

CALIFICACION Y CALCULO DE
LA MAGNITUD DE LAS OBRAS
DE MEJORAMIENTO
DE LOS
CAMINOS COMPLEMENTARIOS

Tesis de Grado

Lloyd W. Anglin Edwards

Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica.

1962

A mi madre

a mi padre

a mis hermanos.

Primeros Fuente .

CALIFICACION POR DEFICIENCIA DE LOS CAMINOS COMPLEMENTARIOS.

I	Introducción	5
II	La Relación Matemática Adoptada para la Calificación de Caminos Complementarios.	8
III	Análisis de los Factores Constituyentes de la Fórmula.	12
	3.1. Factor Geométrico-Estructural .	
	3.2. Factor de Tránsito.	
I V	El Cálculo Numérico de la Calificación	29

Segundo Fuente .

CALCULO DE LA MAGNITUD DE LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO DE CAMINOS COMPLEMENTARIOS

I	El avalúo de los bienes a expropiarse para la adquisición de Derecho de Vía .	38
II	Rectificación de gradientes a las recomendables.	47
	Anexos .	62

El presente trabajo es parte de la labor del suscrito en la Sección de Caminos Vecinales, M. C. P. Se divide en dos partes : Calificación por Deficiencia y Cálculo de la Magnitud de las Obras de Mejoramiento de los Caminos Complementarios.

La primera, trata de destacar y de explicar los conceptos y procesos de calificación que la Sección efectúa.

La segunda, es parte de un intento de calcular el costo de mejoramiento de caminos para presupuestar las obras de una programación pertinente. Se tomó como base los datos obtenidos en el inventario de los caminos mejorados y , debido a la falta de datos estadísticos convenientes, hubo que asumir condiciones especiales. No constituye un estudio exhaustivo; al contrario, es el paso inicial de un estudio al que precisa aplicar técnicas avanzadas y métodos estadísticos más complejos.

Se agradece al ingeniero don Enrique Soto B., exjefe de Sección, cuya contribución fué definitiva, especialmente en la primera parte, y en la segunda, sus conocimientos en Estadísticas y experiencias en labores viales, sirvieron de guía.

Imperecedero agradecimiento también a los ingenieros Prof. don Fernando Sánchez, don Fernando Marín, don Ricardo Echandi ; profesor guía, actual jefe de Sección y jefe de Departamento de Vialidad, respectivamente, que en diversas formas cooperaron en su realización.

LLCYD W. ANGLIN E.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El estado de conservación de la superficie de las Carreteras de Costa Rica es inadecuado, pues en el pasado no se efectuaron programas de mantenimiento. Además en algunos casos las facilidades (anchos de vía, gradientes, etc.), son insatisfactorias para la intensidad del tránsito que circula por los caminos y más aún para la demanda que se espera en el futuro. Para superar las condiciones actuales precisa discernir las siguientes necesidades:

- a) Tener conocimiento cabal del estado de todos los caminos, detallando la condición particular de cada ítem estructural. Informarse del servicio que presta el camino.

- b) Concretar programas técnicamente dirigidos que fijen ciclos de ejecución de obras de mejoramiento, mantenimiento y conservación. Proporcionar las condiciones geométricas de la vfa al servicio que se le demanda.
- c) Aprovechar los recursos económicos a un máximo de rendimiento. Esta necesidad es consecuencia de la del inciso (b).

Este trabajo permite el conocimiento de los caminos (1), mediante la evaluación numérica del estado de los ítems estructurales y geométricos del camino. Además evidencia el servicio que presta la vfa y el que permite la sección.

Los resultados numéricos obtenidos permitirán comparar los estados de los caminos entre sí. La secuencia descendente de los valores puede interpretarse como una lista de prioridades de mejoramiento.

Cabe agregar que para programar eficientemente las satisfacciones de las necesidades viales, es preciso hacer estudios mancomunados de calificación con los de los crecimientos probables de las zonas de producción, los costos de las obras, las condiciones demo y geográficas, etc.

ALGUNAS VENTAJAS QUE OFRECE EL SISTEMA DE CALIFICACION.

Este sistema se relaciona de modo directo al estado de conservación de

(1) El Departamento de Planeamiento ha satisfecho esta necesidad mediante los estudios de CALIFICACION POR SUFICIENCIA que efectúa en las Carreteras Nacionales y Rutas Regionales.

los ítems estructurales con la longitud del tramo,

Por obtenerse el coeficiente final mediante la multiplicación de los factores geométrico-estructural y de tránsito, se tiene una gama amplia de valores.

CAPITULO II

LA RELACION MATEMATICA ADOPTADA PARA LA CALIFICACION DE CAMINOS COMPLEMENTARIOS.

LOS ELEMENTOS estructurales de los caminos que constituyen la fórmula adoptada se miden según tres conceptos esenciales: estado o condición de la estructura, la seguridad que ofrece a los usuarios y el servicio que presta al tránsito.

En la medida en que el estado actual de los elementos cumplen con los requisitos mínimos según estos conceptos, así será la calificación.

Se clasificaron los elementos en tres factores: el geométrico, el estructural y el de tránsito. Los dos primeros se combinan en uno, el geométrico-estructural.

2.1 LOS FACTORES QUE INTEGRAN LA FORMULA

El valor numérico de calificación total se obtiene del producto de los factores geométrico-estructural y tránsito. El primero se constituye por la suma de las calificaciones de cada elemento. El factor de tránsito es el cociente de los logaritmos de las intensidades equivalentes de tránsito existente y permisible (Ver artículo 3.2.)

La expresión matemática del coeficiente de deficiencia total es :

$$C = C_{ge} \times C_t$$

en donde.

C_{ge} es el valor numérico del coeficiente de deficiencia por factor

geométrico-estructural.

C_t es el valor numérico del coeficiente de deficiencia por factor de tránsito.

FACTOR GEOMETRICO ESTRUCTURAL

Lo constituyen todos los elementos que se relacionan con el estado de conservación, mantenimiento, y alineamiento, o sea, los que encierran los conceptos esenciales de estado y de seguridad.

Se forma de una constante UNO, y un sumando que se llama " COEFICIENTE BASICO ". Este resulta de la suma ponderada de las deficiencias de los elementos. La ponderación se expresa por coeficientes de acuerdo a la importancia de los elementos en el funcionamiento del camino; así, a la superficie se le da el 40%; a las gradientes, 25%; a los drenajes, 20%; y a los demás factores, en grupo, 15%.

Algebraicamente se tiene :

$$C_b = 0.40 C_s + 0.25 C_g + 0.20 C_d + 0.15 Q$$

El factor geométrico-estructural se expresa :

$$C_{ge} = (1 + C_b) = 1 + (0.40 C_s + 0.25 C_g + 0.20 C_d + 0.15 Q)$$

La función que desempeña la unidad es impedir un valor erróneo en caso de una perfecta condición geométrico-estructural, porque un valor nulo de éste eliminaría cualquier valor de calificación de tránsito.

FACTOR DE TRANSITO

El factor de tránsito es la relación logarítmica del tránsito promedio diario equivalente en una cierta fecha y el permisible.

Como los caminos complementarios no ofrecen comodidad en el paso de los vehículos, la falta de ésta no debe ser motivo de un gravámen severo, siendo en-

tonces necesario hacer intervenir el factor de tránsito de manera leve. La función logarítmica propicia un medio adecuado para amortiguar el efecto del factor de tránsito en la medida que se persigue.

Por ejemplo, si el T.P.D.E. por la sección es apenas 10 y se permite 100, el factor de tránsito es :

$$\frac{\log. 10}{\log. 100} = \frac{2.30259}{4.60517} = \frac{1}{2} ,$$

en tanto si fuera la razón aritmética de la T.P.D.E. el factor sería : $\frac{10}{100} = \frac{1}{10}$

Luego, se define matemáticamente como el cociente de los logaritmos del tránsito promedio diario equivalente que pasa por la sección y el tránsito promedio diario equivalente (T.P.D.E.) permitido por el ancho de la sección transversal.

$$C_t = \frac{\log \quad T.P.D.E. f}{\log \quad T.P.D.E. p}$$

La fórmula final del coeficiente de la calificación por deficiencia se expresa como sigue:

$$C = C_{ge} \times C_t = (1 + C_b) \times \left[\frac{\log. T.P.D.E. f}{\log. T.P.D.E. p} \right]$$

2.2 COMENTARIOS FINALES SOBRE LA FORMULA Y SUS FACTORES

Un camino que está en perfecto estado de conservación, tendrá una calificación del factor geométrico-estructural igual a la unidad.

En un camino cuya demanda sea igual a la oferta tendrá un coeficiente de deficiencia igual a la unidad.

Por lo tanto, un coeficiente total de deficiencia igual a la unidad, representa un camino en condiciones optimas de servicio en el sentido de que además de prestar buen servicio, representa una inversión económica balanceada.

Razonando similarmente, coeficientes de deficiencia mayor y menor que la unidad representan, respectivamente, caminos en mal y buen estado para el servicio demandado.

CAPITULO III

ANALISIS DE LOS FACTORES CONSTITUYENTES DE LA FORMULA BASICA.

Se analizan los elementos que constituyen el factor geométrico-estructural y el de tránsito para medir su influencia en la capacidad de los caminos, y la velocidad y el daño que permiten y causan a los vehículos.

Los análisis se basan sobre los tres conceptos fundamentales, condición, servicio, y seguridad, y sobre los principios de Caminos Complementarios mencionados en el Anexo II,

3.1

FACTOR GEOMETRICO ESTRUCTURAL

ESTADO DE LA SUPERFICIE

Los defectos que afectan la superficie difieren basicamente en TIPO Y CARACTERISTICA, que a su vez presentan algunas peculiaridades según la clase de firme (lastre, asfalto o concreto). Los tipos de daños más frecuentes son : pérdidas de material, ondulaciones y rajaduras en la superficie.

El carácter de los daños consiste en la condición de penetrar una o varias capas de la estructura, o sea su profundidad y la condición de ser pequeño o grande, o sea su extensión

De acuerdo con el tipo y las características de los defectos de la superficie, se califican como: muy bueno, bueno, regular, malo o muy malo.

GRADIENTES:

Se asignan gradientes máximas recomendables y tolerables en función del tipo de terreno y de la clase de camino. (Ver Pendientes de Diseño para Caminos " Cuadro 4-1 . Pag. 30)

Las restricciones físicas y económicas a que obligan las irregularidades del terreno, determinan gradientes permisibles mayores en terrenos ondulados que planos, y superiores a ambos, en terrenos quebrados.

En terrenos planos, por ejemplo, un camino complementario de Clase A, tiene una gradiente máxima recomendable de 3%, mientras que la máxima tolerable, es de 7%. En tanto que en terrenos quebrados para la misma clase de camino las gradientes recomendables y tolerables son 9 y 15%, respectivamente.

DRENAJES

Comprende drenaje superficial o bombeo, drenajes longitudinales y transversales, que evacuan las aguas de los terrenos adyacentes y de la superficie misma.

El servicio del sistema de drenaje debe juzgarse por dos conceptos : el estado de conservación de la estructura y el proporcionamiento adecuado de la estructura para el caudal que pasa en las avenidas máximas; del bombeo de la superficie, etc.

Su calificación se basa en la apreciación de si está en bueno , regular o mal estado. .

OBSTRUCCIONES ADICIONALES AL PASO ADECUADO DE LOS VEHICULOS.

Se agrupan los elementos : Ancho del derecho de vía, puentes, alcantarillas y obras localizadas dentro del derecho de vía en un solo factor, como se verá en artículo siguiente de evaluación numérica.

a. DERECHOS DE VIA

Fue fijado para el caso de Camino Complementarios, un ancho mínimo de catorce (14) metros; por lo tanto cualquier ancho menor es una deficiencia.

b. PUENTES

En cuanto a puentes, se distinguen tres tipos de deficiencias: puentes angostos (tratados en el Factor de Tránsito), puentes dañados y puentes faltantes.

