehículos. El Índice de Suficiencia, por ser una medida

relativa, puede calcularse de varias maneras. Para los propósitos del presente trabajo, los índices se computarán como se indica a continuación.

Para cada sección o subsección y para cada rango de volumen de tránsito que se especifique, se asigna un valor a cada característica que afecta el flujo del tránsito, de acuerdo con la clasificación del tramo con respecto a esa. Las magnitudes de los valores varían según la importancia de las diferentes características al facilitar o impedir el movimiento de los vehículos. El Índice de Suficiencia de un tramo se calcula sumando los valores asignados a todas las características que se toman en cuenta para ese propósito.

La importancia relativa (ó factor de ponderación) de cada característica, que corresponde al valor que se asignaría si el tramo estuviera en óptimas condiciones con respecto a esa característica (para un volumen dado de tránsito) se presenta en el Cuadro 3. Como puede apreciarse de ese cuadro, un Índice de Suficiencia de 100, para un cierto volumen de tránsito, señalaría que la sección o subsección estuviera en perfectas condiciones para acomodar tal tránsito. Valores menores indicarían eficiencias menores. Por lo general el Índice se calcula para el volumen de tránsito existente, aunque podría calcularse también para volúmenes pronosticados, bajo ciertas

CUADRO 3  
 FACTORES DE PONDERACION PARA EL  
 CALCULO DE LOS INDICES DE SUFICIENCIA

<u>Características del Camino</u>	<u>Factor de Ponderación</u>
Tipo de Superficie	18
Tipo de Espaldón	3
Ancho de Superficie	15
Ancho de Espaldón	4
Alineamiento Horizontal	12
Pendientes	6
Superficie de Ruedo	15
Espaldones	4
Distancia de Visibilidad	10
Obras de Drenaje Menores	6
Señalamiento de Vía	7
Total	<u>100</u>

suposiciones de condiciones de pavimento, etc. El uso principal del Índice es identificar secciones o subsecciones de caminos que necesitan un mayor mantenimiento, una rehabilitación o un mejoramiento para poder acomodar adecuadamente el volumen de tránsito que circula por ellas.

Durante la recolección de datos para el inventario, por medio del uso de la Hoja de Inventario para Caminos (formulario #1) y siguiendo las instrucciones presentadas en la Sección 3 de este documento, debe clasificarse las secciones o subsecciones con respecto a ocho de las doce características incluidas en el Cuadro 3. También debe obtenerse datos sobre las otras cuatro características, que son el tipo y ancho de las superficies y los espaldones. Con base en esos datos, las secciones y subsecciones deben ser clasificadas con respecto a las cuatro características mencionadas, asignándoles un número entre 5 y 1 de acuerdo con los criterios presentados en el Cuadro 4.

El próximo paso en el cálculo del Índice de Suficiencia de una sección o subsección, es el de asignar los valores a las doce características y sumarlos, de acuerdo con la previa clasificación del tramo con respecto a cada una de ellas y el volumen de tránsito especificado. El Cuadro 5 indica el valor que debe asignarse, para cada una de las cinco clases correspondientes, a las diferentes características, para seis distintos rangos de volumen de tránsito.

CUADRO 4

CLASIFICACION DE LAS SECCIONES O SUBSECCIONES  
CON RESPECTO A TIPO Y ANCHO DE SUPERFICIE Y ESPALDONES

Característica	Código (Si hay) y Descripción(1)	Clasificación de la Sección					
		≥ 8000	3000-7999	1000-2999	400-999	100-399	< 100
Tipo de Superficie	1) Hormigón o Concreto Asfáltico ≥ 8cm	5	5	5	5	5	5
	2) Concreto Asfál. < 6cm o TSB múltiple	4	4	4	4	4	4
	3) TSB Simple o Base Estabilizada	3	3	3	3	3	3
	4) Grava o Lastre	2	2	2	2	2	2
	5) Piedra Bruta	1	1	1	1	1	1
	6) Tierra Mejorada	5	5	5	5	5	5
Tipo de Espaldón	1) Pavimentado	4	4	4	4	4	4
	2) Mejorado	3	3	3	3	3	3
	3) Tierra	2	2	2	2	2	2
Ancho de Superficie	0) No existe	5	5	5	5	5	5
	≥ 13,0 m	4	4	4	4	4	4
	12,9 - 10,0 m	3	3	3	3	3	3
	9,9 - 7,0 m	2	2	2	2	2	2
	6,9 - 6,5 m	1	1	1	1	1	1
	6,4 - 6,0 m	1	1	1	1	1	1
	5,9 - 5,5 m	1	1	1	1	1	1
	5,4 - 5,0 m	1	1	1	1	1	1
	4,9 - 4,5 m	1	1	1	1	1	1
	4,8 - 4,5 m	1	1	1	1	1	1
Ancho de Espaldón	≥ 2,0 m	5	5	5	5	5	5
	1,9 - 1,5 m	4	4	4	4	4	4
	1,4 - 1,0 m	3	3	3	3	3	3
	0,9 - 0,6 m	2	2	2	2	2	2
	0,5 - 0,3 m	1	1	1	1	1	1

NOTAS: (1) Los códigos y descripciones se refieren a los datos que se registraron en el Formulario #1 Hoja de inventario para caminos.  
(2) TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual, en vehículos por día.

CUADRO 5

VALORES ASIGNADOS A LAS CARACTERISTICAS PARA  
EL COMPUTO DE LOS INDICES DE SUFICIENCIA

Valores que deben Asignarse, Según TPDA y la Clasificación de la Sección

Características	> 8000	3000- 7999	1000- 2999	400- 999	100- 399	100
Tipo de Superficie	5 4 3 2 1	18 10 0 0 0	18 15 0 0 0	18 18 5 0 0	18 18 18 10 0	18 18 18 18
Tipo de Espaldón	3 0 0 0 -	3 1 0 0 -	3 1 0 0 -	3 2 1 0 -	3 3 3 0 -	3 3 3 0
Ancho de Superficie	15 10 5 0 0	15 10 0 0 0	15 12 5 0 0	15 12 5 0 0	15 15 10 0 0	15 15 15 10
Ancho de Espaldón	4 10 0 0 0	4 3 1 0 0	4 4 2 0 0	4 4 2 0 0	4 4 3 0 0	4 4 4 2
Alineamiento Horizontal	12 8 3 0 0	12 10 3 0 0	12 12 5 2 0	12 12 8 3 0	12 12 10 6 0	12 12 12 8
Pendientes	6 5 1 0 0	6 5 2 0 0	6 6 3 1 0	6 6 4 2 0	6 6 5 3 0	6 6 6 5
Superficie de Ruedo	15 12 5 0 0	15 12 8 0 0	15 15 8 3 0	15 15 10 5 0	15 12 12 8 0	18 18 12 10
Espaldones	4 2 0 0 0	4 3 0 0 0	4 4 1 0 0	4 4 2 1 0	4 4 4 2 0	4 4 4 3
Distancia de Visibilidad	10 - 0 0 0	10 - 4 1 0	10 - 5 2 0	10 7 6 3 0	10 8 7 4 0	10 - 8 -
Obras de Drenaje Menores	6 4 2 0 0	6 4 1 0 0	6 5 2 0 0	6 3 2 1 0	6 6 4 2 0	6 6 5 3
Señalamiento de Vía	7 5 2 0 0	7 5 3 0 0	7 5 3 0 0	7 7 5 3 0	7 7 7 5 0	7 7 7 6

El Cuadro 6 ilustra el índice para una subsección hipotética con las siguientes características: una superficie de tratamiento superficial bituminoso (TSB) múltiple de 6,8 metros de ancho y espaldones pavimentados de un ancho de 1,2 metros cada uno, y sin puentes o pasos inferiores inadecuados (las otras características son aquellas que corresponden a las clasificaciones indicadas en el cuadro, que se hacen directamente durante el levantamiento de los datos de inventario). Si el tránsito diario promedio sobre esa subsección fuera de unos 900 vehículos diarios, el Índice de Suficiencia se calcularía en 83, indicando que el tramo tendría una condición aceptable (como se explica más adelante). Por otro lado, si el tránsito promedio fuera de 1500 vehículos diarios, el Índice de Suficiencia sería 68, lo que señalaría la necesidad de mejorar rápidamente las condiciones del tramo para poder acomodar con seguridad ese volumen de tránsito.

Si existen puentes o pasos inferiores con anchos inadecuados (angostos) en una sección o subsección, y si el tránsito promedio diario anual (TPDA) del tramo excede de 2000 vehículos diarios, debe ajustarse su Índice de Suficiencia para reflejar los efectos de esos, según el siguiente criterio:

Si la relación entre la longitud del tramo (en km) y el número de puentes o pasos inferiores en el tramo con ancho inadecuado es mayor de 10, no se hace ningún ajuste. Si la relación es entre 10 y 5, se multiplica el Índice por 0,9 y si es

CUADRO #6

ILUSTRACION DEL CALCULO DEL  
INDICE DE SUFICIENCIA DE UNA SUBSECCION

Característica	TPDA = 900		TPDA = 1500	
	Clasificación	Valores Asignados	Clasificación	Valores Asignados
Tipo de Superficie	4	18	4	15
Tipo de Espaldón	5	3	5	3
Ancho de Superficie	5	15	4	12
Ancho de Espaldón	4	4	3	2
Alineamiento Horizontal	4	12	4	12
Pendientes	3	4	3	3
Superficie de Ruedo	3	10	3	8
Espaldones	3	2	3	1
Distancia de Visibilidad	5	10	5	10
Obras de Drenaje	3	2	3	2
Señalamiento de la Vía	2	<u>3</u>	2	<u>0</u>
Indice de Suficiencia		83		68

menor de 5, se multiplica por 0,8.

En general, se han establecido los siguientes rangos para la evaluación del estado de los caminos por medio del Índice de Suficiencia:

- 90 - 100 Condiciones excelentes
- 80 - 89 Condiciones aceptables a buenas
- 70 - 79 Condiciones apenas aceptables, que podrían requerir atención, especialmente si aumentara el volumen del tránsito
- 70 Condiciones inaceptables; el tramo requiere una atención inmediata para mejorar su estado.

Debe recordarse que el Índice es una medida relativa de suficiencia. Se basa solamente en aspectos físicos de los caminos y su propósito principal es señalar deficiencias en ellos. Una vez identificadas las secciones inadecuadas, debe tomarse en cuenta los factores económicos en el análisis de factibilidad para mejorarlas.

## ANEXO B

### COSTO DE OPERACION DE VEHICULOS

En este anexo se señalan las cantidades unitarias de consumo o desgaste que determinan los costos de operación de los vehículos automotores representativos de Costa Rica, así como los precios vigentes a fines del tercer trimestre de 1981 y que se aplicaron a dichas cantidades físicas para obtener los costos promedio de operación de vehículos, por cada 1000 kilómetros de recorrido. A su vez, estos costos se usaron en la evaluación económica de posibles mejoras en la red vial nacional que se efectuó a fines de setiembre de 1981 con el modelo para computadora SIAP.

#### Composición del Parque Automotor

Con el propósito de actualizar los datos relacionados con la composición del parque automotor de Costa Rica, se llevaron a cabo encuestas de tránsito en dos de los puntos estratégicos en que se habían efectuado estudios similares en el año 1979; estos sitios son las estaciones de peaje en las carreteras El Coco-San Ramón y Curridabat-Tres Ríos. También se analizaron los datos de recuentos clasificados del tránsito que la Dirección General de Planificación efectuó hace poco en varias rutas primarias y secundarias.

Después de analizar los datos recientes pertinentes, se llegó a las conclusiones que se presentan a continuación, con respecto a la distribución promedio de tránsito entre las principales categorías y subcategorías de vehículos en circulación en las carreteras rurales de Costa Rica (se presentan entre paréntesis los datos de 1979 para facilitar una comparación).

A. Distribución de Vehículos en Rutas Troncales

Livianos = 70% (71)      Buses = 6% (6)      Camiones = 24% (23)

B. Distribución de Vehículos en Rutas No Troncales

Livianos = 79% (77)      Buses = 6% (7)      Camiones = 15% (16)

C. Composición del Tránsito por Categoría y Subcategoría de Vehículo

i. Vehículos livianos:

	<u>Ruta Troncal</u>	<u>Ruta No Troncal</u>
Automóviles y Pick-ups pequeños	35% (25)	30% (20)
Automóviles y Pick-ups medianos	18% (35)	20% (30)
Automóviles y Pick-ups grandes	15% (10)	15% (15)
Jeeps	32% (30)	35% (35)

ii. Buses:

Microbús	8% (10)	0% (0)
Autobús Grande	92% (90)	100% (100)

iii. Camiones:

Camión C-2	62% (60)	80% (80)
Camión C-3	16% (20)	20% (20)
Camión C-5 (T3-S2)	22% (20)	0% (0)

## Características de los Vehículos Representativos

### A. Selección de los Vehículos Representativos

Basándose en las encuestas y los datos de ventas recientes, se seleccionó el vehículo más representativo de todo el universo de vehículos en cada subcategoría, y estos vehículos se señalan a continuación:

#### i. Vehículos livianos <sup>1/</sup>

Auto pequeño :	Datsun 120 y (gasolina)
Auto mediano :	Toyota Corona 1800 (gasolina)
Auto grande :	Chevrolet Malibú (gasolina) (representa al Chevy Nova y similares)
Jeep :	Toyota Land Cruiser, 2 puertas (diesel)

#### ii. Buses (a diesel)

Microbús :	Mercedes Benz LO-608 D (capacidad 21 a 25 pasajeros)
Autobús grande:	Volvo B-58 (capacidad 64 a 72 pasajeros)

#### iii. Camiones (a diesel)

C-2 :	Izuzu Forward con adrales
C-3 :	Mack R-686 S (serie R-600) con plataforma o adrales
C-5 :	Mack F-785 ST (serie F-700) con furgón cerrado

Ver datos adicionales de estos vehículos en el Cuadro

#B-1.

<sup>1/</sup> Se incluyen en cada subcategoría los pick-ups cuyo peso y consumo de combustible sean similares a los autos, teniendo en cuenta que de los medianos y grandes la mayoría son de motor a diesel.

VEHICULOS REPRESENTATIVOS (JUNIO 1986)

Tipo/Vehículo	Veh. Liv. Pequeño	Veh. Liv. Mediano	Veh. Liv. Grande	Veh. Liv. Jeep	Microbús	Autobús Grande	Camión C-2	Camión C-3	Camión T3-S
Marca y estilo del vehículo	Datsun 120 Y	Toyota Corona 1800	Chevrolet Malibu	Toyota Land Cruiser (2 puertas)	Mercedes Benz IO-608D	Volvo B-58	Isuzu Forward	Mack R-686S	Mack R-765S
Clase de combustible	Gasolina	Gasolina	Gasolina	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Potencia al freno (bhp)	69	86	115	89	94	270	145	285	285
Peso promedio en carretera (tm)	1,0	1,3	1,8	2,0	5,0	13,5	6,0	15,0	26,0
Peso promedio vacío (tm)	0,8	1,0	1,5	1,6	3,2	9,0	3,6	9,0	12,0
Número de ejes	2	2	2	2	2	2	2	3	5
Número de llantas	4	4	4	4	6	6	6	10	18
Tamaño normal de llantas	600 x 12	650 x 13	735 x 14	700 x 15	750 x 16	1100 x 20	825 x 16	1100 x 20	1100 x
Número de capas por llanta	4	4	4	6	10	14	14	14	14
Precio económico de una llanta con neumático (¢)	1870	1916	2509	3874	5123	13 925	9301	13 925	17 980
Número máximo de ocupantes	5	5	6	7	26	65	3	3	3
Número ocupantes promedio por vehículo	3,2	3,2	3,2	4,0	22	56	2,5	1,8	1,8
Precio económico del vehículo (¢)	310 500	417 700	536 300	581 700	1 412 300	3 217 700	869 300	3 104 800	4 599
Valor depreciable (¢)	272 700	369 000	473 700	509 600	1 243 400	2 820 700	732 100	2 669 000	3 848
Precio financiero (¢)	800 000	1 600 000	2 100 000	1 900 000	2 450 000	4 000 000	1 800 000	3 400 000	5 000
Vida útil promedio (años)	11	13	13	12	8	8	10	8	8
Kilometraje actual promedio	16 000	16 000	16 000	24 000	80 000	80 000	43 000	55 000	90
Número de horas que opera por año	450	450	600	2000	2000	2000	2000	2000	25

Econ. Finan.

Precio aceite ¢/litro	64,00	98,00
Precio diesel ¢/litro	11,26	19,00
Precio gasolina ¢/litro	10,58	24,00

## B. Pesos Promedio de Camiones de Carga

En las estaciones de pesaje del MOPT que se encuentran en operación la mayor parte del año, se controla aproximadamente el 20 a 30% de todos los camiones que pasan. En vista de que muchos de los C-2 llevan poca carga es lógico que se controlará un porcentaje menor de esa categoría de camiones, así que, de los datos del Departamento de Pesos y Dimensiones, se desprende que los porcentajes controlados actualmente son más o menos como sigue: C-2: 15-20%, C-3: 20-30%, C-5: 50-65%. En vista de que los camiones controlados son los que parecen que están bastante cargados, los datos de pesos promedio en la carretera que se presentan en los informes del Departamento de Pesos y Dimensiones indican pesos mayores del promedio de todos los camiones en circulación. Por lo tanto, se usaron para establecer pesos promedio en la carretera, los datos de los estudios recientes de SYSTAN con relación al Plan Nacional de Transporte y de otros estudios de tránsito de BEL-EK. Para información se presentan algunos datos del Departamento de Pesos y Dimensiones sobre camiones nuevos que entraron en circulación en el año 1980.

Camión C-2: De los camiones C-2 un 65% consiste de camiones pequeños tipo Isuzu e Hino, y los que llevan carga tienen como promedio una carga de + 3,5  $T_m$ . El otro 35% consiste de camiones Ford, Chevrolet, Volvo y similares, los que llevan como carga promedio unos 6,0  $T_m$  (sin tener en cuenta los que no llevan carga). De acuerdo con los estudios de SYSTAN y BFL-EK, el promedio general de carga en los camiones cargados tipo C-2, en el período 1975-1979, fue de 4,3  $T_m$ , con un 45% del total de los C-2 circulando sin carga. Considerando la reciente brusca alza en los costos de los vehículos y de los combustibles, se cree que actualmente los camioneros están tratando de lograr una mejor utilización de sus vehículos,

así que se estima un  $4,7 T_m$  el promedio de la carga que llevarán los camiones C-2 ( $3,8 T_m$  para los camiones más representativos tipo Isuzu), y se estima que la proporción de C-2 sin carga bajará el 40%.

Siendo el peso vacío del Isuzu Forward de unos  $4,0 T_m$ , el peso promedio en la carretera de todos estos vehículos representativos es:

$$(0,60) (4,0 + 3,8) + (0,40) (4,0) = 6,3 \text{ Usese } \underline{6,0 T_m}$$

(los datos del Departamento de Pesos y Dimensiones para vehículos nuevos, controlados durante 1980, señalan una carga útil promedio de  $4,3 T_m$  y peso bruto de  $8,3 T_m$ , siendo la mayoría de los camiones C-2 del tipo Isuzu, pero de mayor peso que los modelos viejos).

Camiones C-3: De los camiones C-3, un 65% son de la marca Mack u otras marcas americanas, representando el Mack casi la mitad de este tipo de vehículos en las encuestas recientemente efectuadas en algunas rutas troncales. Un 25% de los C-3 son de la marca Volvo y de otras marcas europeas, constituyendo los camiones japoneses una proporción muy pequeña de este tipo de vehículo. El estilo más común de los Mack es la serie R-600 y se escogió el R-6865 como el más representativo de esta serie en Costa Rica, su peso promedio sin carga es de  $+ 9,5 T_m$ .

Los estudios recientes de SYSTAN y BEL-EK indican que la carga promedio de los C-3 que circulan con carga es de unos  $10,0 T_m$  (el Departamento de Pesos y Dimensiones indica para 1980 una carga promedio de  $9,4 T_m$  y peso bruto promedio de  $19,3 T_m$ ), y que un 40% de los camiones de 3 a 5 ejes circulan sin carga (especialmente los que llevan madera o granos). Se considera que el factor de utilización de los T3-S2 es más alto que el de los C-3, por ser la mayoría de los T3-S2 propiedad de líneas de transporte que tienen más facilidad para

conseguir carga en ambos sentidos de un viaje de ida y vuelta. Así es que se estima que un 50% de los C-3 circulan sin carga y un 35% de los T3-S2.

$$\frac{0,16}{0,40} \times 0,50 + \frac{0,22}{0,40} \times 0,35 \times 100 = 39\% \text{ sin carga}$$

Considerando la tendencia actual de aprovechar mejor la capacidad de carga de los vehículos (y de importar menos), se estima que el porcentaje de camiones C-3 vacíos será en el futuro de un 45% y que la carga promedio que llevará el 55% cargado será del orden de  $10,5 T_m$ . Entonces el peso promedio en la carretera de todos los camiones C-3 representativos es:

$$\frac{(0,55) (9,5 + 10,5) + (0,45) (9,5)}{1,0} = 15,3 T_m \text{ Usese } 15,0 T_m$$

Camión C-5: De los camiones C-5 (T3-S2), más del 70% son de las marcas Mack y White con una marcada preferencia por el Mack (+ 50% del total). El estilo de cabezal más común del Mack es la serie F-700 y se escogió el F-785 ST como el más representativo en Costa Rica. Se supuso que sería un semi-remolque del tipo furgón cerrado. El peso promedio de  $18,0 T_m$ , de carga, sin tener en cuenta los camiones vacíos. Se estima que el porcentaje que circula sin carga bajará próximamente del 35% al 30% y que el 70% cargado llevará una carga promedio de unos  $20 T_m$  de aquí en adelante.

$$\text{El peso promedio en la carretera de todos los camiones C-5 representativo es: } \frac{(0,70) (12,0 + 20,0) + (0,30) (12,0)}{1,0} =$$

$$= 26,0 T_m$$

## Componentes del Costo de Operación

Los principales elementos que influyen sobre el costo de operación de los vehículos son los siguientes:

Consumo de combustible

Depreciación

Desgaste de llantas

Mantenimiento y reparación de los vehículos

Consumo de aceite de motor y lubricantes

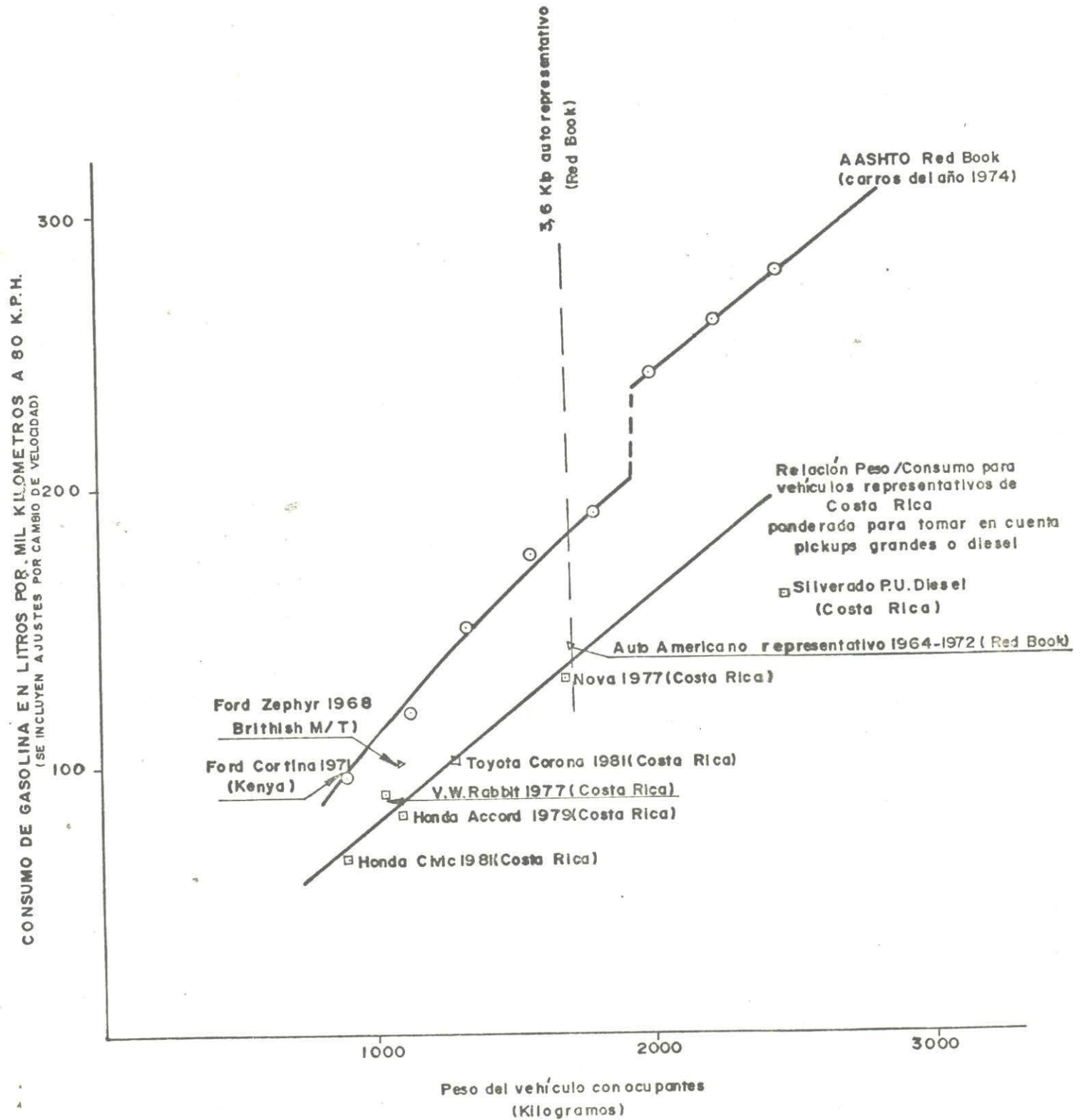
### A. Consumo de combustible

En Costa Rica no se cuenta con datos sobre consumo y su variación con la velocidad, pendiente, tipo de superficie, etc., para ningún tipo de vehículo. Por lo tanto se debe adaptar a Costa Rica la información de estudios efectuados en otros países. Estos han sido hechos con métodos técnicos muy avanzados y por lo tanto reflejan bastante bien las variaciones del consumo con la velocidad, el peso de los vehículos y la condición de las carreteras. Sin embargo, existen algunas diferencias que se deben tener en cuenta al utilizar datos de otros países.

Por ejemplo, la flota automotriz varía de un país a otro, tanto en composición como en edad y condición de los vehículos. Los equipos de aire acondicionado y otros para control de contaminación, son menos usados en Costa Rica, los combustibles son de diferente calidad, y finalmente, la manera de conducir de los choferes es típica de cada país. Por lo tanto es imposible adoptar directamente los resultados de investigaciones sobre consumo de combustible desarrollados en condiciones muy distintas a las de Costa Rica

(Carretera pavimentada, recta y plana)  
**AUTOMOVILES Y PICK-UPS**

**FIGURA B1**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AASHTO Red Book y otros estudios de consumo de combustible.

Se analizaron los datos de consumo dados por Winfrey; Jan de Weilles, Claffey; NCHRP 133 y NCHRP 11; Reporte Especial #9 del Australian Road Research Bureau; Hide et al (el estudio de Kenya auspiciado por el TRRC); y el Libro Rojo (Red Book) publicado en 1977 por AASHTO. Se siguió básicamente, a estos dos últimos por estar ellos basados en investigaciones más recientes y más completas.

Para cada uno de los tres tamaños de automóvil de Costa Rica se dibujó la curva de consumo vs velocidad, usando como punto clave el consumo a 80 Kph y siguiendo la forma de la curva del Red Book para el auto grande (carro americano) y una combinación de Red Book y Kenya para los otros dos (carros japoneses).

Se dibujó una curva de peso vs consumo de diesel para los camiones de Costa Rica, a 60 kilómetros por hora. Esta se basó en los valores calculados de acuerdo a las fórmulas de Kenya para camiones medianos y grandes, ajustados para tener en cuenta algunos cambios de velocidad y las distintas condiciones de los dos países en cuanto a calidad de combustible y de mantenimiento, y la habilidad de los choferes. Como es lógico suponer, hay más profesionalismo dentro de los choferes de los camiones grandes y por ende se usó un porcentaje de ajuste mucho menor para esos vehículos que para los camiones pequeños de dos ejes (ver figura #B-2).