PUENTES DAÑADOS

Los daños en los puentes se calificarán según la importancia que tengan en la seguridad de la estructura.

Por lo tanto, es necesario especificar si son daños menores o graves.

DAÑOS MENORES

Son los que no causan consecuencia graves en la seguridad de paso de los vehículos.

DAÑOS GRAVES

Son los que hacen peligrar la estabilidad de la estructura u ofrecen obstrucción seria a la circulación.

c. ALCANTARILLAS Y PUENTES FALTANTES

Salvo los casos extremos es difícil apreciar si en una ocasión dada falta un puente, una alcantarilla o un vado. Sin embargo, debido a que generalmente la falta de un puente presenta mayor gravedad en perjuicio del transporte e implica mayor costo de construcción, se califica la apreciación de la carencia más severamente que la de las obras de arte.

d. OBRAS LOCALIZADAS DENTRO DEL DERECHO DE VIA

Las constituyen las obras erigidas dentro del derecho de vía y que le son pulperías, recibidores de café, torres de alta tensión, etc.

EVALUACION NUMERICA DEL ESTADO DE LOS
ELEMENTOS DEL FACTOR GEOMETRICO ESTRUCTURAL.

EL ESTADO DE LA SUPERFICIE

Se asignan valores a los estados calificados :

ESTADO	VALORES
Muy bueno.....	0
Bueno	0.25
Regular	0.50
Malo	0.75
Muy malo	1.00

Los datos (longitudes de los tramos) por el valor de los estados correspon-
dientes, se suman los resultados, o sea,

$$\begin{array}{r} K_s \text{ MB} \times 0 \\ K_s \text{ B} \times 0.25 \\ K_s \text{ R} \times 0.50 \\ K_s \text{ M} \times 0.75 \\ \hline K_s \text{ MM} \times 1.00 \\ \hline K_s \text{ E} \end{array}$$

El valor obtenido, $K_s E$, es dimensionalmente una longitud, y si se permi-
te la expresión $K_s E$ representa la longitud del camino " equivalente a muy mal
estado. "

El coeficiente de deficiencia es la razón de la longitud equivalente a muy
mal estado y la total del camino:

$$C_s = \frac{K_s E}{K_t}$$

en donde,

C_s es el coeficiente de deficiencia del estado de la superficie.

Ksmb, Longitud en kilómetros de la superficie en muy buen estado.

Ksb, Longitud en kilómetros de la superficie en buen estado.

Ksr, Longitud en kilómetros de la superficie en regular estado.

Ksm, Longitud en kilómetros de la superficie en mal estado.

Ksmm, Longitud en kilómetros de la superficie en muy mal estado.

Kse, Longitud en kilómetros de la superficie en equivalencia de muy mal estado.

Kt Longitud del camino en kilómetros.

GRADIENTES

La calificación de las gradientes dispone de tres grados de castigo, definidos por la posición de la gradiente registrada o existente con respecto a las recomendables y tolerables.

Estas, las recomendables y tolerables, son funciones del tipo de terreno (plano, ondulado, etc.) y de la clase del camino (Cuadro 4-1 Pag.30).

Se determina la clase del camino por T. P. D. E. que pasa por sección, cuando se trata de **calificación de gradientes.**

Conocidas las demarcaciones de gradientes recomendables y tolerables según las normas mencionadas, la calificación será :

- a. Si la gradiente existente registrada es menor o igual a la gradiente recomendable no se gravará siendo el factor de reducción igual a cero.
- b. Si la gradiente registrada es mayor que la gradiente recomendable pero menor o igual que la tolerable, su factor es uno.
- c. En el caso de tener una gradiente mayor que la tolerable, el factor asignado es dos, 2.

Aritméticamente:

$$G_g = \frac{0 \times K_{gr} + 1.00 \times K_{gtr} + 2 \times K_{gt}}{K_t}$$

en donde:

C_g , coeficiente de deficiencia en cuanto a gradientes;

K_{gr} , longitud en kilómetros de las gradientes con pendientes iguales y menores que la recomendable.

K_{gtr} , longitud en kilómetros de las gradientes mayores que la recomendable y menores o iguales a la tolerable.

K_{gt} , longitud en kilómetros de las gradientes mayores a la tolerable.

K_t , es la longitud total del camino.

DRENAJES

Los valores asignados para la reducción de la longitud de drenaje a longitud equivalente a mal estado.

Bueno	0
Regular	0.50
Malo	1.00

Aritméticamente:

$$C_d = \frac{0 \times K_{db} + 0.50 \times K_{dr} + 1.00 \times K_{dm}}{K_{tot}}$$

en donde :

C_d , coeficiente de deficiencia debido al estado inadecuado de drenajes.

K_{db} , longitud en kilómetros de drenaje en buen estado.

K_{dr} , longitud en kilómetros de drenaje en regular estado.

K_{dm} longitud en kilómetros de drenaje en mal estado.

K_t , longitud en kilómetros de todo el tramo calificado.

OBSTRUCCIONES ADICIONALES AL CONVENIENTE PASO
DE LOS VEHICULOS. (Factor "q" para efectos de evaluación)

Se agrupan el derecho de vfa, los puentes dañados y faltantes, las alcantarillas faltantes, las obstrucciones dentro del derecho de vfa, en un solo factor llamado factor " Q ".

DERECHO DE VIA

Se asignó un ancho mínimo permisible de derecho de vfa de catorce metros (14.00) y un gravamen máximo de 50 puntos por la carencia lineal por derecho de vfa (2).

Cada metro faltante causaría una deficiencia igual al cociente de la puntuación total y el ancho mínimo permisible (50/14)

Luego la calificación de un derecho de vfa ancho D metros es:

$$f_d = 50 - (50/14) D$$

en donde :

f_d es la puntuación otorgado a las deficiencias del derecho de vfa.

D es el ancho, en metros, del derecho de vfa

b. PUENTES DAÑADOS Y FALTANTES-

Las puntuaciones asignadas a los defectos de los puentes son como sigue:

Puentes con daños menores,	100
Puentes con daño grave,	200
Puentes faltantes,	300

La suma de las puntuaciones obtenidas en un tramo, dividido por la longitud total, da la puntuación final otorgada a puentes. Numéricamente se expresa:

$$f_p = \frac{100 \times p_m + 200 \times p_g + 300 \times P}{K_{tot}}$$

(2) Es de suponer que la carencia total de Derecho de vfa no es castigable pues no existiría camino.

en donde :

f_p : puntuación ponderada de los defectos en los puentes.

P_m : número de puentes con daños menores.

P_g : número de puentes con daños graves.

P_f : número de puentes faltantes.

K_{tot} : longitud total del tramo.

c. **ALCANTARILLAS FIJAS FALTANTES.**

La puntuación asignada a cada alcantarilla fija o vado faltante es 100. Entonces el valor final relacionado con la longitud del tramo sería semejante al de los puentes:

$$f_a = \frac{100 \times A_r}{K_{tot}}$$

en donde :

f_a es la puntuación final otorgada a la falta de alcantarillas.

A_r es el número de alcantarillas faltantes

K_{tot} es la longitud total del tramo en kilómetros.

d. **OBRAS LOCALIZADAS DENTRO DEL DERECHO DE VIA.**

Las edificaciones o cualquier otro tipo de obras que se encuentran dentro del derecho de vía se castigan en dos grados, según su cercanía a la línea de centro del camino: 50 y 25 puntos.

Si se designa con:

D , el ancho del derecho de vía

N , la puntuación asignada a las obras

X , la distancia del obstáculo al centro de la vía,

es factible enumerar los distintos casos con las puntuaciones adecuadas:

a) Cuando el objeto está situado a una distancia X igual a la mitad del an-

cho del derecho de vía, el valor de N es cero (0), siempre que D, sea igual o mayor que (14).

b) Cuando el objeto esta localizado a más de cinco metros del centro de la vía y dentro del derecho de vía, el valor de N es veinticinco (25).

Se calificarán todos los objetos erigidos a menos de siete metros del centro de la vía, aunque el derecho de vía no tuviera ese ancho.

c) Los objetos erigidos a una distancia menor o igual a cinco metros, se calificarán con cincuenta puntos (50).

La evaluación total de estas obstrucciones se hace sumando los puntos obtenidos y dividiendo el resultado por la longitud total del tramo.

Aritméticamente:

$$f_x = \frac{N}{K_{tot}}$$

si se llama con:

f_x , la puntuación final correspondiente a obras localizadas dentro del derecho de vía;

K_{tot} la longitud total del tramo, en kilómetros.

El cálculo aritmético del factor " Q " se verifica sumando los valores: f_d , f_p , f_a , f_x , y dividiendo entre cien (100).

3.2 FACTOR DE TRANSITO

Se definió el factor de Tránsito como la relación logarítmica de los tránsitos promedios diarios equivalentes futuro y permisible $\frac{\log (T.P.D.E. f)}{\log (T.P.D.E. p)}$

El T.P.D.E. f. es la intensidad promedio diaria de tránsito de los vehículos que pasan por una sección, reducida a vehículos livianos y proyectada a una

fecha futura dada. La intensidad promedio diaria (T. P. D.) de los vehículos se puede estimar por dos métodos: directo e indirecto.

En el primer método, basta tener el registro del total de los vehículos que pasan por una sección en un año, y dividirlo por 365.

En el segundo, el indirecto, se conocen algunas propiedades sobre las variaciones diarias del tránsito con respecto al T. P. D. y se estima éste a base de recuentos breves.

Una parte de este capítulo se dedica al desarrollo de un método indirecto, para estimar el T. P. D. , reducirlo a T. P. D. E. y proyectarlo a á T. P. D. E. f. Otra parte expone los valores del T. P. D. E. p. o sea la intensidad expresada en vehículos livianos que la sección permite pasar.

METODO INDIRECTO PARA HALLAR EL T. P. D.

Fundamento :

Las características del tránsito vehicular en Caminos Complementarios se determina por el tipo e intensidad de la explotación de la Región a que sirve la vía (1). La explotación puede ser industrial o agropecuaria, siendo ésta la de mayor importancia en las actividades rurales del país.

Las Regiones agrícolas, en general, se dedican al cultivo de diversos productos por lo que sus características del tránsito no son fácilmente determinables. Para simplificar la clasificación de Regiones a causa de la explotación agrícola, se investigan los productos más importantes (2). De este modo se tienen regiones cafetaleras, bananeras, lecheras, y así sucesivamente, si el café, el banano, la leche o cualquier otro producto predomina. La selección de los productos se hace según el porcentaje del peso de los productos vendidos por el

(1) Ver Anexo, II, Algunos Aspectos sobre Caminos Complementarios.

(2) Consultar Anexo, III Comentarios sucintos sobre la Zonificación del País en Regiones Agrícolas para fines de Estudios de Tránsito.

productor.

Elementos usados en el método indirecto :

Los elementos usados son :

1. Recuentos de tránsito (3) y
2. La zonificación del país en regiones agrícolas de acuerdo con los productos predominantes.

Los recuentos se hacen en dos clases de estaciones de control: PRINCIPALES Y TEMPORALES.

En las estaciones PRINCIPALES de control de tránsito se efectúan :

- a. Recuentos de tránsito clasificados de 16 horas durante 2 días laborales (lunes a viernes) , cada quince días.
- b. Un recuento anual de tránsito durante las 24 horas del día para determinar la relación de volúmenes de 16 a 24 horas.
- c. Recuentos de tránsito de 16 horas durante los días sábado y domingo , dos veces al año (una en verano y otra en invierno) para establecer las características promedios de tránsito en los días no laborables.