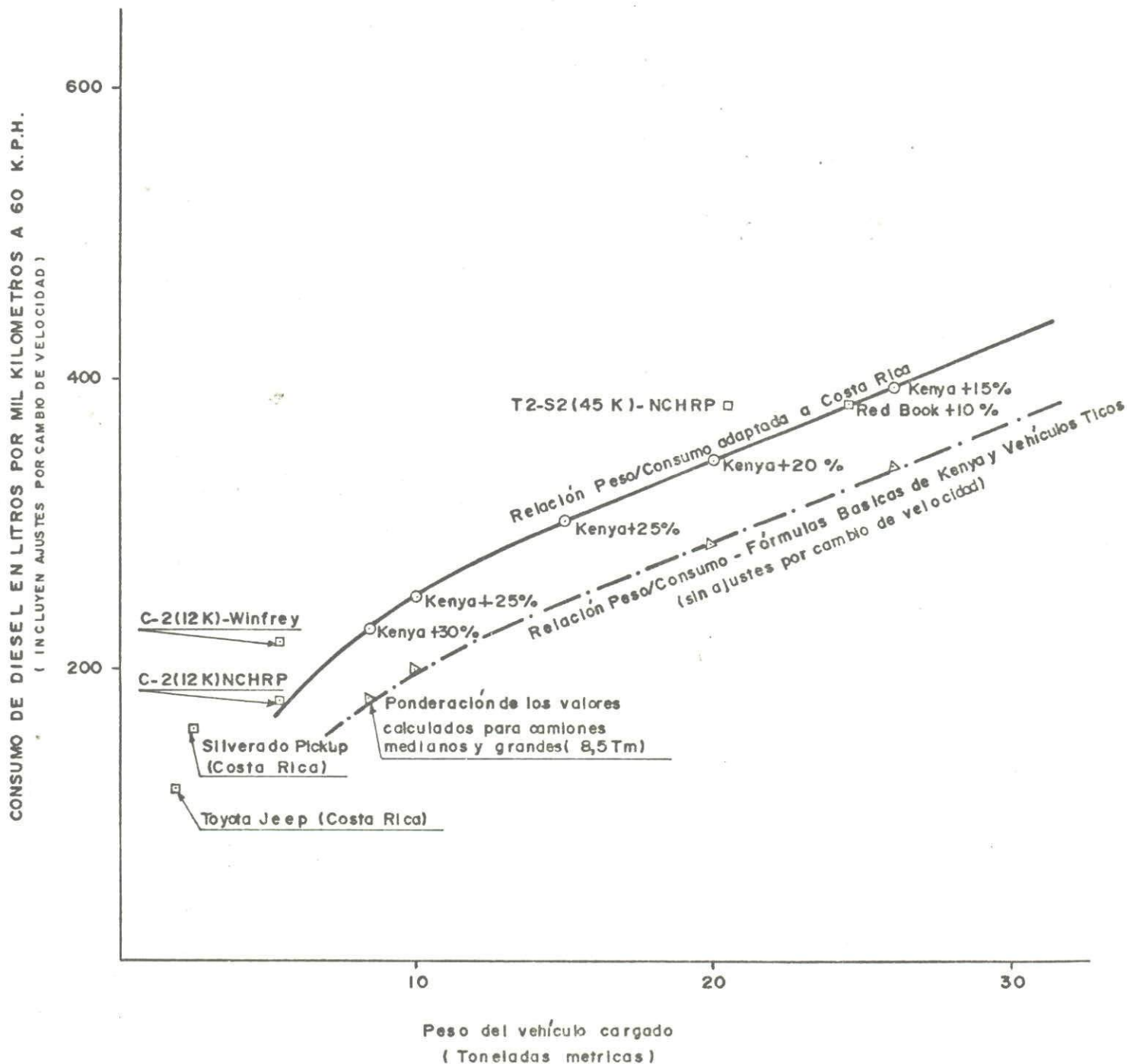
Para cada clase de camión de Costa Rica se dibujó la correspondiente curva de consumo vs velocidad, usando como punto clave el consumo a 60 kilómetros por hora. Se debe notar que el único camión usado en los ensayos de Kenya era uno de dos ejes, de 8,4 T<sub>m</sub>, y que los resultados publicados para

# LA CARRETERA

FIGURA B2

(Carretera pavimentada, recta y plana)

CAMIONES



camiones medianos y grandes fueron obtenidos por la relación peso/consumo desarrollada en ese estudio. Por esa razón, la forma de la curva consumo /velocidad para los camiones de tres y de cinco ejes (vehículos americanos) es la de AASHTO y no de Kenya. Para el camión liviano y los buses se siguió la curva de Kenya, con una modificación hacia la de AASHTO para las velocidades bajas.

El jeep que se usó en el estudio de Kenya era a gasolina, así que para estimar el consumo del jeep diesel representativo de Costa Rica se extrapolo de la curva peso/consumo de camiones. El valor así obtenido tiene una relación razonable con el consumo del jeep a gasolina, ajustándose el valor de Kenya para reflejar las condiciones menos favorables de Costa Rica, y compara bien con el consumo reportado por usuarios de este tipo de vehículos en Costa Rica.

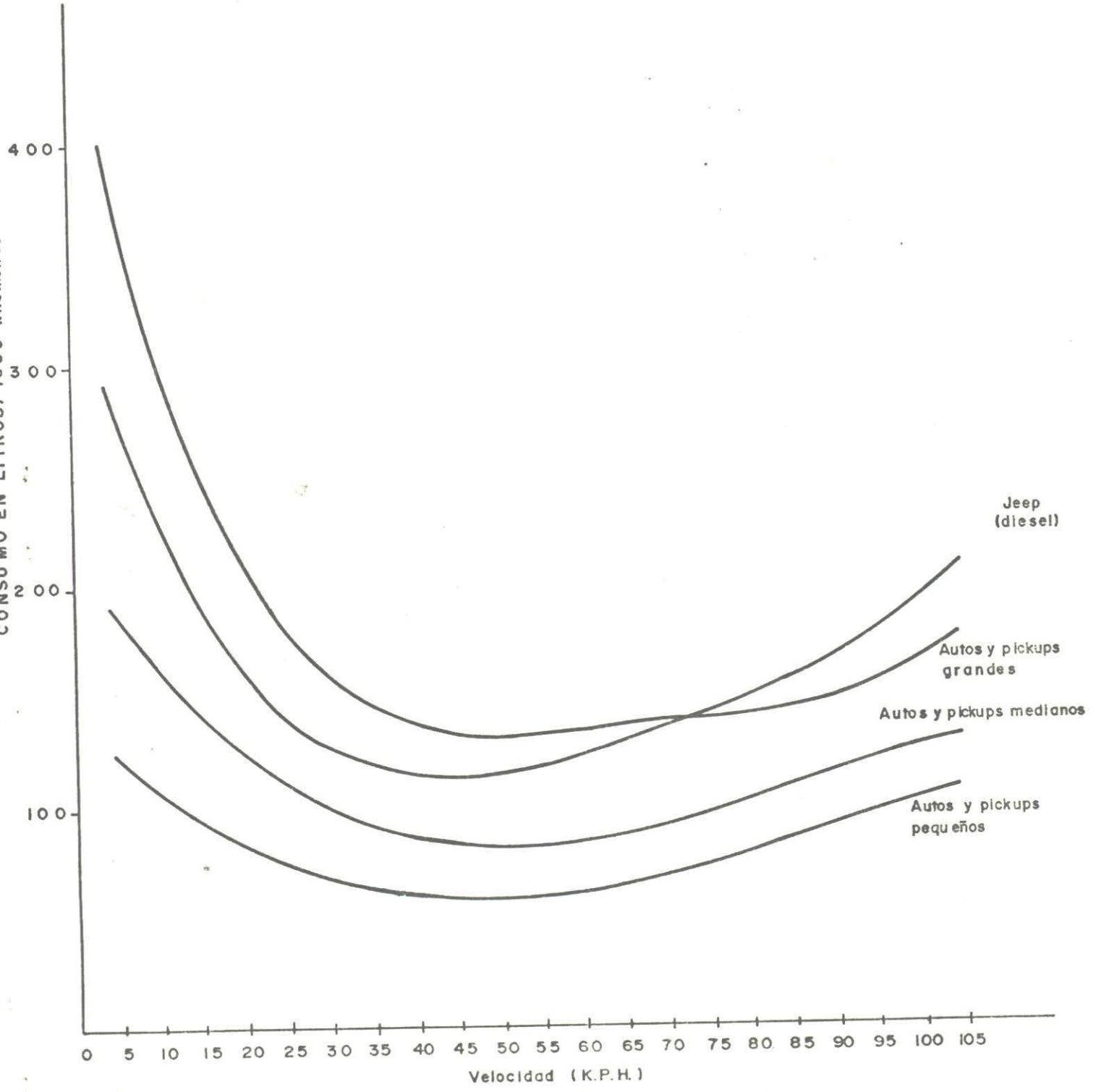
Con base en los resultados obtenidos, se dibujaron curvas de mejor ajuste, de tercer y cuarto grado, para el consumo de combustible, las que se presentan en las figuras número B-3 y B-4.

#### B. Depreciación

Se efectuó el cálculo de la depreciación por 1000 kilómetros según velocidad de los vehículos representativos, en carretera recta y plana de superficie pavimentada, expresada como un porcentaje del valor depreciable de los vehículos (valor económico del vehículo sin llantas, menos 10% valor de rescate).

Se partió el cuadro 6a del libro de Jan de Weille, por ejemplo, para el caso de los "passenger cars", primero se

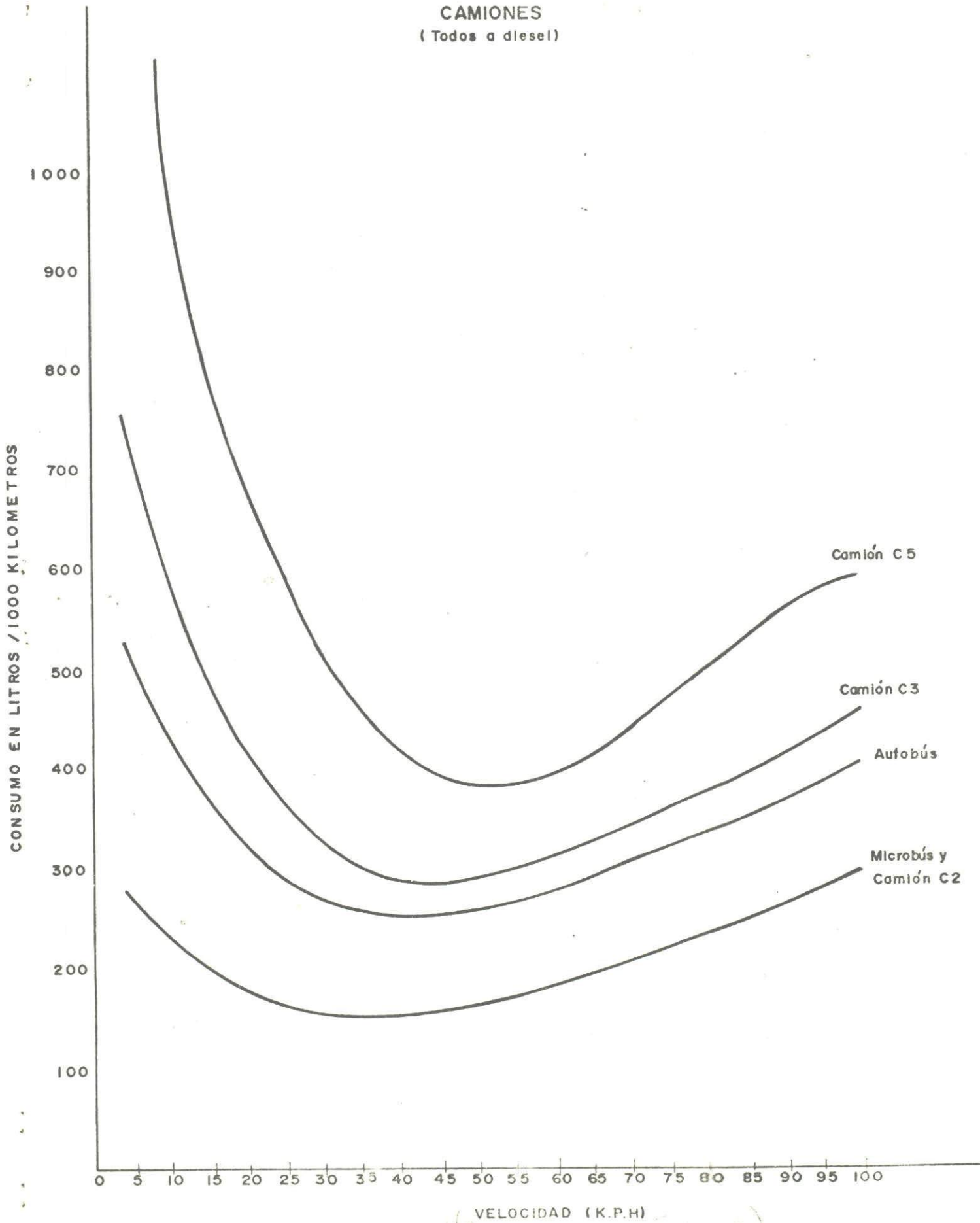
**COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS**  
**CONSUMO DE COMBUSTIBLE**  
 (Carretera pavimentada, recta y plana)  
**AUTOMOVILES Y PICKUPS \***



\* La mayoría de los pickups medianos y grandes son a diesel, pero por ser de más peso se estima que el costo/km del combustible es igual para autos y pickups

(Carretera pavimentada, recta y plana)

**CAMIONES**  
( Todos a diesel )



ajustó una ecuación de cuarto grado a los valores pertinentes del cuadro. Luego, en base a lo obtenido, se dibujó un gráfico de la relación entre el peso bruto del vehículo de Jan de Weille (en toneladas métricas) y el porcentaje de depreciación del vehículo a 60 Kph que se obtuvo en base a la ecuación desarrollada del cuadro ya mencionado.

A criterio se estimó que los vehículos "truck I, II, III y IV" de Jan de Weille tendrían una variación común, mientras que para los vehículos livianos la variación estaría dada por lo indicado para "passenger cars " y el "Truck I".