En las estaciones TEMPORALES se efectúan :

- a. Recuentos clasificados de 8 horas una vez al año.

Las regiones agrícolas se obtienen calculando el predominio porcentual de los productos en cada distrito.

CURVAS CARACTERISTICAS

Con los recuentos efectuados en las estaciones principales se confeccionan curvas de las variaciones del tránsito en cada zona.

(3) Consultar Anexo IV " Asunciones sobre los Recuentos de Tránsito " .

El procedimiento de confección es :

- 1) Expandir los recuentos en el inciso a (pag anterior), de 16 horas a 24 horas mediante el cociente obtenido en el inciso b, o sea multiplicado los recuentos de 16 horas por la razón del tránsito en 24 horas entre el de 16 horas.
- 2) Expandir los recuentos del inciso (c) por el mismo cociente del inciso (b) .
- 3) Hallar los tránsitos promedios quincenales mediante la fórmula :

$$Q = \frac{10 (\text{tránsito de 24 días lab.}) + 4 (\text{tránsito días no laborables})}{14}$$

en donde :

Q es la intensidad promedio diario en una quincena.

- 4) Hallar el T. P. D. en la estación.

$$T.P.D. = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n}{n}$$

n es el número de quincenas.

- 5) Determinar los factores de conversión de los recuentos de las estaciones temporales de control T. P. D.

Se hace la proporción de :

$$\frac{(T.P.D.)_p}{(T.P.D.)_t} = \frac{R_8}{r_8}$$

$$T.P.D._t = \frac{(T.P.D.)_p}{R_8} \times r_8$$

donde :

(T. P. D.)_p es el T. P. D. en la estación principal.

(T. P. D.)_t es el T. P. D. en la estación temporal.

R_8 es el recuento durante 8 horas de cualquier quincena en la estación principal.

r_8 es el recuento durante 8 horas en la estación temporal durante las mismas horas y en la misma quincena de R_8 .

El cociente $\left(\frac{T.P.D.}{R_8} \right)_p$ es el factor de conversión F .

$$F = \frac{(TPD)_p}{R_8}$$

Recálcense que los dos recuentos de ocho horas deben corresponderse en horas y fecha.

De este modo se obtienen 26 factores (F) correspondientes a las 26 quincenas del año, que expresados gráficamente obtiéndose las curvas características.

Es probable que los dos factores extremos de las curvas no sean iguales , a pesar de corresponder a las mismas quincenas del año. Para corregir el error a causa de esta diferencia, consulte Anexo V " Corrección de las Curvas Características " .

TRANSITO PROMEDIO DIARIO EQUIVALENTE

Se define el tránsito equivalente como el tránsito promedio diario, expresado en vehículos livianos. Del Departamento de Planeamiento adoptaron los factores de conversión de los efectos de los vehículos pesados en términos de livianos, según el tipo de terreno:

<u>TIPC DE TERRENO</u>	<u>FACTOR (k)</u>
Plano	2
Ondulado	3
Quebrado o	
Montañoso	4

SISTEMA ADOPTADO EN EL CALCULO DEL
TRANSITO PROMEDIO DIARIO EQUIVALENTE

El procedimiento empleado para calcular el T. P. D. E. es construir curvas para vehculos pesados y livianos, obteniéndose factores F_1 y F_p de los tránsitos de vehculos livianos y pesados, respectivamente. Con ellos transformar los recuentos breves de los vehculos a T. P. D. ; luego reducir los vehculos pesados a livianos mediante el factor K y sumarle a éste resultado el T. P. D. de los vehculos livianos. O sea :

$$L \times F_1 + E \times F_p \times K = T. P. D. E.$$

en donde:

L: es el número de vehculos livianos resultantes de conteos breves.

F_1 : es el factor de conversión de los conteos breves (de ocho horas) de los vehculos livianos a su T. P. D.

F_p : Factor de conversión de los conteos breves para reducir el número de vehculos pesados a su T. P. D.

K : factor de reducción de los vehculos pesados a livianos en función del tipo de terreno en que operan.

Hallado el T. P. D. E. es preciso proyectarlo a un año futuro en el que termina el periodo al Censo. El Departamento de Planeamiento publica los índices necesarios en su " Proyecciones de Tránsito para Costa Rica "

TRANSITO PERMISIBLE SEGUN LAS NORMAS ESTABLECIDAS

El Cuadro 3-1 resume las Normas. Las razones de asignar las intensidades de tránsito (tránsito permisible) en función de las condiciones geométricas de camino, se analizan en el Anexo VI .

Se establecieron clases según su capacidad de permitir el paso de los vehculos, medida por el ancho del firme.

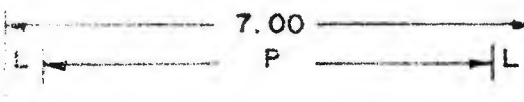
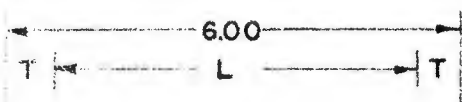
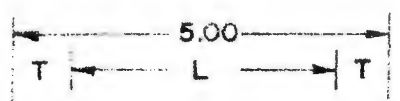
CLASE A;

Se caracteriza por tener una explanación firme de 7 metros de ancho y estar

CUADRO 3-1

SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS
PARA DISEÑO DE CAMINOS

DIMENSIONES EN METROS

CLASE	SECCIONES TRANSVERSALES	TIPO	T. P. D. E. *	P PAVI- MENTO	L LASTRE	T TIERRA
A		1	1001 ó más	6,00	0,50	—
		2	1000 a 501	5,40	0,80	—
		3	500 a 251	4,80	1,10	—
B		1	250 a 151	—	6,00	—
		2	150 a 51	—	4,80	0,60
C		1	50 a 26	—	3,50	0,75
		2	25 ó menos	—	—	2,50

* TRANSITO PROMEDIO DIARIO EQUIVALENTE
(PROYECTADO A 5 AÑOS)

provista de superficie de rodamiento de pavimento rígido o flexible. Abarca tres tipos cuyos estándares geométricos y respectivas capacidades pueden observarse en el cuadro siguiente, denominado " Secciones Transversales Típicas para Diseños de Caminos " .

CLASE B:

Tiene un firme de lastre de seis metros de ancho; abarca dos tipos,

CLASE C:

Con firme de lastre de cinco metros de ancho y tiene dos tipos.

Debido a la superioridad en condiciones de Las Secciones Típicas para Diseño de Caminos sobre las existentes, se estableció para efectos de calificación, las Normas Tolerables de Caminos, que se encuentran en el Cuadro 4-1- en la parte llamada Ancho de Firme.

OBRAS CERCANAS AL FIRME

Los muros de retención, postes de alumbrado, puentes y otros objetos colocados a menos de un metro del borde del firme, causan reducciones aisladas en el ancho efectivo, afectando la capacidad permisible.

Aplicando el concepto de ancho efectivo expuesto en " Calificación y Control de Carga " pag 68 de Manuel Vélez Córdoba para puentes angostos, se hará una reducción de medio metro en el ancho del firme por cada uno de estos obstáculos que está a un lado.

Por lo tanto, en el caso de puentes angostos, se reduce un metro de la distancia entre barandas o entre cordones, cualquiera que resultare menor, pues son dos obstáculos (uno a cada lado del firme).

Si se asume que los vehículos tienen una velocidad de aproximación de 60 Km hora, y una reacción del conductor de 6 segundos antes de llegar al objeto, la distancia en que se afecta es 100 metros, deducidos así :

$$\frac{60,000 \text{ m} \times 6 \text{ seg.}}{3600 \text{ segs.}} \quad 100 \text{ m.}$$

Luego, la distancia total en que se afectaría el usuario estaría compuesta de los cien metros deducidos (distancia de percepción), más la longitud del objeto en el sentido del camino. Aritméticamente,

$$\begin{aligned} \text{Lon. Perc.} + \text{Longitud Obras} &= \text{Long total afectada, o sea} \\ 100 + \text{Long de Obras} &= \text{Long total afectada.} \end{aligned}$$

Para motivos de calificación se hace intervenir este efecto, anotando en el Cuadro 4-1 en la sección Ancho de Firme , el ancho efectivo y la longitud afectada como las dimensiones del tramo.

CAPITULO IV

CALCULO NUMERICO DE LA CALIFICACION

El Cuadro 4-1 permite evaluar las condiciones del camino y el servicio que presta. Cada hoja representa un tramo. Se fracciona un camino en tramos en los casos en que:

- a. El ancho del firme varfe en una magnitud suficiente como para cambiar la clase del camino (Ver las Normas de las Secciones Transversales, Cuadro 3-1. pag. 26).
- b. Cambia el tipo de terreno. Por ejemplo, de plano a ondulado.
- c. Varfa considerablemente la intensidad de tránsito, en la magnitud que se requiera distintas normas de gradientes, pues a las intensidades le corresponden distintas clases de caminos.
- d. Cambio de material del afirmado. Ejemplo de asfalto a lastre.

El cuadro 4-1 muestra explícitamente las operaciones a efectuarse, sin embargo se hacen dos aclaraciones :

- a. En el cálculo de las gradientes (Cuadro 4-1), se toman las gradientes recomendables y tolerables según la clase de caminos, y ésta se basa a su vez en el T.P.D.E., que pasa por la sección. Por ejemplo si se quiere saber las gradientes recomendable de un camino de asfalto, en terreno plano cuyo ancho es de 3.50m y el T.P.D.E._f es de 1000.

Solución: Según el cuadro 3-1 , la clase de camino que corresponde a un T.P.D.E. es A., cuyas gradientes recomendables y tolerable son 3 y 7(Cuadro 4-1 al dorso) Nótese que el ancho real de la sección no se empleó en este cálculo.

CALIFICACION
DE DEFICIENCIA

C=

PROVINCIA _____ CANTON _____ CAMINO N° _____

HOJA N° _____

NOMBRE _____

SECCION _____

DE _____

— OTRAS OBSERVACIONES —

Pendientes de diseño para caminos

Tipo de Terreno	Clase de camino					
	A		B		C	
	G_R	G_T	G_R	G_T	G_R	G_T
Plano	3	7	3	9	5	11
Ondulado	5	9	5	11	7	13
Montañoso	7	11	7	13	9	15

G_R = gradiente máxima recomendable.

G_T = gradiente máximo tolerable (en tramos cortos) $(N^{\circ} \text{vehículos pesados}) \times k = (N^{\circ} \text{vehículos liv. eq.})$

Factores para convertir el tránsito de vehículos pesados a vehículos livianos equivalentes.

Tipo de terreno	Factor (k)
Plano	2
Ondulado	3
Montañoso	4

b. Cuando se presentan puentes angostos u objetos cercanos a la vfa, se tomará un ancho de firme igual al ancho entre los objetos menos medio metro para cada uno a un lado del camino y una longitud igual al objeto paralelo a la vfa más cien metros. Estos datos se introducirán en la tabla de Ancho de Firme, (Cuadro 4-1) en la sección correspondiente para su debido cómputo.

En el cuadro correspondiente a otras observaciones se debe anotar:

1. La fecha en que se efectuó el censo del camino
2. Las divisiones políticas por las que atraviesa el camino: límites de los distritos, cantones y provincia.
3. La razón en que se fundamenta la segregación del tramo.
4. Mencionar los defectos de la superficie o de otros elementos y cualesquiera otras observaciones que aparecen en el censo y que se crea de utilidad .

4.4.

MANERA DE OBTENER UN VALOR UNICO DE CALIFICACION AL UNIR DOS TRAMOS DE UN CAMINO.