Se obtuvo una expresión algebraica con el ajuste de una curva cuya expresión es  $y = 1,01423(x)^{-0,61473}$  y aplicándole los valores del peso bruto de los vehículos representativos escogidos, se obtuvo una serie de valores de la depreciación por 1,000 km recorridos a 60 Kph, los que se indican en la figura #B-5.

### C. Desgaste de Llantas

Se efectuó un estudio del consumo de llantas, en base a las tasas de desgaste según velocidad que se presentan en el Libro Rojo, ajustándolas a las condiciones de Costa Rica para reflejar el desgaste real del país. Las principales variantes introducidas son:

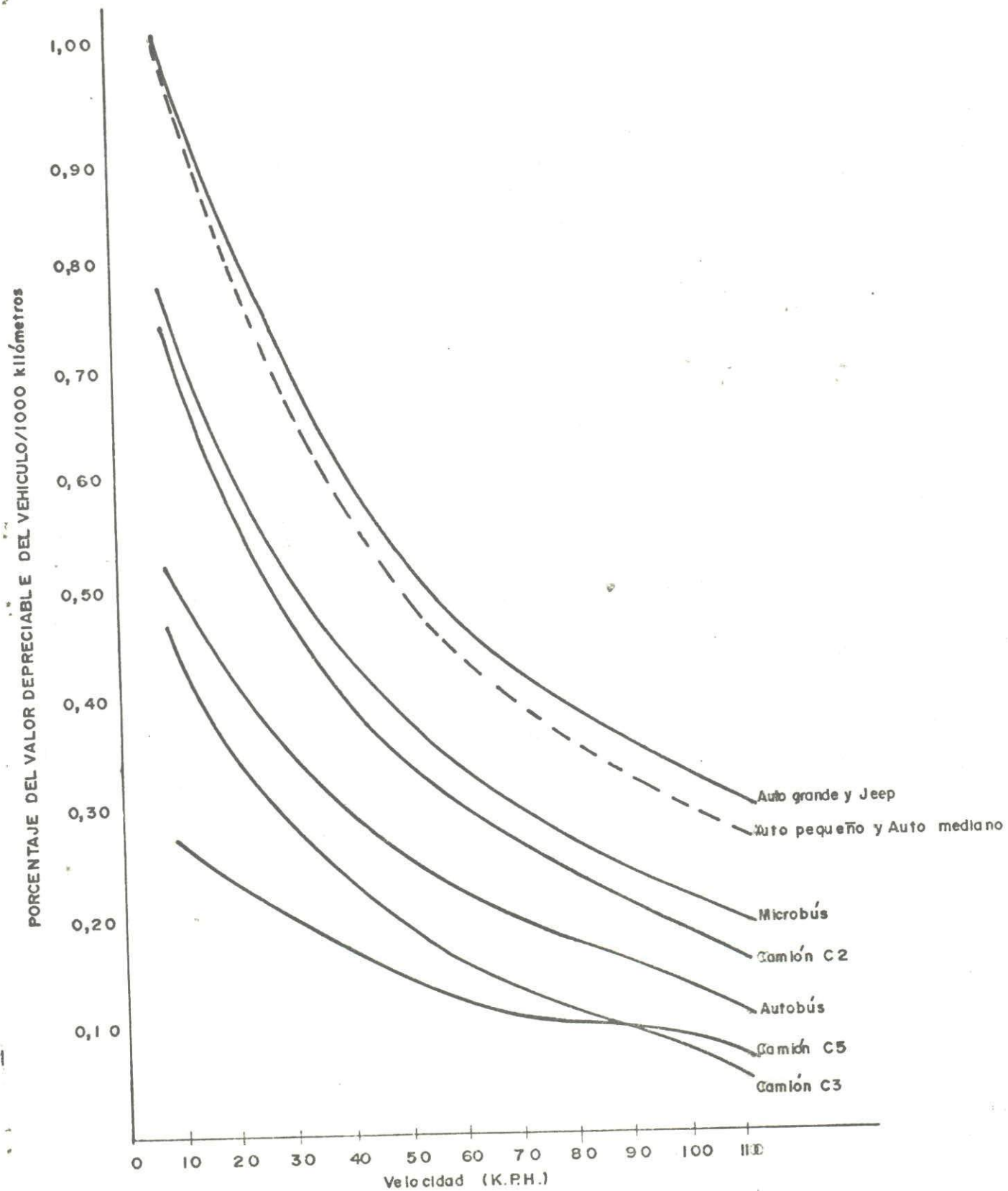
- La calidad de las llantas al comparar el recorrido real (+ 30000 kms) obtenidos en Costa Rica y los usados en condiciones ideales en el Libro Rojo (+ 100.000 kms).
- La diferencia en los patrones de manejo de Costa Rica y los Estados Unidos. Esto implica un mayor gasto por juego de llantas en Costa Rica, debido al mayor

# COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS

## COMPONENTE DEPRECIACION

(Carretera pavimentada, recta y plana)

FIGURA B5



uso del freno, menor profesionalismo de los choferes, normas de diseño más bajas, y el mal estado general de las carreteras.

Para estimar los factores de ajuste se partió del desgaste de llantas estimado en el Libro Rojo y se le ajustó con unos factores que representan al impacto de los dos puntos señalados anteriormente para cada categoría de vehículo; es decir, vehículos livianos, autobuses y vehículos de carga.

Para calcular el factor de ajuste debido a la diferencia en el recorrido por juego de llantas, se efectuó en 1979 una encuesta de transportistas, taxistas, autobuseros y dueños de automóviles y jeeps. Para transformar este recorrido (+ 30 000 km) por una carretera real al recorrido teórico en una carretera en condiciones ideales pavimentada, recta y sin pendientes, se usaron las tablas del Libro Rojo en que se introducen correcciones por estado, pendiente, etc., y que son para vehículos algo similares a los vehículos típicos de Costa Rica, específicamente el vehículo T3-S2 y el automóvil grande. Los valores usados de desgaste de llantas del vehículo C-3 son los mismos que los del T3-S2 y su costo en colones por mil kilómetros es el resultado de multiplicar el porcentaje de desgaste del juego de llantas por el valor económico del juego incluyendo neumáticos (tubos)). Similar metodología se aplicó para los camiones C-2 y para el autobús. Para el caso específico del autobús, se le agregó un factor para tomar en cuenta el mayor número de paradas y arranques que tiene en comparación con los vehículos de carga, y se comparó el cálculo con los desgastes reales reportados por los autobuseros al MOPT.

El desgaste para automóviles pequeños, medianos y grandes, el jeep y el microbús, está basado en el desgaste del automóvil indicado en el Libro Rojo, adaptándolo a Costa Rica haciendo el ajuste por diferencias en recorrido con similar metodología a la de los vehículos de carga.

En la figura #B-6 se muestra gráficamente el desgaste de un juego de llantas de acuerdo a la velocidad promedio, para las condiciones de Costa Rica y por tipo de vehículo.

#### D. Mantenimiento de Vehículos

Los valores porcentuales de consumo de repuestos que se muestran en la figura #B-7 están basados en el Cuadro 8a de Jan de Weille, relacionando a 60 Kph los vehículos de de Weille con los de Costa Rica, con base en el peso bruto correspondiente.

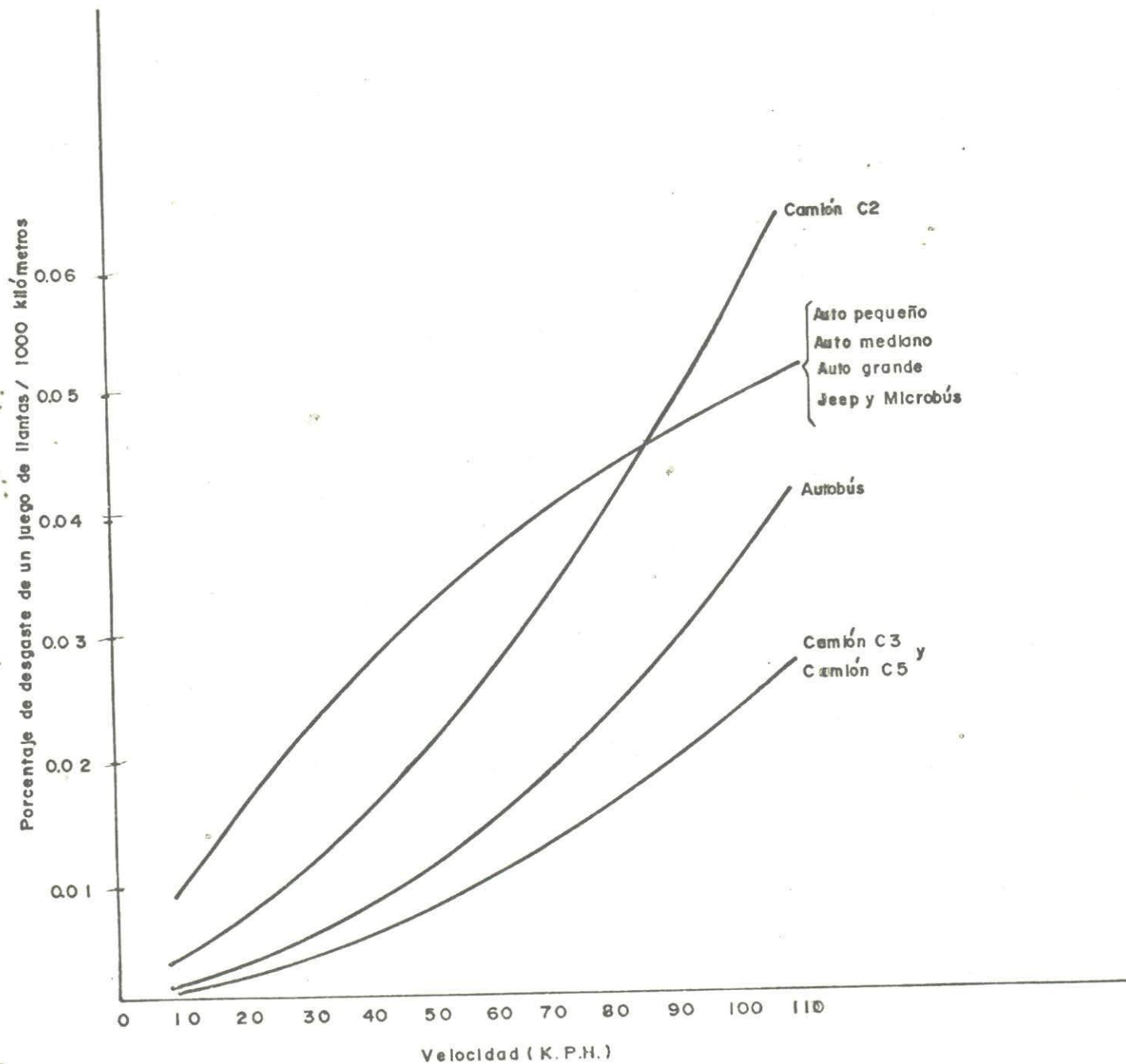
Para calcular los valores de mano de obra que se muestran en la figura #B-8 se basó en el Cuadro 8a ya mencionado, siguiendo el mismo procedimiento que se siguió para el cálculo de la depreciación.

#### E. Consumo de Aceite de Motor

Las curvas de consumo de aceite para los vehículos representativos se tomaron del Libro Rojo de AASHTO, y a éstas se aplicaron ecuaciones de cuarto grado, cuyo primer término (término constante) se hizo variar según el peso bruto de cada vehículo. Este ajuste se hizo con base en la variación del consumo de aceite, a 60 km/h de velocidad, contra el peso bruto de los vehículos, tomado del libro de Jan de Weille (ver figura #B-9).

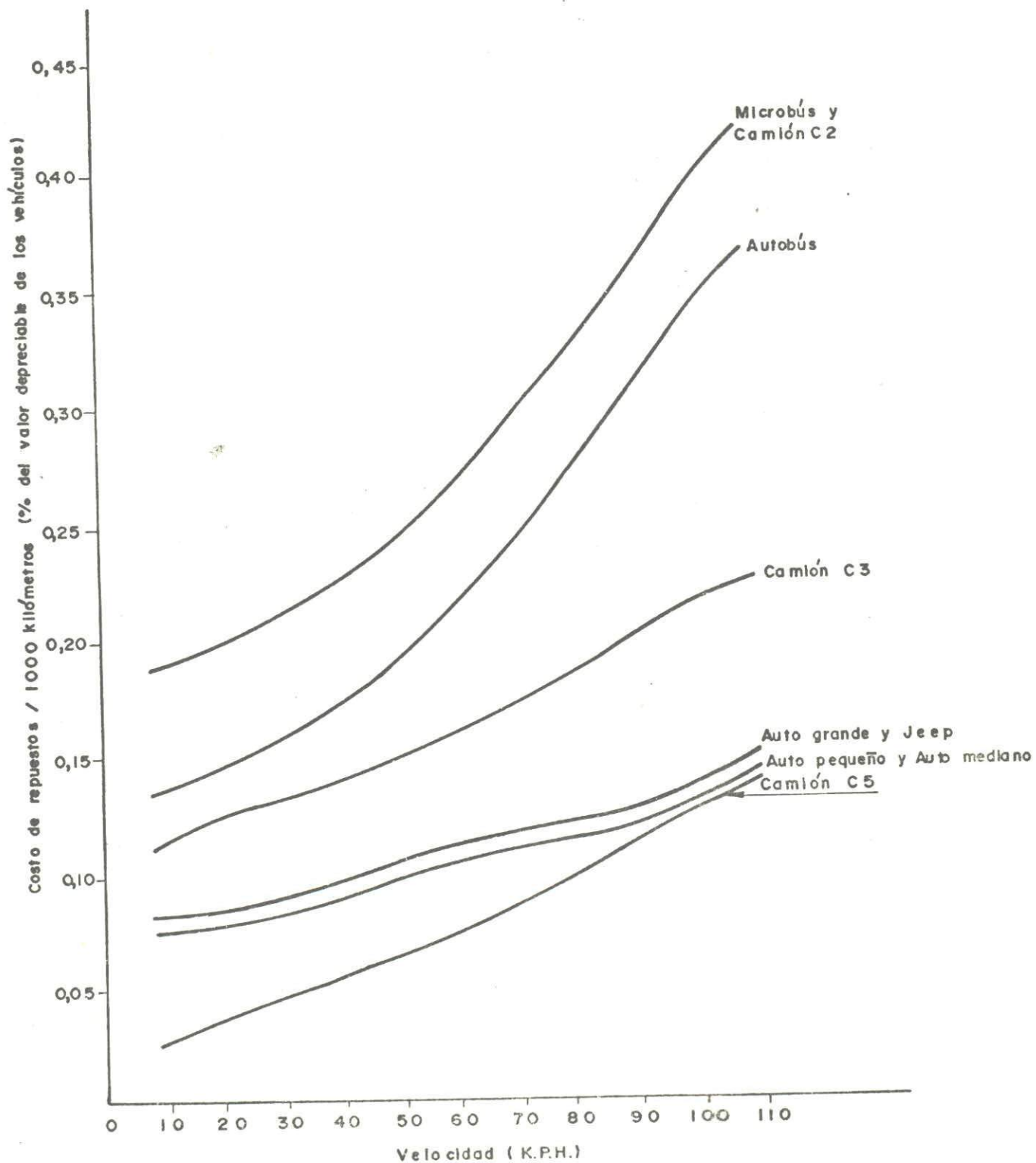
# COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS DESGASTE DE LLANTAS

(Carretera pavimentada recta y plana)

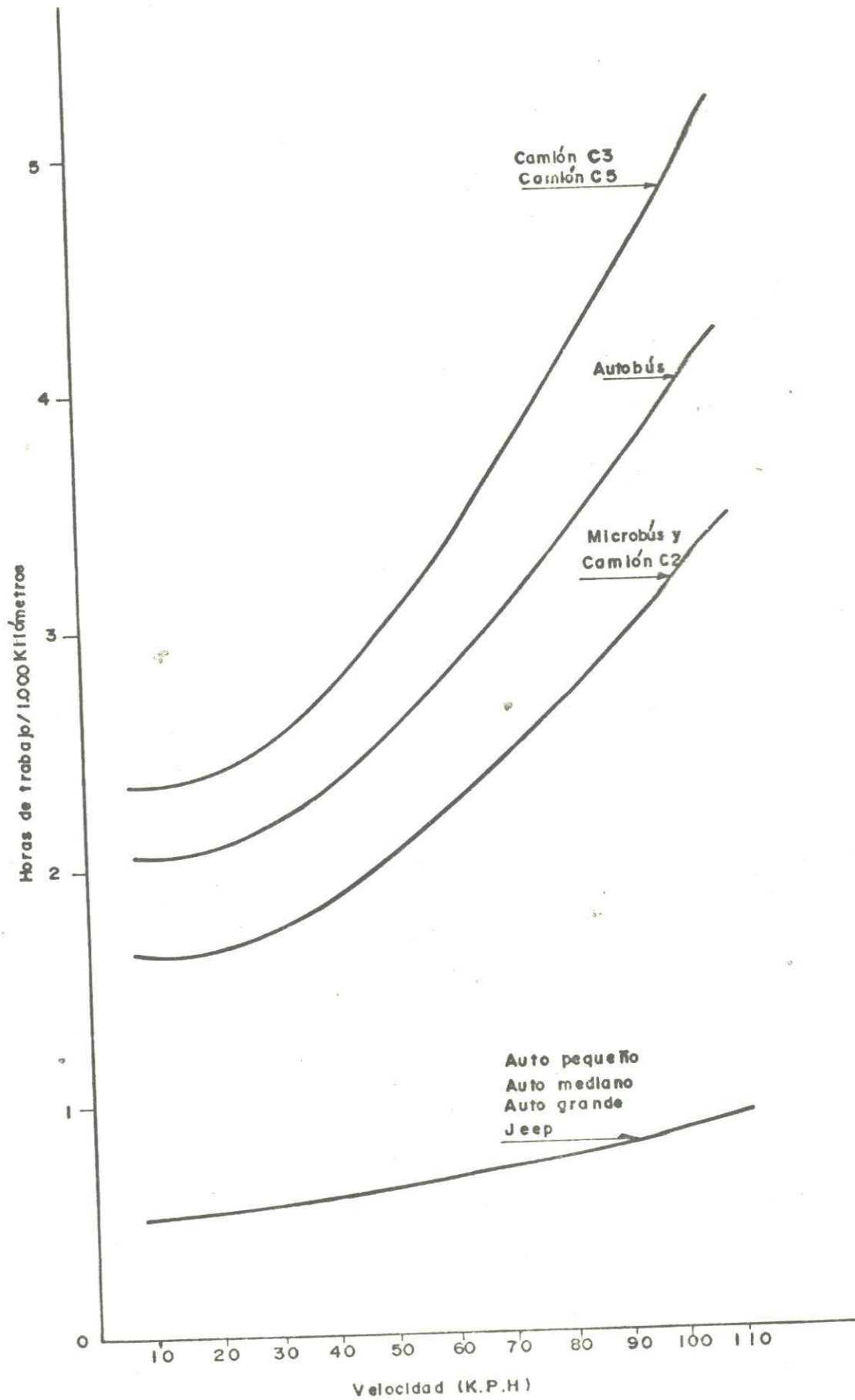


**COMPONENTE REPUESTOS  
PARA MANTENIMIENTO**

(Carretera pavimentada, recta y plana)



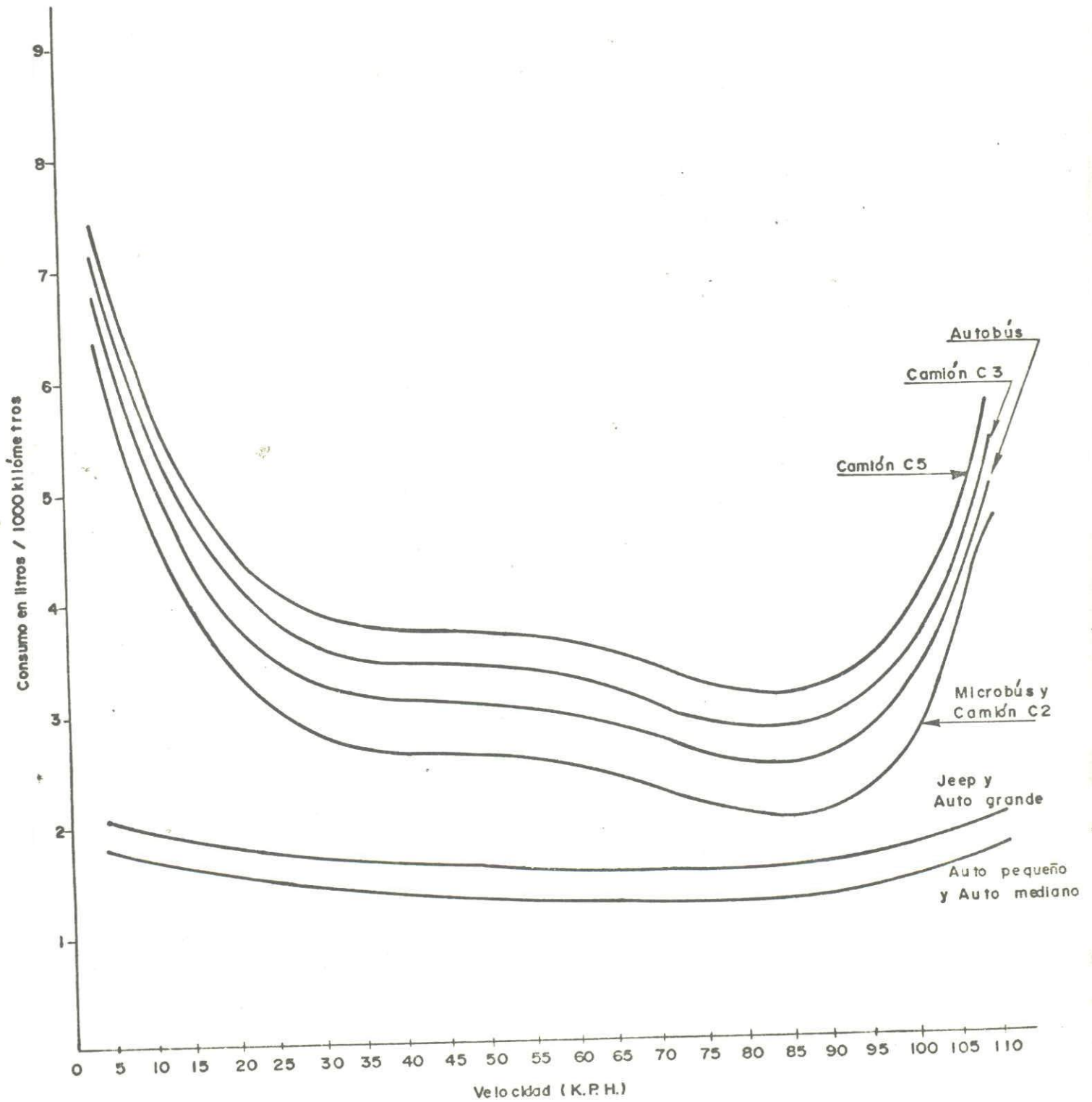
(Carretera pavimentada, recta y plana)



# COSTOS DE OPERACION DE VEHICULOS CONSUMO DE ACEITE DE MOTOR

(Carretera pavimentada, recta y plana)

FIGURA B 9



### Cálculo del Costo de Operación

El costo promedio de operación de un vehículo determinado, por mil kilómetros, se calcula como la suma de la cantidad de consumo o desgaste por mil kilómetros multiplicado por el precio unitario correspondiente, para cada uno de los componentes principales del costo de operación. Los precios unitarios están basados en investigaciones propias y entrevistas con agentes de venta, oficinas gubernamentales, compañías industriales, transportistas y otros usuarios de vehículos livianos y pesados. Son precios económicos, es decir, sin impuestos, intereses u otros elementos de costo que se podrían clasificar como transferencias y no verdaderos costos económicos al país.

Los precios unitarios corrientes se señalan en el Cuadro #B-1; son válidos para junio de 1986 y se deben actualizar al menos una vez al año, paralelamente con la actualización de los costos de las mejoras viales cuya posible factibilidad económica se analizará con el modelo para computadora SIAP.

#### A. Precios de Combustible

Los precios económicos por litro de gasolina y de diesel, se obtuvieron de RECOPE y consisten en el costo de la materia prima importada y de su refinación, más los gastos administrativos y de distribución, incluyendo flete y la utilidad de los gasolineros.

## B. Valor Depreciable

El valor depreciable de un vehículo es el precio económico al usuario, sin llantas, menos un diez por ciento que se calcula como el valor residual del vehículo al final de su vida útil (venta para repuestos y chatarra). Para los camiones el valor depreciable incluye la carrocería típica y, en caso del T3-S2, el semi-remolque.

Para algunos vehículos fue posible obtener los precios económicos restando del precio de venta los impuestos aduaneros, de venta y de consumo. Para otros los precios así calculados resultaron muy altos, lo que demuestra que hay un monto exagerado incluido en el precio de venta para distribución y mercadeo en Costa Rica; en estos casos se averiguaron los precios CIF y se les agregó un 20% para distribución y mercadeo dentro del país.

## C. Precios de Llantas

Se obtuvo de la fábrica Firestone su catálogo de precios de llantas y neumáticos y se usaron como costos económicos los precios al mayoristas, de contado. Este procedimiento se siguió porque la diferencia entre el precio al mayorista y el precio al consumidor es más o menos de la misma magnitud de los impuestos que están incluidos en el precio al mayorista para el mercado común centroamericano.

## D. Costo de Mano de Obra y Repuestos

El costo de la hora/mecánico se estableció con base en entrevistas con talleres de servicio representativos y compañías transportistas. Consiste en el sueldo de un mecánico y su ayudante, más el monto de las cargas sociales que se puede

considerar como parte integral del sueldo. Se usaron dos categorías de mecánicos, uno para vehículo livianos y otro más adiestrado para buses y camiones.

El costo de repuestos no se valora por el costo de los mismos, sino como un porcentaje por mil kilómetros del valor depreciable del vehículo, estando muy ligados el buen mantenimiento y la vida útil del vehículo.

#### E. Precio del Aceite de Motor

Se averiguaron precios de diversas marcas de aceite en varias distribuidoras, al por mayor y al detalle. Se determinó que las marcas Texaco, Havoline y Castrol son las que más se venden, pero en vista de que no había una clara superioridad de ventas de ninguna, se ponderó el precio más común de varias marcas. Se adoptó el precio al mayorista como el precio económico del aceite al usuario para tomar en cuenta que muchas ventas se hacen al por mayor y no al detalle.

#### Ajustes por Pendiente y Curvatura

##### Pendiente

El costo de operar un vehículo en una carretera plana y recta tiene que ser aumentado para reflejar el costo adicional que significa el operar en una pendiente cuesta arriba. Tratándose de camiones, el efecto es muy notable a partir de una pendiente de un dos por ciento y se debe al consumo adicional de combustible y a costos adicionales de mantenimiento como consecuencia del funcionamiento más forzado del motor. En pendientes cuesta abajo el consumo de combustible es menor, especialmente para los motores grandes a diesel, pero hay costos adicionales impuestos por el mayor uso de los frenos en pendientes fuertes.

Los factores de conexión por pendiente se desarrollan con base en los datos del Libro Rojo de AASHTO, promediando para cada porcentaje de gradiente e intervalo de velocidad el costo de operar cuesta arriba y cuesta abajo y comparando ese costo con el costo básico de operar en carretera plana. Las ecuaciones básicas y las curvas correspondientes se señalan en las figuras B-10 a B-12.

### Curvatura

Cuando un vehículo tiene que pasar por una curva se gasta más energía porque tiene que superar el efecto de la fricción lateral entre las llantas y la superficie de ruedo. Consiguientemente, el consumo de combustible aumenta y también el desgaste de las llantas. Es mayor el costo adicional de operación cuando las curvas tengan un peralte insuficiente, que es una condición común en el caso de las carreteras viejas del país.