Se obtiene un valor único de calificación para el camino entero mediante la integración de los valores de los tramos calificados.

La integración se verifica ponderando los valores de calificación de los tramos, según sus longitudes. Es decir , se toman los valores en la proporción directa de la longitud de cada tramo.

DESARROLLO

Se desea obtener, en primer lugar, un coeficiente de deficiencia del factor geométrico estructural resultante, en función de los coeficientes de los tramos componentes.

Sean K_1 y K_2 las longitudes en kilómetros de dos tramos cualesquiera del camino. Las ecuaciones (1), (2) y (3) muestran las relaciones generales de los elementos que integran el coeficiente básico.

Représentese con subíndice los elementos de los tramos y carentes de ellos, los del camino. Las abreviaciones son las empleadas en el Capítulo III para representar los elementos calificados.

$$C_b = \alpha C_s + \beta C_g + \gamma C_d + \delta Q \quad (1)$$

$$C_{b1} = \alpha C_{s1} + \beta C_{g1} + \gamma C_{d1} + \delta Q_1 \quad (2)$$

$$C_{b2} = \alpha C_{s2} + \beta C_{g2} + \gamma C_{d2} + \delta Q_2 \quad (3)$$

For definición:

$$C_s = \frac{K_e}{K} = \frac{K_{e1} + K_{e2}}{K} \quad (4)$$

$$C_{s1} = \frac{K_{e1}}{K_1}$$

de donde

$$K_{e1} = K_1 \times C_{s1} \quad (5)$$

Análogamente

$$K_{e2} = K_2 \times C_{s2} \quad (6)$$

Sustituyendo las ecuaciones (5) y (6) en la (4), se tiene:

$$C_s = \frac{K_1 \times C_{s1} + K_2 \times C_{s2}}{K}$$

$$C_s = \frac{K_1}{K} \times C_{s1} + \frac{K_2}{K} \times C_{s2}$$

Se representan las relaciones $\frac{K_1}{K}$ y $\frac{K_2}{K}$ con m y n , respectivamente y la expresión anterior se escribe:

$$C_s = m \times C_{s1} + n \times C_{s2} \quad (7)$$

Análogamente se obtiene:

$$C_g = m \times C_{g1} + n \times C_{g2} \quad (8)$$

$$C_d = m \times C_{d1} + n \times C_{d2} \quad (9)$$

De la página 20 se tienen las siguientes expresiones:

$$Q = \frac{1}{100} \times f = \frac{1}{100} \times (f_d + f_p + f_a + f_x) \quad (10) \text{ y}$$

$$f_d = R - S \times D \quad (11)$$

por lo tanto

$$Q_1 = \frac{1}{100} \times f_1 = \frac{1}{100} \times (f_{d1} + f_{p1} + f_{a1} + f_{x1})$$

$$Q_2 = \frac{1}{100} \times f_2 = \frac{1}{100} \times (f_{d2} + f_{p2} + f_{a2} + f_{x2})$$

$$f_{d1} = R - S \times D_1$$

$$f_{d2} = R - S \times D_2$$

siendo $R=50$ y $S = \frac{50}{14} = 3.57$

Despejando,

$$S \times D_1 = R - f_{d1} \quad (12)$$

$$S \times D_2 = R - f_{d2} \quad (13)$$

El ancho promedio de derecho de vía en los dos tramos del camino es:

$$D = m \times D_1 + n \times D_2$$

Luego la puntuación correspondiente a derecho para el camino puede escribirse (ecuación 11):

$$f_d = R - S \times (m \times D_1 + n \times D_2)$$

$$f_d = R - S \times m \times D_1 - S \times n \times D_2$$

Sustituyendo los valores de $(S \times D_1)$ y $(S \times D_2)$ por los de las ecuaciones (12) y (13):

$$f_d = R - m \times (R - f_{d1}) - n \times (R - f_{d2})$$

$$f_d = R - R \times (m + n) + r \times f_{d1} + n \times f_{d2}$$

$$\text{Pero } (m + n) = \frac{K_1}{K} + \frac{K_2}{K} = 1$$

Luego resulta:

$$f_d = m \times f_{d1} + n \times f_{d2} \quad (14)$$

El coeficiente que corresponde a puentes es:

$$f_p = \frac{100 \times P_m + 200 \times P_g + 300 \times P_f}{K} \quad (15)$$

Por lo tanto,

$$f_{p1} = \frac{100 \times P_{m1} + 200 \times P_{g1} + 300 \times P_{f1}}{K_1}$$

$$f_{p2} = \frac{100 \times P_{m2} + 200 \times P_{g2} + 300 \times P_{f2}}{K_2}$$

Las anteriores ecuaciones se pueden escribir:

$$K \times f_p = 100 \times P_m + 200 \times P_g + 300 \times P_f \quad (17)$$

$$K_1 \times f_{p1} = 100 \times P_{m1} + 200 \times P_{g1} + 300 \times P_{f1} \quad (18)$$

$$K_2 \times f_{p2} = 100 \times P_{m2} + 200 \times P_{g2} + 300 \times P_{f2} \quad (19)$$

Sumando miembro a miembro las ecuaciones (17), (18), y (19):

$$K_1 \times f_{p1} + K_2 \times f_{p2} = 100 \times (P_{m1} + P_{m2}) + 200 \times (P_{g1} + P_{g2}) + 300 \times (P_{f1} + P_{f2})$$

O sea,

$$K_1 \times f_{p1} + K_2 \times f_{p2} = 100 \times P_m + 200 \times P_g + 300 \times P_f \quad (20)$$

De las ecuaciones (15) y (20) se infiere:

$$K \times f_p = K_1 \times f_{p1} + K_2 \times f_{p2}$$

$$f_p = \frac{K_1}{K} \times f_{p1} + \frac{K_2}{K} \times f_{p2}$$

Finalmente,

$$f_p = m \times f_{p1} + n \times f_{p2} \quad (21)$$

Similarmente, se obtendrán las ecuaciones que corresponden a la calificación ALCANTARIELAS y OTROS FACTORES:

$$f_a = m \times f_{a1} + n \times f_{a2} \quad (22)$$

$$f_x = m \times f_{x1} + n \times f_{x2} \quad (23)$$

Introduciendo en la ecuación (10) los valores correspondientes de las ecuaciones (14), (21), (22) y (23) se tiene:

$$Q = \frac{1}{100} \times \begin{matrix} m \times f_{d1} + n \times f_{d2} + m \times f_{p1} + n \times f_{p2} + \\ m \times f_{a1} + n \times f_{a2} + m \times f_{x1} + n \times f_{x2} \end{matrix}$$

$$Q = \frac{1}{100} \times \begin{matrix} m \times (f_{d1} + f_{p1} + f_{a1} + f_{x1}) + \\ n \times (f_{d2} + f_{p2} + f_{a2} + f_{x2}) \end{matrix}$$

Pero

$$Q_1 = \frac{f_{d1} + f_{p1} + f_{a1} + f_{x1}}{100}$$

$$Q_2 = \frac{f_{d2} + f_{p2} + f_{a2} + f_{x2}}{100}$$

Finalmente.

$$Q = m \times Q_1 + n \times Q_2 \quad (24)$$

Análogamente se obtiene de la ecuación (1):

$$C_b = m \times C_{b1} + n \times C_{b2} \quad (25)$$

por lo tanto el FACTOR GEOMETRICO-ESTRUCTURAL RESULTANTE queda integrado:

$$C_{ge} = 1 + \frac{K_1 \times C_{b1} + K_2 \times C_{b2}}{K} \quad (26)$$

siendo K_1 y K_2 las longitudes y C_{b1} y C_{b2} los coeficientes básicos de los tramos constituyentes de un camino de K kilómetros.

Se procede de la misma forma y el FACTOR DE TRANSICIÓN RESULTANTE es:

$$C_t = \frac{K_1 \times C_{t1} + K_2 \times C_{t2}}{K}$$

La fórmula de CALIFICACION TOTAL es:

$$C = 1 + \frac{K_1 \times C_{b1} + K_2 \times C_{b2}}{K} \times \frac{K_1 \times C_{t1} + K_2 \times C_{t2}}{K}$$

La expresión general es:

$$C = \frac{\sum C_{ti} \times K_i}{\sum K_i} \times \left[1 + \frac{\sum C_{bi} \times K_i}{\sum K_i} \right]$$

Esta ecuación servirá para obtener un valor único de calificación a partir de las calificaciones de los tramos constituyentes de un camino.

II PARTE

CALCULO DE LA MAGNITUD DE LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO
DE LOS CAMINOS COMPLEMENTARIOS INVENTARIADOS .

INTRODUCCION

A menudo es necesario conocer el costo aproximado del mejoramiento de los caminos. Por ejemplo, es necesario presupuestar las obras para completar la planificación y programación de su mejoramiento.

En esta parte se desarrolla el inicio de un ensayo para calcular la magnitud y los costos de las obras, con base sobre el inventario de caminos, que se hace con el fin de calificación.

Por la carencia de datos estadfsticos elaborados y no elaborados, aquí no se pudo continuar con este estudio de tanto interés y posible utilidad, pero eventualmente se hará.

COSTO PROMEDIO DE AVALUOS PARA ADQUIRIR DERECHOS DE VIA

INTRODUCCION

Los elementos que determinan el valor de las propiedades a expropiarse son muchos y variados, pues se basan en condiciones locales. Por ejemplo, intervienen el tamaño, la topografía, las posibilidades y facilidades de acceso, la distancia a los centros de abastecimiento, tipo de explotación, calidad del suelo, la concurrencia del público, la producción de la zona, etc.

Es difícil establecer a priori relaciones entre los anteriores elementos. Tras varios ensayos, sin embargo, se encontró que el valor promedio de las expropiaciones medidas por área unitaria es una función de la distancia aérea del proyecto a San José.

Los valores obtenidos en los distintos años fueron reducidos a colones de 1960 por medio de la correlación del costo de la vida en Costa Rica. Para proyectar los avalúos presentes a años futuros también se usó esta ecuación, asumiendo que el valor de los terrenos varía paralelamente con el índice del costo de la vida.

En el cálculo de la función no se incluyeron datos sobre propiedades donadas ni pago de bienes sobre las mismas.

El alcance de estos cálculos se limita únicamente a las zonas rurales y a proyectos de cinco kilómetros o más.

DESARROLLO.

El Cuadro 1-1 muestra los proyectos que se tomaron en cuenta para el cálculo de la función pertinente. Por ejemplo, de la Autopista " El Coco " se usaron 92 avalúos obteniendo un costo promedio por metro cuadrado de 8,02 colones. Similarmente, del proyecto de la " Carretera Interamericana " del tramo San Ramón-

Villa La Argentina, se seleccionaron 39 datos; del tramo San Isidro Platanares, 149, y del tramo Platanales Ballast-Pit- Panamá, cinco datos, obteniendo los valores respectivos de 1,96, 2,36, y 1,85 colones de 1960 (1)

Se construyó la disgresión en papel logarítmico entre las funciones interdependientes del valor de la expropiación y la distancia aérea a San José (Cuadro 1-1 y Gráfica 1-1)

CUADRO 1-1

No	PROYECTOS Nombre	Fecha	Cantidad de avalúos ana- lizados.	COSTO PROMEDIO POR M ²	
				1960	1965
I	San José El Coco	1960 1961	92	8.02	8.45
II	San Ramón Villa La Argentina	1951 1952	39	1.9	2.6
III	San Isidro Puntarenas	1957	149	2,36	2.48
IV	Platanares Ballast- Pit Panamá	1957	5	1.85	1.95

Tres de los cuatro valores coincidieron con una línea recta y sólo el valor correspondiente al tramo San Ramón- Villa La Argentina no cumplió con esta Ley al localizarse muy por debajo de la línea de regresión. Lo mismo sucedió con ese valor al ser establecido sobre papel semilogarítmico: los tres primeros puntos se localizaron cerca de una línea recta de regresión mientras que el último no cumplió con la regla. Esto se explica porque: primero, el número de datos que constituyen este punto era relativamente escaso en comparación con los otros.