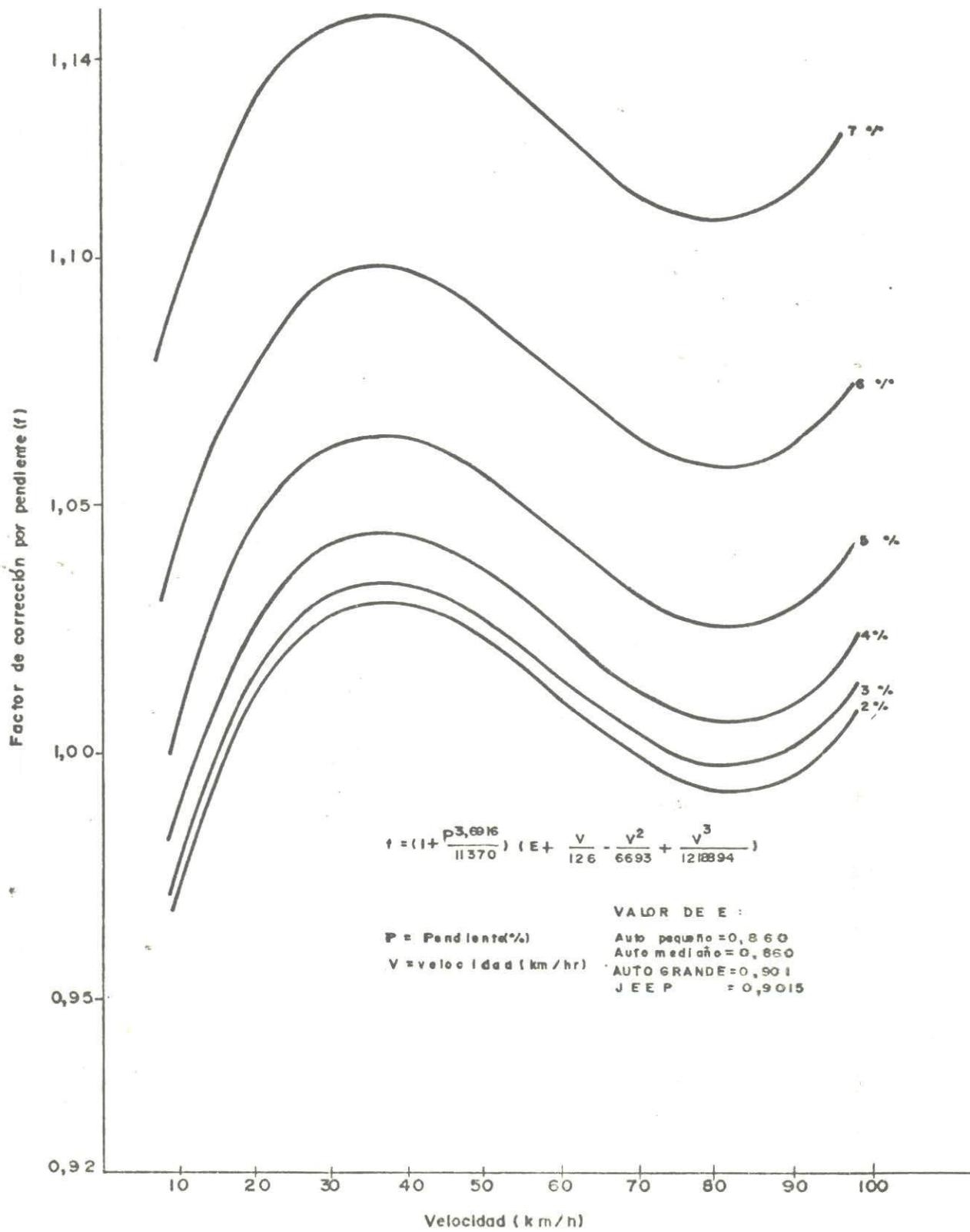
Las ecuaciones de corrección por curvatura y sus curvas correspondientes se encuentran en las figuras B-13 a B-15.

### Valor del Tiempo

#### Generalidades

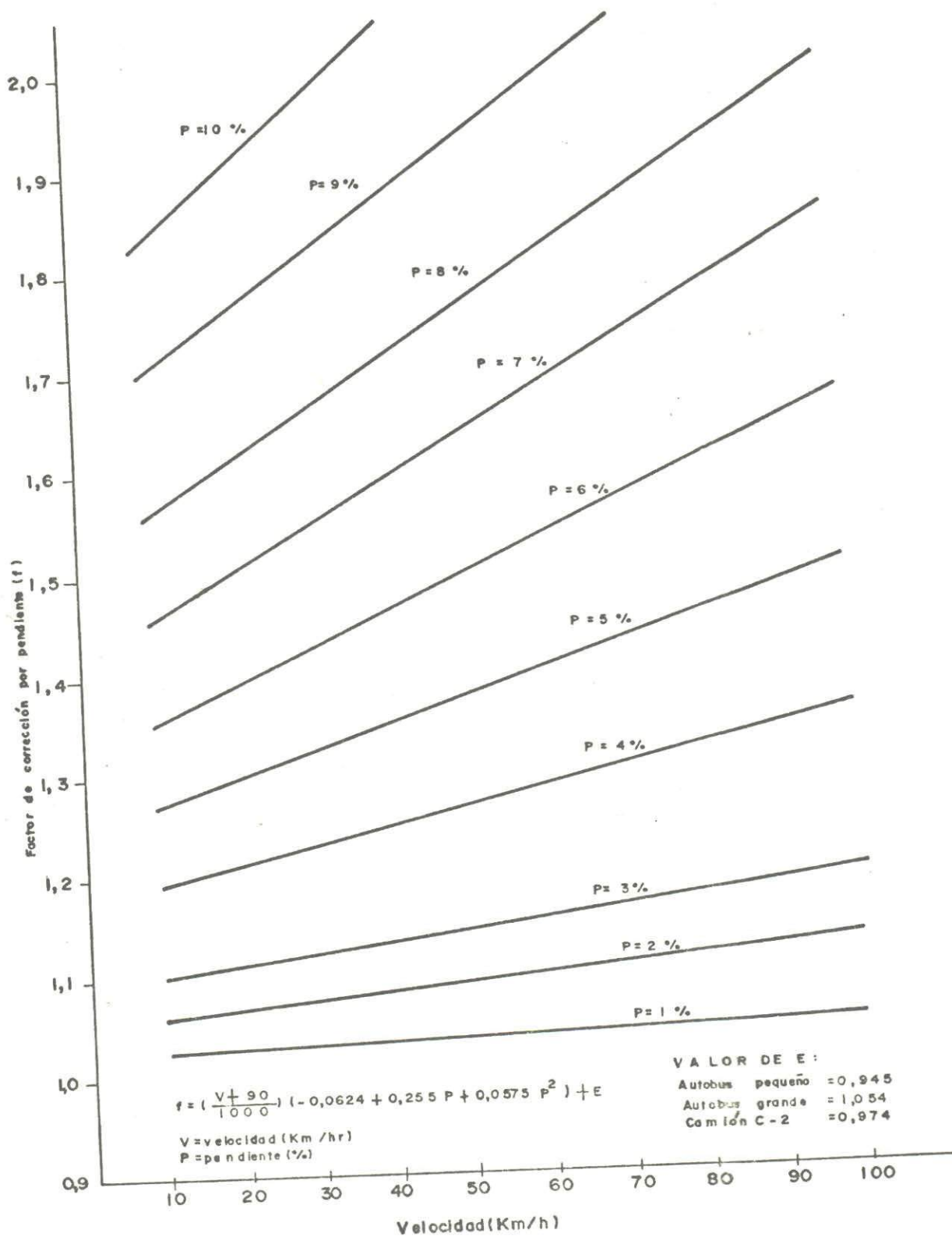
El valor del tiempo de los ocupantes de las tres categorías de vehículos en estudio, se calculó con base en datos obtenidos de encuestas de varias compañías transportistas y en los datos del Ministerio de Trabajo y otras dependencias gubernamentales. En consideración del hecho de que existe mucha diferencia de criterio en cuanto a la justificación de costear el tiempo ahorrado por los ocupantes de vehículos no asalariados en un país como Costa Rica, por considerar que en

**FACTOR DE CORRECCION POR PENDIENTE vs. VELOCIDAD  
AUTOMOVILES Y JEEPS**



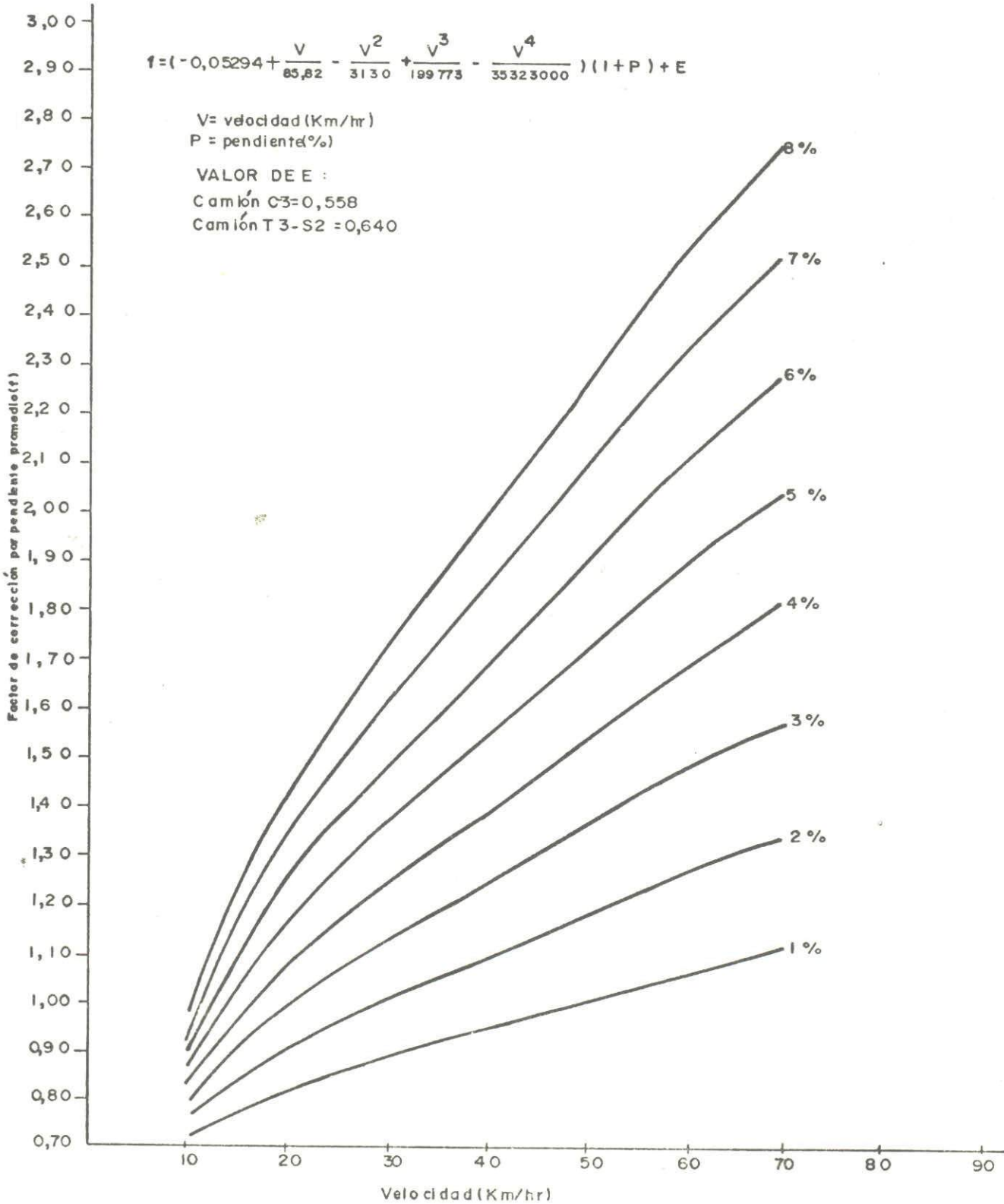
# FACTOR DE CORRECCION POR PENDIENTE vs. VELOCIDAD

AUTOBUS Y CAMION C-2



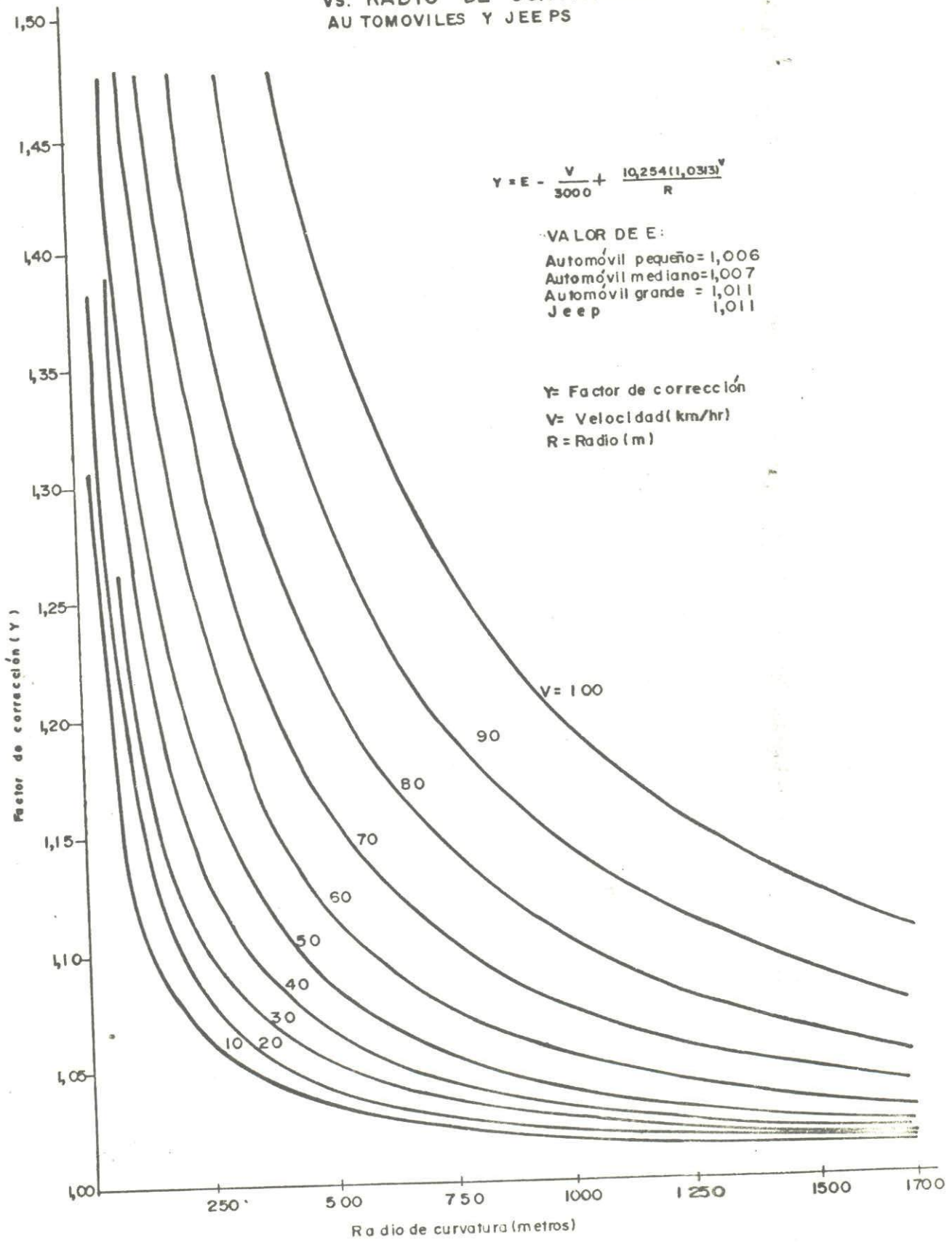
FACTOR DE CORRECCION POR PENDIENTE vs. VELOCIDAD