(1) Los datos fueron tomados de avalúos en poder del Departamento de Reclamos, MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS.

Segundo, los avalúos tienen precios semejantes de lo que se infiere que los lugares por donde pasa el proyecto son semejantes en explotación, no siendo representativos para la generalización que se busca. Por lo tanto se desestima este valor.

Se asumió que el incremento del valor de adquisición de derecho de vía fuera igual al incremento del costo de la vida, cuya ecuación es :

$$I = 99.79 + 1.98 x$$

en donde :

I=Índice de costo de la vida

X=Número y años a partir de 1952.

Con esta fórmula se redujo todos los valores a colones de 1960 y luego a los de 1965, obteniendo sendas rectas sobre papel logarítmico que traducidas a correlaciones estimativas son respectivamente,

$$V = 17.2 D^{-4.15}$$

$$V = 18.1 D^{-4.15}$$

en donde

V = Valor promedio por metro cuadrado de terreno.

D = Distancia media aérea del proyecto a San José.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Como no se tomaron en cuenta las propiedades cedidas, por lo que es probable que el valor total estimado del avalúo sea mayor que el valor real a pagar.

Entre mayor sea la longitud del camino, la fórmula da resultados más confiables.

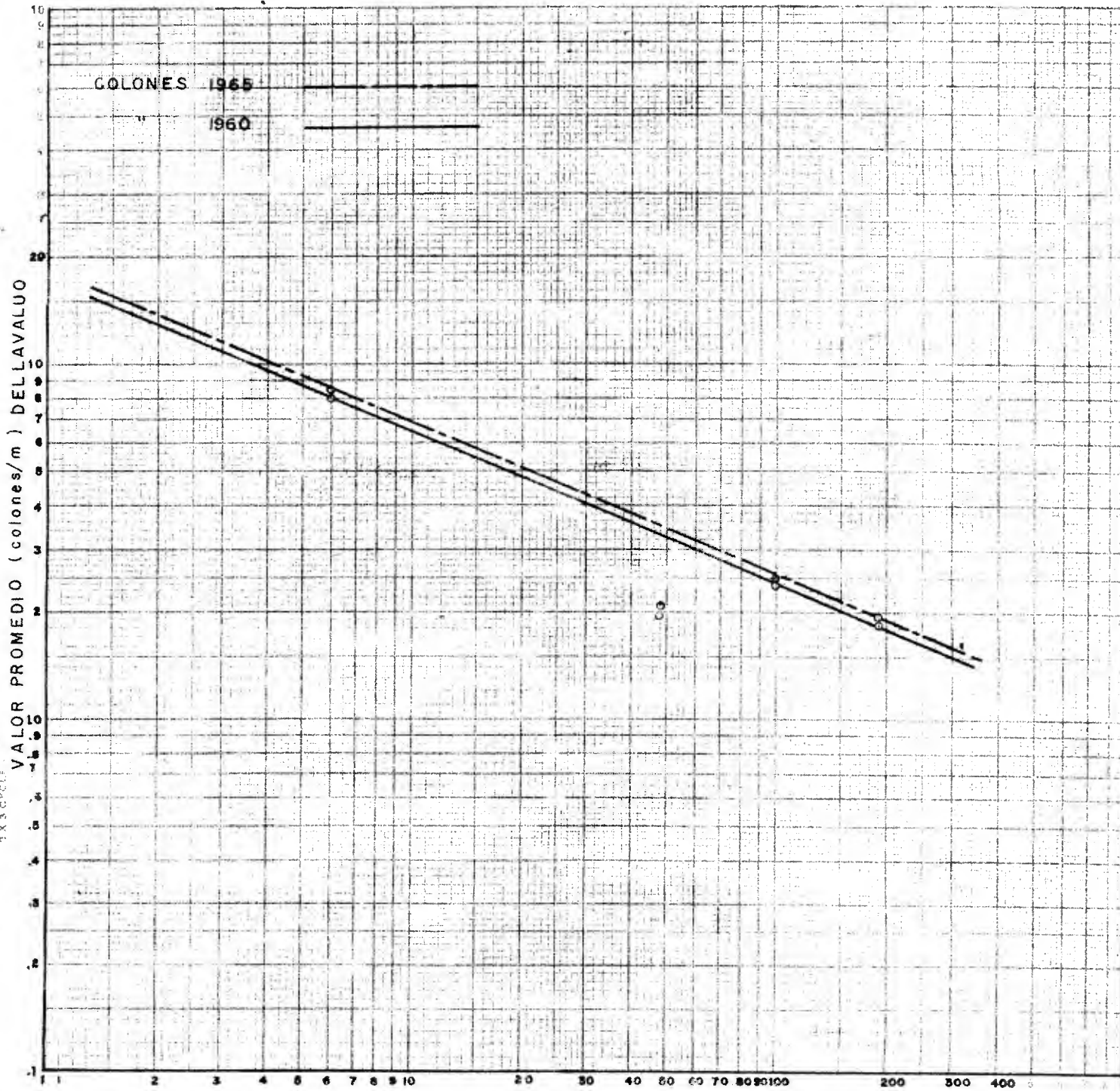
Esta fórmula no debe usarse para calcular avalúos en zonas urbanas y suburbanas.

Sin embargo, es aplicable a un camino de longitud considerable (5 Km o más) que pase por zonas sub-urbanas.

El Gráfico 1-1 proporciona el medio de estimar el avalúo promedio de cualquier proyecto, si se atiende a los alcances y limitaciones mencionados.

GRAFICA 1-1

CURVAS DE REGRESION DE LOS AVALUOS DE TERRENOS A EXPROPIARSE PARA DERECHOS DE VIA



DISTANCIA PROMEDIO AEREA DEL CAMINO DESDE SAN JOSE, EN KILOMETROS.

LOCARITIMICO
KENTZEL & ASSOCIATES
2 X 3 CYCLE

**IDEMNIZACION DE LA EDIFICACIONES LOCALIZADAS DENTRO DEL
DERECHO DE VIA**

El Cuadro 1- 2 muestra los valores promedios de las expropiaciones efectuadas en varios proyectos. Los valores estan en colones de 1960 y 1965.

Nótese que el valor promedio del proyecto San Isidro- Platanares es alto, lo que se debe a la inclusión de varios edificios de dos pisos entre los datos empleados.

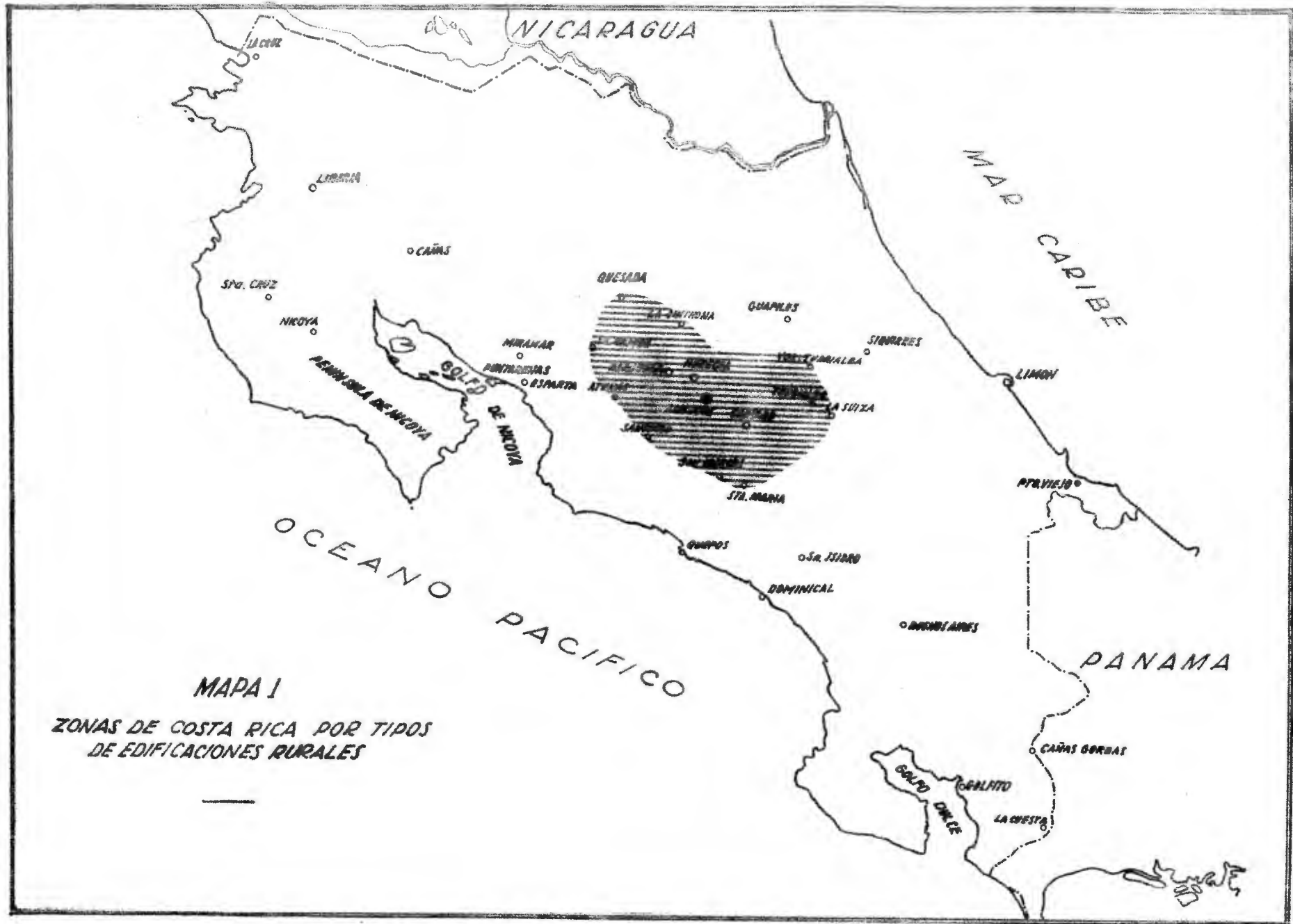
Los datos que corresponden al tramo Platanares-Ballast Pit-Panamá dan un valor promedio bajo, porque este proyecto atraviesa una región en que las edificaciones son ranchos pajizos, salvo algunas excepciones

CUADRO 1 - 2

DATOS EMPLEADOS Y COSTOS PROMEDIOS ESTIMADOS DEL PAGO DE LAS CONSTRUCCIONES EXPROPIADAS.

PROYECTOS		Fecha	Cantidad de avalúos empleados	Costo promedio de las construcciones. Colones	
Nº	Nombre			1960	1965
I	San José- El Coco	1960 1961	23	3820	4.040
II	San Ramón Villa Argentina.	1951 1952	8	3500	3.700
III	San Isidro Platanares	1957	28	4870	5.150
IV	Platanares Ballast-Pit - Panamá	1957	20	530	560

Para estudiar las edificaciones rurales del país se distinguieron dos regiones: una, central y otra, alejada. El Mapa 1- muestra la división ad hoc que se empleó, siendo las poblaciones límites, empezando del norte y siguiendo al sentido de las agujas del reloj: Ciudad Quesada, Vara Blanca, Santa Cruz de Turrialba, La Guiza, Tapantí, San Ignacio de Acosta, Santiago de Puriscal, Atenas, San Ramón.



MAPA I

ZONAS DE COSTA RICA POR TIPOS DE EDIFICACIONES RURALES

Se incluyeron los tramos San José-el Coco y San Ramón- Villa Argentina en la región central y los tramos San Isidro Platanares y Platanares Ballast-Pit- Panamá incluido en la región alejada. Promediando los valores correspondientes a cada región se obtuvieron los del Cuadro 1-3, los cuales pueden aplicarse para estimar los costos aproximados de las edificaciones que se ubican dentro del derecho de vía.

CUADRO 1 - 3

COSTOS PROMEDIOS ESTIMADOS, PARA EL PAGO DE LAS CONSTRUCCIONES EXPROPIADAS, SEGUN ZONAS.

ZONAS		Costo promedio del por Construcción en el año.	
Nº	Nombre	1960	1965
I	CENTRAL	3700	3870
II	ALEJADA	2700	2860

OTRO VALOR SERVICIO SANITARIO DE PCZC NEGRO \$ 75.00

ALCANCES Y LIMITACIONES

Para comprender los alcances y limitaciones se enumerarán los criterios selectivos de los datos.

1° Que no sean edificaciones lujosas, pues no es frecuente encontrar bienes de este tipo en la mayor parte de los Caminos Complementarios, Tampoco se tomaron en cuenta construcciones anexas de lujo, por ejemplo piscinas, etc.

2° Se incluyen comercios, en especial las abacerías

Se incluyen ranchos de distintos tipos, galerones y galeras.

II RECTIFICACION DE GRADIENTES A LAS RECOMENDABLES

Se persigue obtener un medio expedito de hallar la longitud de la superficie y el movimiento de tierra que será necesario restituir y mover, respectivamente, en caso de corregir una gradiente excesiva a la recomendable.

El Cuadro 2-1 muestra las gradientes recomendables en función del tipo del terreno y la clase requerida del camino.

Se asumió que no es muy probable hallar gradientes superiores al 20 % ,
Además,

CUADRO 2 - 1

TIPOS DE TERRENO	CLASES DE CAMINOS					
	A		B		C	
	Gr	Gt	Gr	Gt	Gr	Gt
PLANO	3	7	3	9	5	11
ONDULADO	5	9	5	11	7	13
QUEBRADO	7	11	7	13	9	15

el inventario de Caminos no registra gradientes inferiores al 5%. Por estas razones se hacen los cálculos para todas las gradientes entre 5 y 20 %

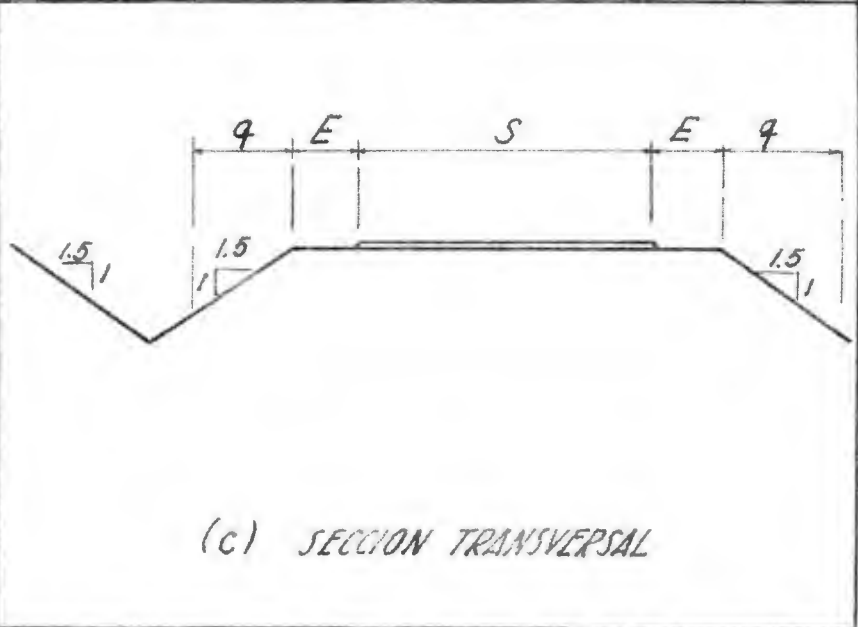
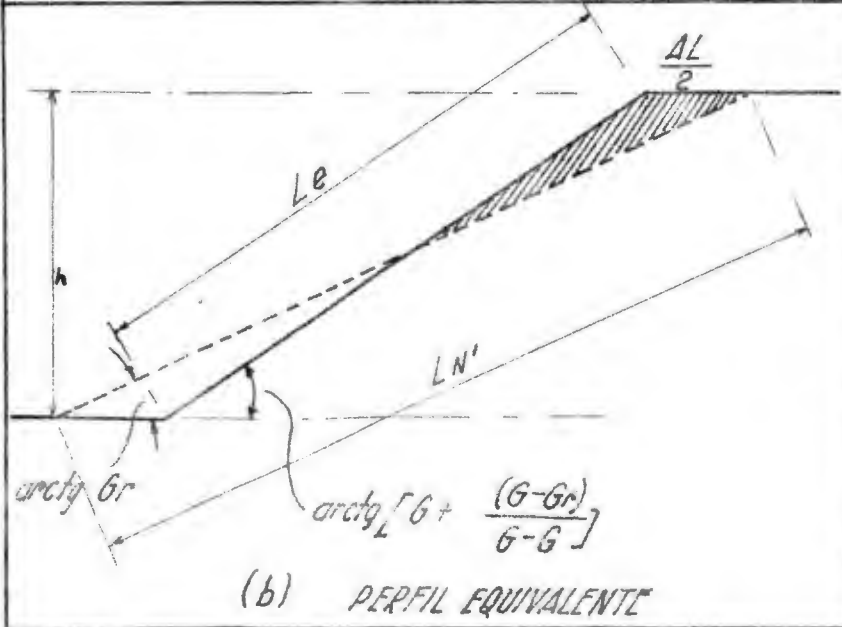
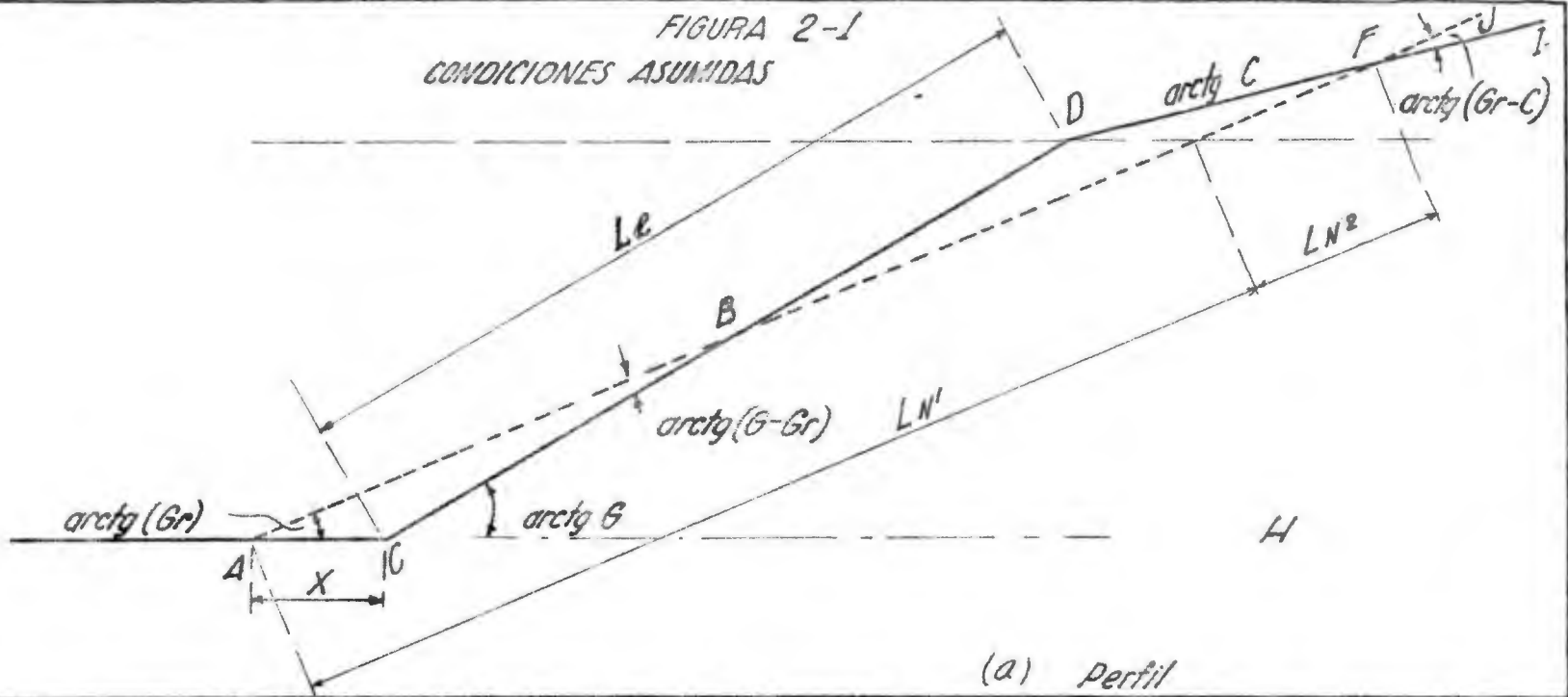
2.1 CALCULO DE LA LONGITUD DE LA SUPERFICIE DEL FIRME QUE SE AFECTA POR LA RECTIFICACION

Datos :

La gradiente existente o registrada (G) obtenida en el inventario de Caminos.

La gradiente recomendable (Gr) para los tipos de terrenos y clases de Caminos.

FIGURA 2-1
CONDICIONES ASUMIDAS



La Figura 2-1 muestra las condiciones asumidas.

El perfil empieza con una horizontal \overline{AC} y termina con una gradiente (C) lo suficientemente bajo para que no se registre en el inventario. Es decir una gradiente inferior al 5 %.

Para facilidad de cálculo, se asumen las pendientes G y C constituidas por las líneas rectas \overline{CD} y \overline{DF} .

Se traza la línea auxiliar \overline{AF} a la mitad de la recta \overline{DC} , por lo tanto $\overline{DB} = \overline{BC}$, formándose los triángulos ABC y BDF.

Se traza \overline{DE} paralelo a AC, se forman los triángulos BDE y DEF y se tienen triángulos BDE y $\overline{DE} = \overline{AC} = X$

La longitud de la gradiente registrada es $L_e = \overline{DC}$, la longitud nueva o rectificada, $L_n = \overline{AF}$.

Si las pendientes están medidas en porcentaje (%) las mediciones angulares correspondientes son: $\widehat{BAC} = \text{arc tang } \frac{G_R}{100}$; $\widehat{ABC} = \text{arc tan } \frac{(G - G_R)}{100}$; $\widehat{BCH} = \text{arc tan } \frac{G}{100}$; $\widehat{FJI} = \text{arc tan } \frac{(G - G_R)}{100}$, etc.