CAMION C-3 Y CAMION T3-S2

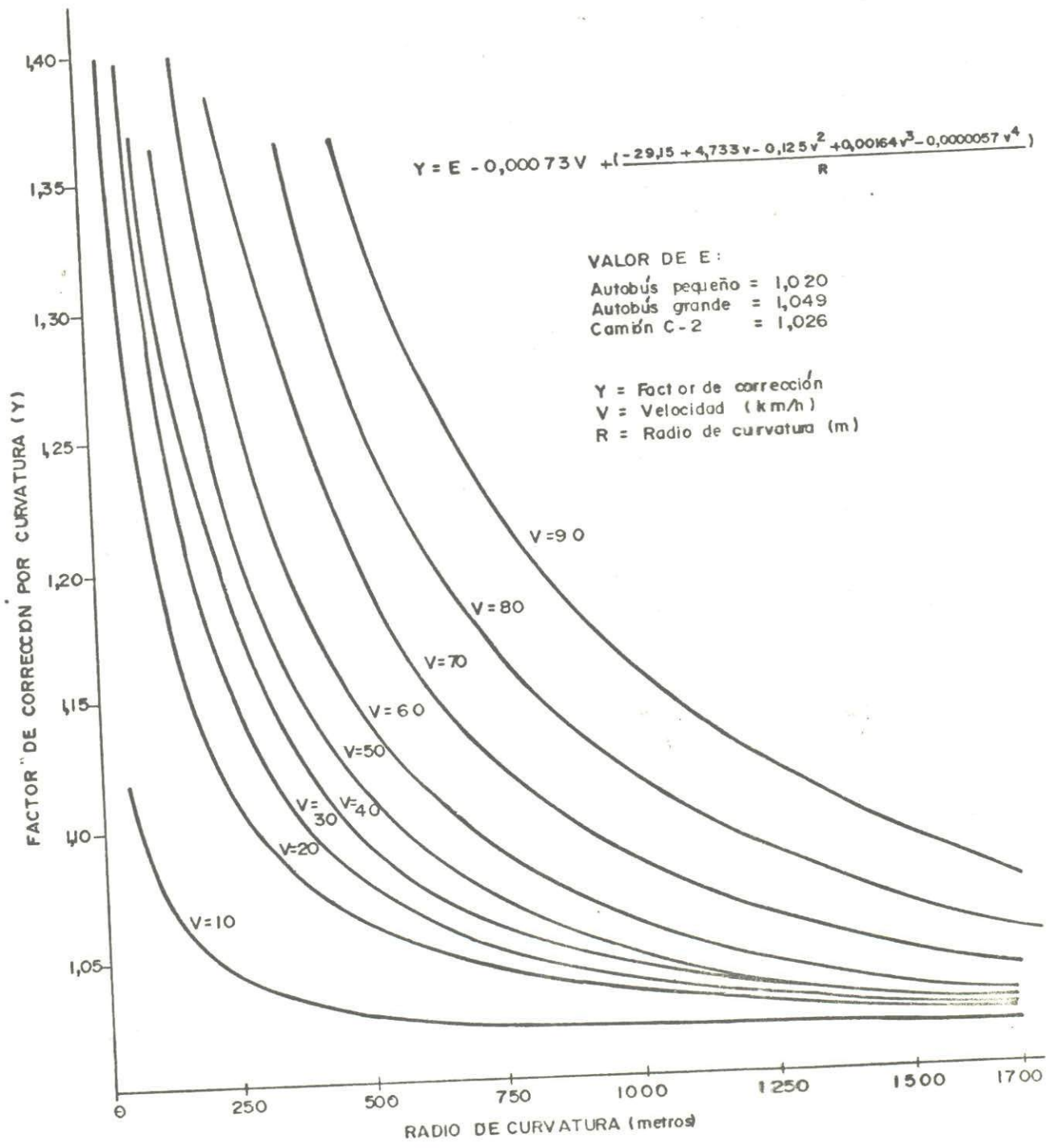


FACTOR DE CORRECCION DE COSTOS DE OPERACION  
vs. RADIO DE CURVATURA  
AUTOMOVILES Y JEEPS

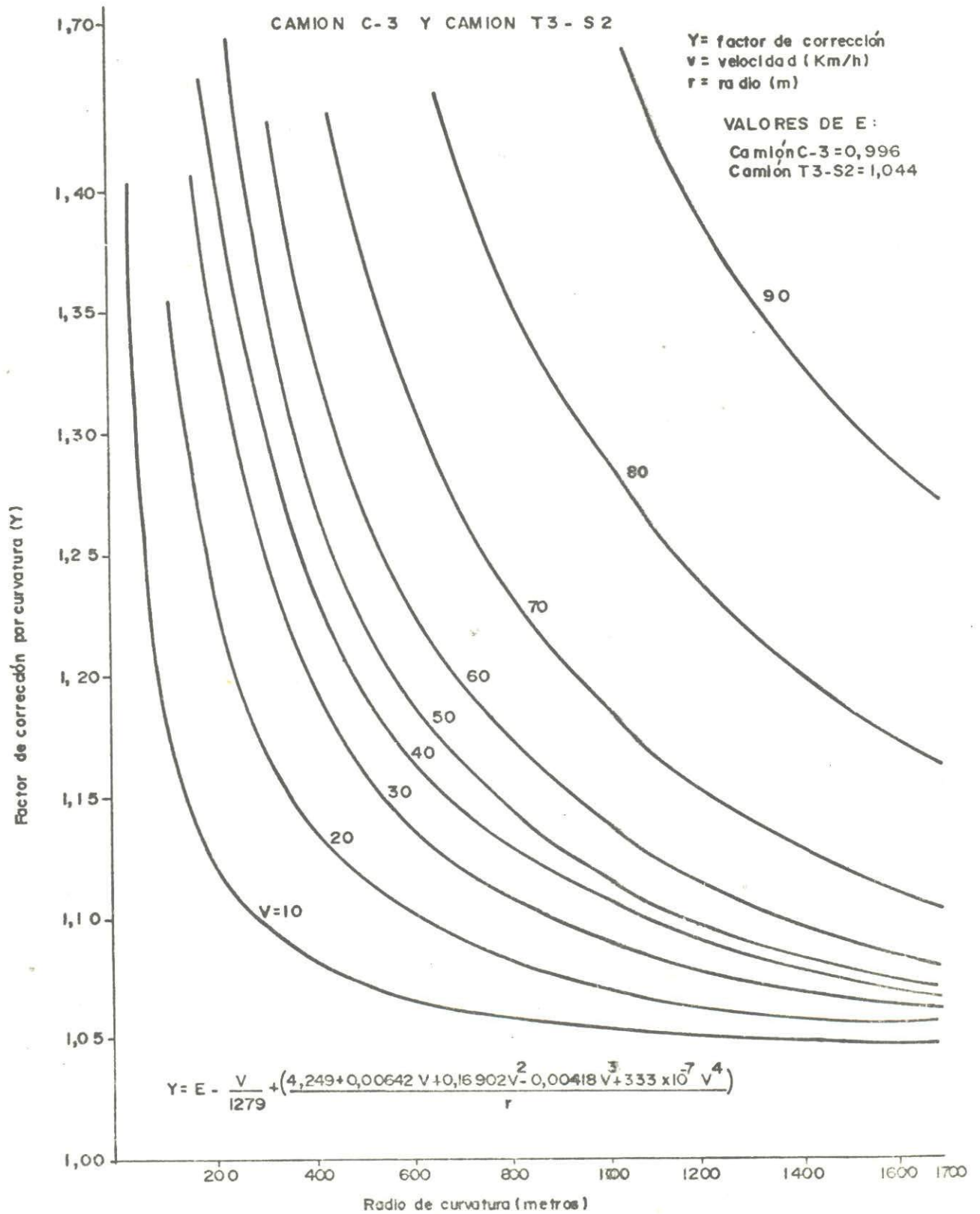
FIGURA B 13



# FACTOR DE CORRECCION DE COSTOS DE OPERACION VS. RADIO DE CURVATURA AUTOBUS Y CAMION C-2



FACTOR DE CORRECCION DE COSTOS DE OPERACION  
vs. RADIO DE CURVATURA



muchos casos no se dedica este tiempo productivos importantes, no se tomó en cuenta el valor del tiempo de pasajeros de buses ni de choferes no pagados. De manera que, el valor de tiempo "normal" usado en el modelo de computadora para analizar posibles proyectos de rehabilitación o mejoramiento sólo incluye los salarios reales promedio de choferes y ayudantes de camiones y buses, más un "salario" estimado con base en un nivel promedio de ingresos para los choferes de vehículos livianos que trabajan en su vehículo (taxistas, finqueros, vendedores, etc.). En vista de que el modelo está estructurado para evaluar el valor del tiempo a dos niveles, se introdujo como nivel "mínimo" valores extremadamente bajos que incluyen solamente los salarios de choferes de buses y camiones y sus ayudantes (para el C-2 se redujo el número de ayudantes a 1,0).

#### Cálculo del Valor del Tiempo

##### Camiones:

El valor de tiempo usado para los vehículos de carga pesada, fue el valor de los salarios promedio que recibe el chofer y el número promedio de ayudantes que cada tipo de camino normalmente lleva. El salario incluye las cargas sociales que redundan en beneficio directo del trabajador, porque éstas en realidad constituyen parte integral del sueldo pagado. El resultado de la encuesta de transportistas dio los siguientes salarios promedio por hora: camión C-2: Q17,60 para choferes y Q11,80 para ayudantes; camión C-3: Q17,75 para choferes y Q11,90 para ayudantes; camión C-5: Q20,25 para choferes y Q13,60 para ayudantes. (Ver Cuadro B-2). El salario promedio de choferes empleados se aumentó un poco para reflejar el nivel promedio de ingresos más alto estimado para choferes que son dueños de sus vehículos.

Se estimó que los dueños representan el 30% del total de los choferes y que estos ganan un 50% más que el promedio de su categoría. (Ver Cuadro B-3). Así que los salarios promedio por tipo de camión resultan ser: C-2 a  $\text{Q}49,40/\text{hora}$ , C-3 a  $\text{Q}38,70/\text{hora}$  y C-5 a  $\text{Q}44,20/\text{hora}$  (véase el Cuadro B-4).

Buses:

El valor de tiempo de los choferes y ayudantes (cobradores) de buses se calculó en base al salario promedio real que ellos se perciben, más un 34% de cargas sociales, de acuerdo a la información obtenida de encuestas realizadas recién por personal de la Dirección General de Planificación del Ministerio. El cálculo correspondiente se señala en Cuadros B-2, B-3 y B-4.

Vehículos livianos:

Se asignó un valor solamente al tiempo de los choferes que trabajen en sus vehículos, la mayoría de los cuales son dueños de los mismos. Con base en encuestas recientes en varias rutas rurales, se estimó que al menos un 40 por ciento de los vehículos livianos, fuera de las ciudades, andan en el trabajo. Son taxistas, finqueros que llevan productos al mercado o viajan en otros asuntos de su negocio, agentes viajeros y comerciantes de las ciudades pequeñas. Se estimó una remuneración diaria promedio de  $\text{Q}265$ , que por una jornada normal de nueve horas, da un valor por hora de  $\text{Q}29,40$  y considerando que sólo 40% circulan trabajando, el promedio por vehículo es de  $\text{Q}11,80$ . (Ver Cuadro B-4).

CUADRO B-2  
 SALARIOS DE MECANICOS, CHOFERES Y AYUDANTES  
 (Julio, 1981)

	Salario Bruto	Salario con cargas sociales <u>1/</u>
Mecánico	Q20.90	Q28.00
Ayudante de Mecánico	12.50	16.75
Chofer C-2	17.60	25.70 <u>2/</u>
Chofer C-3	17.75	25.90 <u>2/</u>
Chofer C-5	20.25	29.60 <u>2/</u>
Ayudante C-2	11.80	15.80
Ayudante C-3	11.90	15.95
Ayudante C-5	13.60	18.25
Chofer de autobús	13.70	18.35
Cobradores de Autobuses	9.00	12.00

1/ Se emplea un factor de 1.34. Se considera que el porcentaje de cargas sociales que inciden en el costo de operación económica es 34% del Salario Bruto (ver Cuadro B-3).

2/ Se emplea un factor de 1.46 (ver cálculo al pie de la página que sigue).

CUADRO B-3

CARGAS SOCIALES SOBRE EL SALARIO QUE INCIDEN  
EN EL COSTO DE OPERACION ECONOMICA DE LOS VEHICULOS

. C.C.S.S.	Enfermedad y Maternidad	6.75%
. C.C.S.S.	Invalidez, Vejez y Muerte	4.75%
. Cuota P.	Banco Obrero	0.5%
. Cuota P.	Aguinaldo	8.333%
. Cuota P.	Vacaciones	4.167%
. Cuota P.	Auxilio por enfermedad	1.5%
. Cuota P.	Cesantía	<u>8.333%</u>
TOTAL		34.33%
	<u>USAR</u>	<u>34%</u>

DETERMINACION DEL SALARIO, CON CARGAS SOCIALES INCLUIDAS, DE LOS CHOFERES  
DE CAMIONES, CONSIDERANDO TANTO CHOFERES ASALARIADOS  
COMO CHOFERES CON VEHICULO PROPIO

Se supone que un 70% de los choferes son asalariados, y las cargas sociales pagados por los patronos que no son transferencias, son un 34% del salario según acaba de determinarse.