SOLUCION

En virtud del Teorema de los Senos -(a) de la Figura 2-1 - se tiene:

$$\frac{L_{N1}}{\text{Sen arc tag } G} = \frac{L_e}{\text{Sen arc tag } G_R}$$

De donde

$$L_{N1} = L_e \times \frac{\text{Sen arc tag } G}{\text{Sen arc tag } G_R} \quad (1)$$

También

$$\frac{X}{\text{Sen arc tag } (G - G_R)} = \frac{L_e}{2 \times \text{Sen arc tag } G_R}$$

de donde

$$X = \frac{L_e \times \text{Sen arc tag } (G - G_R)}{2 \times \text{Sen arc tag } G_R} \quad (2)$$

Del Δ DEF:

$$\frac{L_{N2}}{\text{Sen arc tag } C} = \frac{X}{\text{Sen arc tag } (G - C)}$$

$$L_{N2} = \frac{X \times \text{Sen arc tag } C}{\text{Sen arc tag } (G - C)}$$

Sustituyendo el valor de X de la ecuación (2)

$$L_{N2} = \frac{L_e \times \text{Sen arc tag } (G - G_R)}{2 \times \text{Sen arc tag } G_R} \times \frac{\text{Sen arc tag } C}{\text{Sen arc tag } (G - C)} \quad (3)$$

Sumando (2) y (3):

$$L_N = \frac{L_e \times \text{Sen arc tag } G}{\text{Sen arc tag } G_R} + \frac{L_e \times \text{Sen arc tag } (G - G_R) \times \text{Sen arc tag } C}{2 \times \text{Sen arc tag } G_R \times \text{Sen arc tag } (G - C)}$$

Sacando factor común:

$$L_N = \frac{L_e}{\text{Sen arc tag } G_R} \times \left[\text{Sen arc tag } G + \frac{\text{Sen arc tag } C \times \text{Sen arc tag } (G - G_R)}{\text{Sen arc tag } (G - C)} \right]$$

Por ser las gradientes relativamente pequeñas, se permite hacer la aproximación:

Sen \simeq Tag \simeq arc tag, luego:

$$L_N = \frac{L_e}{G_R} \times \left[G + \frac{C \times (G - G_R)}{(G - C)} \right] \quad (4)$$

Se deduce que la longitud a rectificar L_B es una función de la rectificada L_N . O sea,

en donde $L_N = L_e \times \Omega$

$$\Omega = \frac{1}{G_R} \times \left[G + \frac{C \times (G - G_R)}{G - C} \right] \quad (5)$$

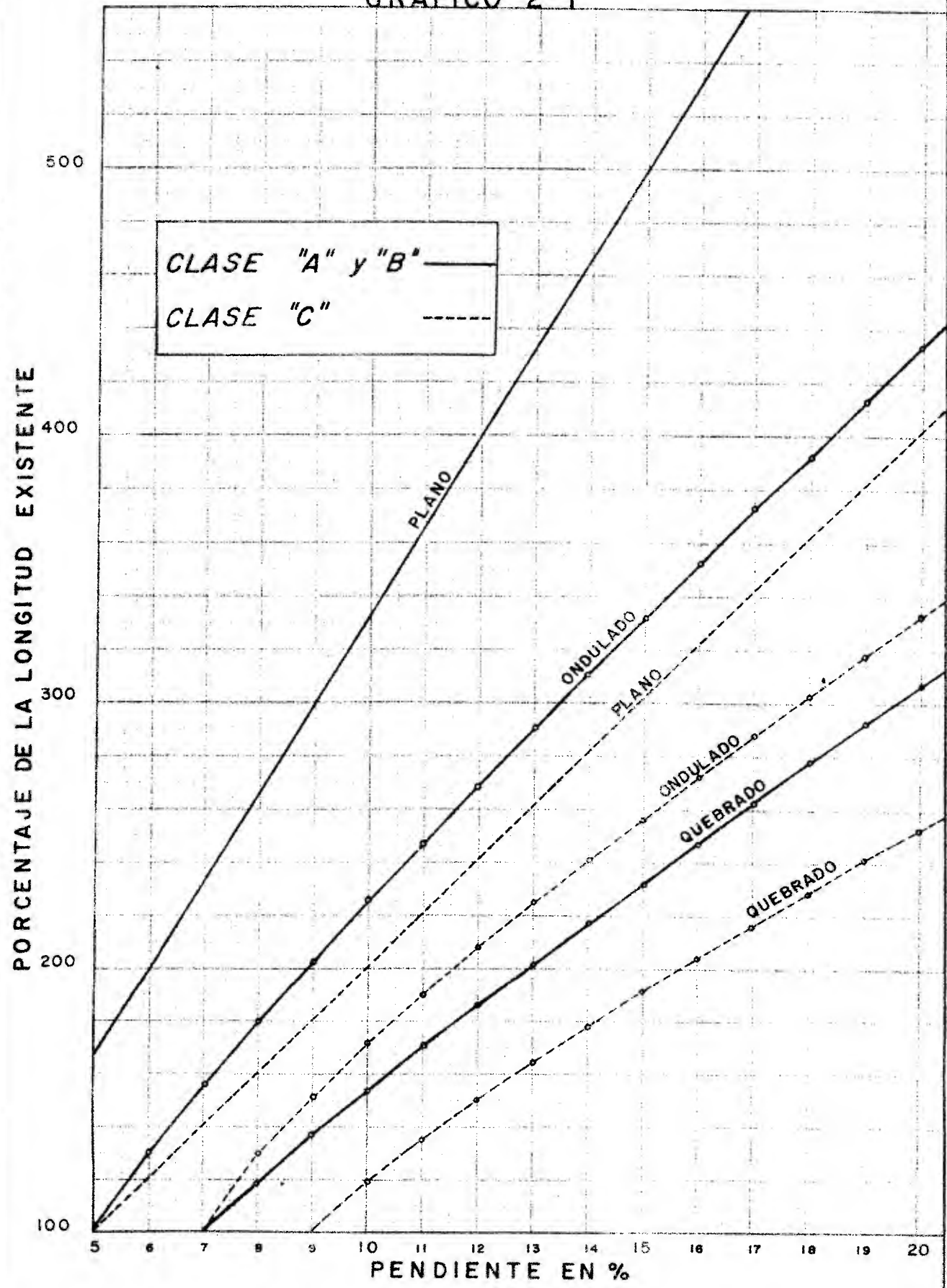
En el Cuadro 2-2 se tabulan los valores de Ω para diversas condiciones: tipos de terreno (plano, ondulado y quebrado) y clá*

CUADRO 2-2

LOS VALORES DE SEGUN LA ECUACION No 5.

Gradiente Registrada	VALORES DE					
	TIPOS DE TERRENOS					
	PLANO		ONDULADO		MONTAÑOSO O QUEBRADO.	
	Clases de Caminos		Clases de Caminos		Clases de Caminos	
G	A y B	C	A y B	C	A y B	C
5	1.67	1.00	1.00	1.00	-	-
6	2.00	1.20	1.00	1.30	-	-
7	2.33	1.40	1.00	1.56	1.00	-
8	2.67	1.60	1.19	1.80	1.29	-
9	3.00	1.80	1.37	2.03	1.52	1.00
10	3.33	2.00	1.54	2.25	1.71	1.19
11	3.67	2.20	1.70	2.47	1.90	1.35
12	4.00	2.40	1.86	2.68	2.07	1.50
13	4.33	2.60	2.01	2.90	2.24	1.64
14	4.67	2.80	2.17	3.10	2.40	1.78
15	5.00	3.00	2.32	3.31	2.56	1.91
16	5.33	3.20	2.47	3.51	2.71	2.04
17	5.67	3.40	2.62	3.72	2.87	2.16
18	6.00	3.60	2.77	3.93	3.02	2.29
19	6.33	3.80	2.92	4.13	3.17	2.41
20	6.67	4.00	3.06	4.33	3.32	2.53

LONGITUD ESTIMADA DE LA PENDIENTE RECTIFICADA
 EN PORCENTAJE DE LA PENDIENTE EXISTENTE
 GRAFICO 2-1



ses de caminos (Cuadro 3-1, Primera Harte).

El Gráfico 2-1 muestra los mismos valores, los cuales están en porcentaje de la longitud de la superficie existente. Por lo tanto, PARA HALLAR LA LONGITUD NUEVA L_N SE MULTIPLICAN LOS VALORES DEL GRAFICO POR LA CENTESIMA PARTE DE LA LONGITUD EXISTENTE (2). ASI:

$$L_N = \frac{L_e}{100} \times \Omega$$

2.2 CALCULO DEL VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRA

A EFECTUAR EN LA RECTIFICACION DE LA GRADIENTES

La ecuación (4) se puede escribir:

$$L_N = L_e \times \frac{G + K}{G_R}$$

en la que se halla L_N mediante la proporción $\frac{G + K}{G_R}$, lo cual equivale a asumir el perfil (b) de la Figura 2-1, donde la gradiente existente es (G + K), en lugar de G y las gradientes anteriores y posteriores a la misma son nulas.

El volumen a remover es el de corte, indicado en (b) de la Figura 2-1 por la zona oscura. El área longitudinal es:

$$A = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta L}{2} \times \frac{\Delta h}{2} \quad (6)$$

Pero,

$$\frac{\Delta L}{2} = \frac{L_N}{2} - \frac{L_e}{2} = \frac{L_e \times (g + K)}{2 \times G_R} - \frac{L_e}{2}$$

$$\frac{\Delta L}{2} = \frac{L_e}{2} \times \frac{G + K}{G_R} - 1 \quad (7)$$

$$\frac{\Delta h}{2} = \frac{L}{2} \times \text{Sen arc tag } G_R \approx \frac{L_N \times G_R}{2}$$

$$\frac{\Delta h}{2} = \frac{L_N}{2} \times G_R \quad (8)$$

(2) Para obtener los valores se asumieron gradientes (C) de: cero, dos y cuatro para terrenos plano, ondulado y quebrado, respectivamente.

Sustituyendo las ecuaciones (7) y (8) en (6):

$$A = \frac{1}{2} \times \frac{L_e}{2} \times \frac{(G + K - G_R)}{G_R} \times \frac{L_e \times (G + K)}{2}$$

$$A = \frac{L_e^2 \times (G + K)}{8 \times G_R} \times (G + K - G_R) \quad (9)$$

Se asume la sección transversal (c) de la Fig. 2-1, donde E corresponde al ancho de un espaldón; q, la proyección horizontal removido. Conocida la inclinación del talud, el ancho promedio de "q" es:

$$q = 1.5 \times \frac{A}{L_N / 2}$$

El volumen de puede hallarse:

$$V = A \times (q + 2 \times E + S)$$

La suma de los espaldones (2 x E) y el ancho de la superficie (S) es una constante en virtud de las Normas de Diseño de Sección Transversal, Cuadro 3-1. La constante se representa con "Q"

Luego

$$V = A \times \left[3 \times \frac{A}{L_N} + Q \right] \quad (10)$$

Se sustituyen los valores de las ecuaciones (4) y (5) en la (10):

$$V = \frac{L_e^2}{8 \times G_R} \times (G + K) \times (G + K - G_R) \times \left[\frac{3 \times L_e \times (G + K) \times (G + K - G_R)}{8 \times G_R \times L_e \times \frac{(G + K)}{G_R}} + Q \right]$$

$$V = \frac{L_e^2 \times (G + K) \times (G + K - G_R)}{8 \times G_R} \times \left[\frac{3}{8} \times L_e \times (G + K - G_R) + Q \right]$$

$$V = L_e^3 \times 3/64 \times (G + K - G_R)^2 \times \frac{G + K}{G_R} +$$

$$L_e^2 \times Q/8 \times (G + K - G_R) \times \frac{(G + K^R)}{G_R}$$

Finalmente, la ecuación puede escribirse:

$$V = \frac{L_e^3}{10.000} \times \left[3/64 \times (G + K - G_R)^2 \times \frac{(G + K)}{G_R} \right] +$$

$$\frac{L_e^2}{100} \times \left[Q/8 \times (G + K - G_R) \times \frac{(G + K)}{G_R} \right] \quad (11)$$

Las gradientes están en porcentajes.