El 30% restante de los choferes del país trabajan con vehículo propio y se supone que ganan 50% más que los asalariados, pero sus cargas sociales no transferibles se considera son sólo el 16% de su ingreso neto (se calcula que pagan más o menos la mitad de lo que pagan los asalariados).

De lo anterior se deduce que el salario total promedio con cargas sociales no transferibles incluidas (llámese S) en relación al salario base del chofer asalariado (llámese B) es:

$$S = .7 (1.34B) + 3 (1.16 (1.5B))$$

$$S = 1.46 B$$

CUADRO B-4  
 VALOR DE TIEMPO (NORMAL) POR VEHICULO  
 (julio 1981)

<u>Tipo de Vehículo</u>	<u>Valor del Tiempo</u> <u>(¢ por hora/vehículo)</u>
Autobús (Chofer y Cobradores) 18,35 + 12,00	¢30,35/hora
Vehículo liviano (40% de los vehículos trabajados) 9,30 x 1,20	¢11,80/hora
Camión C-2 (Chofer + 1,5 ayudantes) 25,70 + 23,70	¢49,40/hora
Camión C-3 (Chofer + 0,8 ayudantes) 25,90 + 12,80	¢38,70/hora
Camión C-5 (Chofer + 0,8 ayudantes) 29,60 + 14,60	¢44,20/hora

Costo de salarios para camión (ponderado) =  $(0,80 \times 49,40) + (0,16 \times 38,70) +$   
 $(0,04 \times 44,20)$   
 = ¢47,48/hora  
 Usese ¢47,50/hora

ANEXO C

ARCHIVOS EXEC'S PARA EJECUTAR EL MODELO

SIAPCO EXEC

```
&TRACE  
&TYPE COMIENZA EJECUCION DEL SIAPCO  
FILEDEF 5 DISK SIAPCO DATA  
FILEDEF 6 PRINTER  
SIAPCO  
&TYPE *** TERMINA EJECUCION DEL SIAPCO ***
```

BUILD EXEC

```
&TRACE
STATE MILO DATA A
*IF &RETCODE = 28 &GOTO -ETIQ1
&TYPE ELIMINA MILO DATA A VIEJO
ERASE MILO DATA A
-ETIQ1
&TYPE COMIENZA EJEC. DE SIAPINV
FILEDEF 5 DISK SIAPINV DATA
FILEDEF 7 DISK MILO DATA A (XTENT 1001
FILEDEF 6 PRINTER
SIAPINV
&TYPE *** TERMINA LA EJEC. DE SIAPINV ***
```

UPDATE EXEC

```
&TRACE  
&TYPE COMIENZA EJECUC. DE SIAPINV  
FILEDEF 5 DISK UPDATE DATA  
FILEDEF 7 DISK MILO DATA A (XTENT 1001  
FILEDEF 6 PRINTER  
SIAPINV  
&TYPE *** TERMINA LA EJECUC. DE SIAPINV.***
```

OTROS EXEC

```
&TRACE  
&TYPE COMIENZA EJECUC. DE SIAPINV  
FILEDEF 5 DISK SIAPINV DATA  
FILEDEF 7 DISK MILO DATA A (XTENT 1001  
FILEDEF 6 PRINTER  
SIAPINV  
&TYPE *** TERMINA LA EJECUC. DE SIAPINV ***
```

SECC EXEC

&TRACE  
&TYPE COMIENZA EJECUCION DEL SIAPANA  
FILEDEF 5 DISK SECC DATA  
FILEDEF 7 DISK MILO DATA A (XTENT 1001  
FILEDEF 6 PRINTER  
SIAPANA  
&TYPE \*\*\* TERMINA EJECUCION DEL SIAPANA \*\*\*

BORRA EXEC

```
&TRACE
STATE PANA DATA A
*IF &RETCODE = 28 &GOTO -ETIQ1
&TYPE ELIMINA PANA DATA A VIEJO
ERASE PANA DATA A
-ETIQ1
&TRACE
&TYPE COMIENZA EJECUCION DEL SIAPANA
FILEDEF 5 DISK PROYE DATA
FILEDEF 7 DISK MILO DATA A (XTENT 1001
FILEDEF 8 DISK PANA DATA A (XTENT 1001
FILEDEF 6 PRINTER
SIAPANA
&TYPE *** TERMINA EJECUCION DEL SIAPANA ***
```

REPAC EXEC

&TRACE  
&TYPE COMIENZA EJECUCION DEL SIAPANA  
FILEDEF 5 DISK REPAC DATA  
FILEDEF 7 DISK MILO DATA A (XTENT 1001  
FILEDEF 8 DISK PANA DATA A (XTENT 1001  
FILEDEF 6 PRINTER  
SIAPANA  
&TYPE \*\*\* TERMINA EJECUCION DEL SIAPANA \*\*\*

## ANEXO D

### PROGRAMAS AUXILIARES DEL MODELO SIAP

En la utilización del modelo SIAP, se presenta algunas veces que, luego de haber terminado una corrida específica de una parte del modelo, los datos resultantes tienen que sufrir un proceso manual de revisión u ordenamiento antes de poderse continuar con el siguiente paso del modelo. En el año 1986 se desarrollaron varios programas cortos que pueden servir de ayuda al usuario para simplificar ciertas operaciones que de otra manera tomarían mucho tiempo.

Estos programas auxiliares tienen en común que todos ellos accesan información que quedó almacenada en el File 7, y la presentan al usuario en una forma inteligible, lo que le facilita realizar las correcciones o los procesos manuales necesarios.

Los programas son:

- 1) PUANA Y CAPUE (programas interrelacionados)
- 2) XTRAC
- 3) CLASE
- 4) TITA

#### 1. Programas PUANA y CAPUE

Los programas PUANA y CAPUE se utilizan para revisar cierta parte de los datos de puentes del Inventario de Carreteras que fueron grabados en el File 7 luego de la corrida del SIAPINV en su modalidad BUILD.

Es cierto que al correr BUILD los datos de carreteras y puentes fueron revisados, y si aparecieron inconsistencias o errores en alguna sección, la información correspondiente a ésta no fue grabada y el error fue indicado en la impresora. Sin embargo,

existen ciertos tipos de error que no son detectados por los filtros incorporados al SIAPINV. Los programas PUANA y CAPUE detectan dos errores de este tipo.

El programa PUANA (de Puente Adecuado o No Adecuado) detecta si la calificación del ancho de puente como adecuado o no adecuado fue hecha consecuentemente con los criterios contenidos en la Tabla D-1, e imprime una lista de aquellos puentes que siendo inadecuados fueron anotados como adecuados o viceversa.

El usuario procederá a realizar las correcciones necesarias en el SIAPINV DATA, y a correr de nuevo el SIAPINV en su modalidad BUILD, para que así queden registradas las correcciones en el File 7.

Al realizar lo anterior, se presenta el problema de que la anotación de puentes inadecuados para algunas secciones (columna 30 del registro 41), ya no será fiel reflejo del número real de puentes inadecuados que hay en la misma. Esto será así para aquellas secciones cuyos puentes pasaron antes de adecuados a inadecuados o viceversa. Será necesario corregir este error tanto en el SIAPINV DATA como en el File 7.

Para ayudar a realizar estas correcciones, se ha de correr primero el programa CAPUE (de Cantidad de Puentes), que accederá al File 7 e imprimirá para aquellas secciones que tuvieron cambios, cuál es el número de puentes que aparece anotado y cuál es el que debería aparecer. Seguidamente se han de realizar los cambios en el SIAPINV DATA y se correrá entonces de nuevo el SIAPINV en la modalidad BUILD. Si se quiere confirmar que las correcciones se realizaron bien, pueden efectuarse corridas adicionales de PUANA y CAPUE.

TABLA D-1

TABLA PARA DETERMINAR LA SUFICIENCIA DEL ANCHO  
DE LOS PUENTES DEL INVENTARIO DE CARRETERAS

		Adec.	Inad.
A.	<u>Para TPD &lt; 100 vh/día</u>		
1.	AP* ≤ 3		X
2.	AP ≥ 4m	X	
3.	3 < AP < 4		X
	a) AP < AC*		
	b) AP ≥ AC	X	
B.	<u>Para TPD ≥ 100 vh/día</u>		
1.	1 carril		X
	a) AP < AC		
	b) AP ≥ AC	X	
2.	2 carriles		X
	a) AP < 5.5m		
	b) AP ≥ 5.5m	X	
3.	3 y 4 carriles**	X	

\* AP = Ancho puente

AC = Ancho calzada

\*\* Si el número de carriles del puente es igual al de calzada se considera adecuado, sería rarísimo que en una obra de este tipo no se cumpliera esa condición.

Si en el futuro cambiaran los criterios para definir si el ancho de un puente es adecuado o no, siempre será posible modificar el PUANA FORTRAN de acuerdo a los nuevos criterios.

Tanto el PUANA como el CAPUE tienen como entrada solamente el File 7, y como salida la impresora (o la terminal si se corren PUANAT y CAPUET).

## 2. Programa XTRAC

Luego de haber corrido el SIAPINV, el usuario generalmente corre el SIAPANA en su modalidad de análisis de secciones SECC con el parámetro ALLLNK=T. Se obtiene entonces, si se corrió toda la red nacional, un listado grande (de unas mil páginas), en el que se indica para cada sección la clase a que ésta va a ser mejorada, un cuadro de beneficios y costos y la tasa interna de retorno.

Anteriormente a la existencia del XTRAC, este listado era indispensable para, con la ayuda de los Mapas de Secciones, formar los proyectos agrupando secciones. También era insustituible para poder determinar cuales secciones iban a ser forzadas y a que clase.

El listado generalmente era largo y con mucha información innecesaria para los propósitos apuntados, por lo cual era difícil de consultar.

Al crear el XTRAC se pensó en poder obtener una lista que permitiera consultar rápida y directamente las características más importantes de las secciones que están grabadas en el File 7. Esto es una gran ayuda a la hora de elaborar los proyectos y definir las clases a las que van a ser forzadas las secciones. Al tener la información básica en esta nueva lista se puede ahora omitir la

impresión del listado largo, ya sea purgándolo o bien mandándolo a cola de reader y guardándolo como un archivo de datos por si se ocupara posteriormente. Por supuesto que siempre se tendrá que correr el SECC con ALLLNK=T, para terminar de formar el File 7.

La nueva lista obtenida utilizando XTRAC quedará almacenada en un archivo de datos, y por tanto es posible ordenarla fácilmente de acuerdo a algún criterio. También se puede sacar varias sublistas de la lista principal, separando los proyectos de acuerdo al criterio elegido. Todo esto se efectúa utilizando instrucciones tales como SORT, delete, file name (FN), FILE, etc., de acuerdo a lo que se explica en los folletos de manejo de archivos. No se entrará aquí en más detalle al respecto.

Los datos que son grabados en el archivo de salida del programa XTRAC (denominado JOSE DATA), son los siguientes:

1. Número de sección.
2. Número de ruta.
3. Longitud en kilómetros.
4. Índice de Suficiencia en tanto por ciento.
5. Clase actual de la sección (en números romanos)\*
6. Clase nueva de la sección (en números romanos)\*
7. Tasa Interna de Retorno.
8. Mejoramiento recomendado para la sección (en código).

---

\* Si se quiere que aparezca en la salida la clase actual y la nueva en números arábigos en lugar de romanos, se ha de correr el programa ARABE en lugar de XTRAC. Los resultados aparecerán grabados en el archivo OMAR DATA, pero sin encabezados. Es importante anotar que la equivalencia entre los arábigos y romanos en la nomenclatura de las clases del modelo SIAP no es aritmética, sino como sigue: 1 = A, 2 = 1-3, 3 = II, 4 = III, 5 = III-1, 6 = IV, 7 = V, 8 = VI.

El mejoramiento recomendado se refiere a lo que el programa recomienda que se haga en una sección específica, y los códigos utilizados significan lo siguiente:

- 2 No se recomienda mejoramiento
- 1 TIR menor que cero o inválida
- 0 Sección no procesada (por estar en proyecto)
- 1 Mantenimiento Extraordinario
- 2 Reconstrucción
- 3 Construcción nueva

La información de mejoramiento recomendado es muy útil para separar de una sola vez las secciones cuyo mejoramiento es rentable de las que no lo es, y así es posible, si se quiere, disminuir el número de secciones con las que se va a trabajar para formar los proyectos.

Como ya se anotó, la entrada de datos del programa XTRAC es por medio del File 7, y la salida por el archivo JOSE DATA.

### 3. Programa CLASE

Luego de que se ha formado la lista de proyectos de acuerdo al formato especificado en el punto IV.4, y si ésta está correctamente elaborada, todas las secciones de un mismo proyecto han de ir a la misma clase nueva. Se supone que para esta punto en la utilización del modelo, aquellas secciones que era necesario forzar ya han sido forzadas y por tanto se ha logrado una homogeneidad en la clase futura de las secciones de un mismo proyecto.

Sin embargo, sería muy útil contar con una herramienta para poder comprobar rápidamente si en la práctica esto es realmente así. El programa CLASE cumple esta función: se ha de tomar el

archivo PROYE DATA con el que se piensa correr el SIAPANA en modalidad BORRA, quitarle toda la información referente a parámetros o reportes, y escribir el número 999 en las columnas 1 a 3 del registro que sigue al último dato del archivo. Luego de dar FFILE se teclará la palabra CLASE y se dará entrada. El archivo PROYE DATA así corregido será accesado por el programa CLASE y una lista de todas las secciones con su clase actual y futura indicadas a la par aparecerá en el archivo SILA DATA.

Con esta lista y el listado de PROYE DATA será posible comprobar rápidamente si todas las secciones de un mismo proyecto pertenecen a la misma clase o no.

Talvez es importante anotar que el programa CLASE tiene dos tipos de entrada: una es el PROYE DATA modificado como se explicó y la otra es el File 7, donde el programa busca la clase actual y futura de cada sección que se quiera.

#### 4. Programa TITA

Este programa está relacionado con el modelo SIAP, pero en realidad no se puede decir que sea parte (ni siquiera auxiliar) del mismo. El programa pertenece a un operativo que se utiliza para extraer información del SIAPINV, pasarla al sistema AS, y utilizarla en otro modelo denominado OPIVFØØR, que está en el AS del usuario DIRPLAN. Para emplear este procedimiento se debe consultar el documento denominado: Procedimiento para Actualizar el Inventario de Carreteras OPIVFØØR Utilizados los Datos del Inventario de Carreteras y Puentes del Programa SIAPINV.