Sean:

$$\alpha = \left[3/64 \times (G + K - G_R)^2 \times \frac{(G + K)}{G_R} \right] \quad y$$

$$\beta = \left[Q/8 \times (G + K - G_R) \times \frac{(G + K)}{G_R} \right]$$

Los Cuadros 2-3, 2-4 y 2-5 tabulan los valores de α y β para caminos localizados en terrenos planos, ondulados y quebrados. Los Gráficos 2-2, 2-3 y 2-4 representan los mismos valores de los cuadros anteriores.

CUADRO 2-3

LOS VALORES DE α Y β DE LA ECUACION PARA TERRENO PLANO.

Gradientes Registradas	α		β		
	Clases de Camino		Clases de Camino		
	A y B	C	A	B	C
G					
5	.313	-	2.92	2.50	-
6	.844	.06	5.24	4.49	.75
7	1.750	.26	8.16	6.99	1.75
8	3.130	.68	11.67	10.00	3.00
9	5.070	1.85	15.75	13.50	4.50
10	7.65	2.34	20.38	17.47	6.26
11	11.02	3.71	25.69	22.02	8.25
12	15.20	5.51	31.48	26.98	10.51
13	20.31	7.80	37.89	32.47	13.00
14	26.50	10.64	44.93	38.50	15.74
15	33.77	14.07	52.50	44.99	18.75
16	42.25	18.16	60.60	51.93	21.98
17	52.12	22.96	69.40	59.53	25.50
18	63.31	28.53	78.72	67.46	29.23
19	76.00	34.93	88.62	75.95	33.25
20	90.41	42.21	99.18	85.00	37.48

CUADRO 2-4

LOS VALORES DE α Y β DE LA ECUACION PARA TERRENO ONDULADO

Gradientes Registradas	α		β		
	Clases de Camino		Clases de Camino		
	A y B	C	A	B	C
5	-	-	-	-	-
6	.137	-	1.70	1.46	-
7	.573	-	3.82	3.27	-
8	1.35	.10	6.30	5.40	.99
9	2.51	.43	9.14	7.83	2.24
10	4.12	1.02	12.31	10.55	3.60
11	6.22	1.91	15.83	13.57	5.20
12	8.86	3.14	19.70	16.88	6.97
13	12.17	4.74	24.01	20.58	8.90
14	16.02	6.79	28.50	24.42	11.09
15	20.66	9.26	33.43	28.65	13.39
16	25.99	12.26	38.72	33.18	15.88
17	32.25	15.77	44.27	37.94	18.55
18	39.43	19.90	50.20	43.02	21.44
19	47.43	24.58	56.54	48.46	24.47
20	56.40	29.91	63.17	54.14	27.63

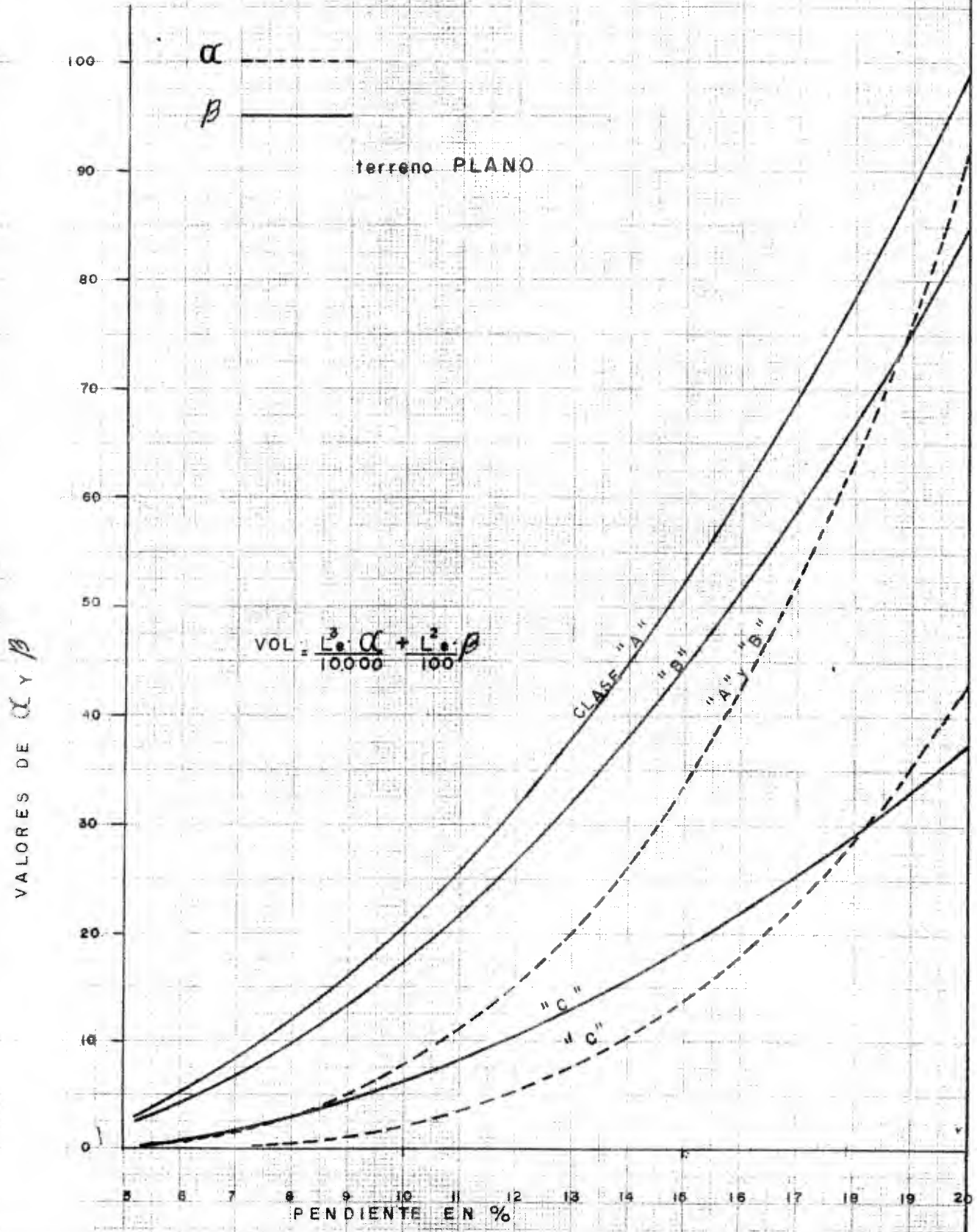
CUADRO 2-5

LCS VALORES DE A Y B DE LA ECUACION PARA TERRENO QUEBRADO

Gradientes Registradas	α		B		
	Clases de Camino		Clases de Camino		
	A y B	C	A	B	C
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-
8	.24'	-	2.26	1.94	-
9	.92'	-	4.76	4.08	-
10	2.00	.15	7.49	6.42	1.24
11	3.43	.62	10.45	8.96	2.65
12	5.46	1.42	13.58	11.64	4.21
13	7.89	2.57	17.00	14.57	5.92
14	10.80	4.09	20.57	17.63	7.78
15	14.28	5.99	24.45	20.95	9.76
16	18.29	8.32	28.45	24.38	11.89
17	23.02	11.08	32.86	28.16	14.13
18	28.30	14.38	37.36	32.02	16.56
19	34.33	18.14	42.16	36.13	19.09
20	41.09	22.43	47.21	40.46	21.73

GRAFICA 2-2

COEFICIENTES PARA HALLAR EL VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRA EN RECTIFICACION DE GRADIENTES



GRAFICA 2-3

COEFICIENTES PARA HALLAR EL VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRA EN RECTIFICACION DE GRADIENTES

VALORES DE α y β

50
40
30
20
5
0

α - - - - -
 β - - - - -

terreno ONDULADO

$$VOL = \frac{L^2 \cdot \alpha}{10000} + \frac{L^2 \cdot \beta}{100}$$

CLASE "A"

"B"

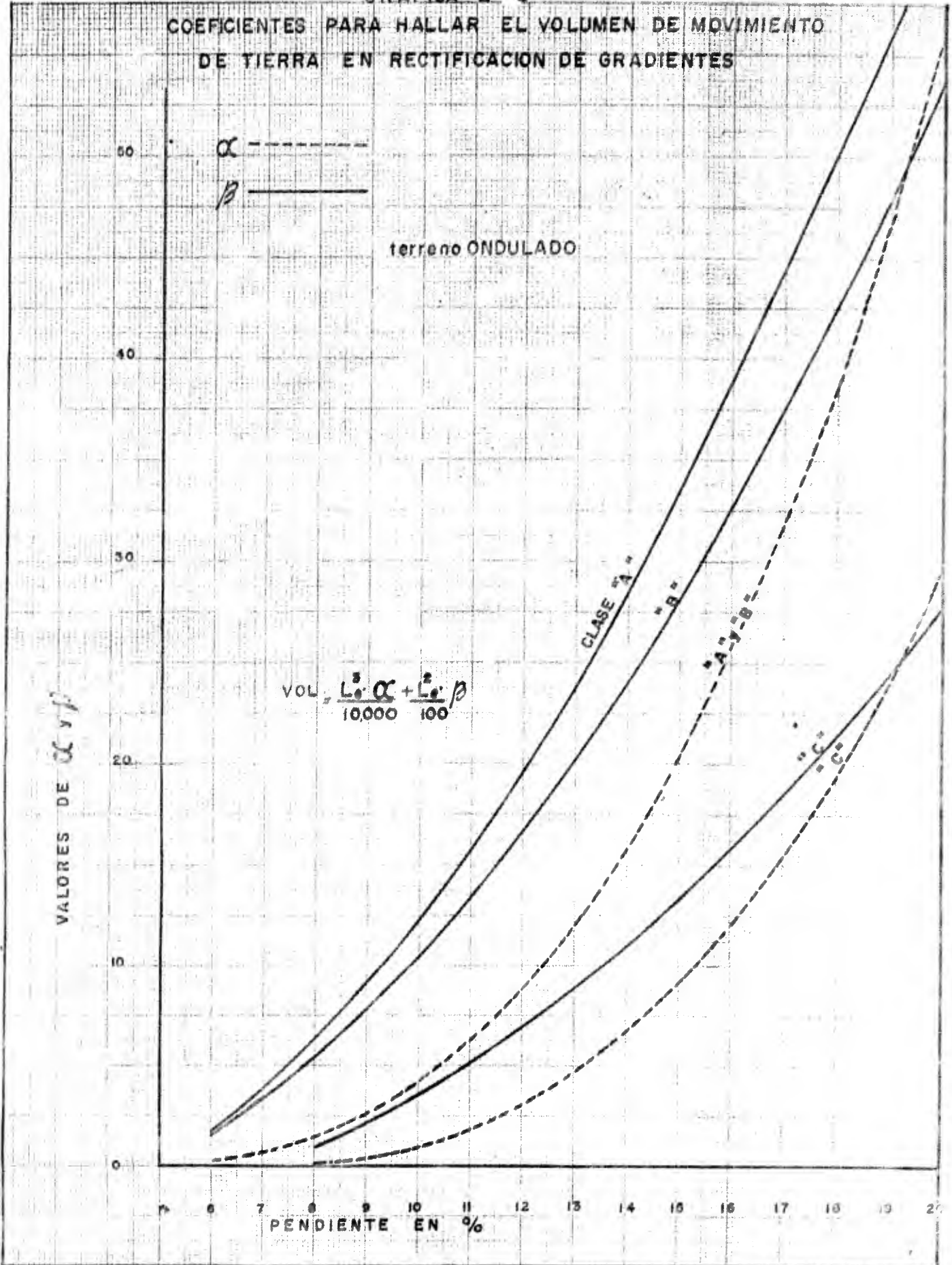
"A" y "B"

"C"

"C"

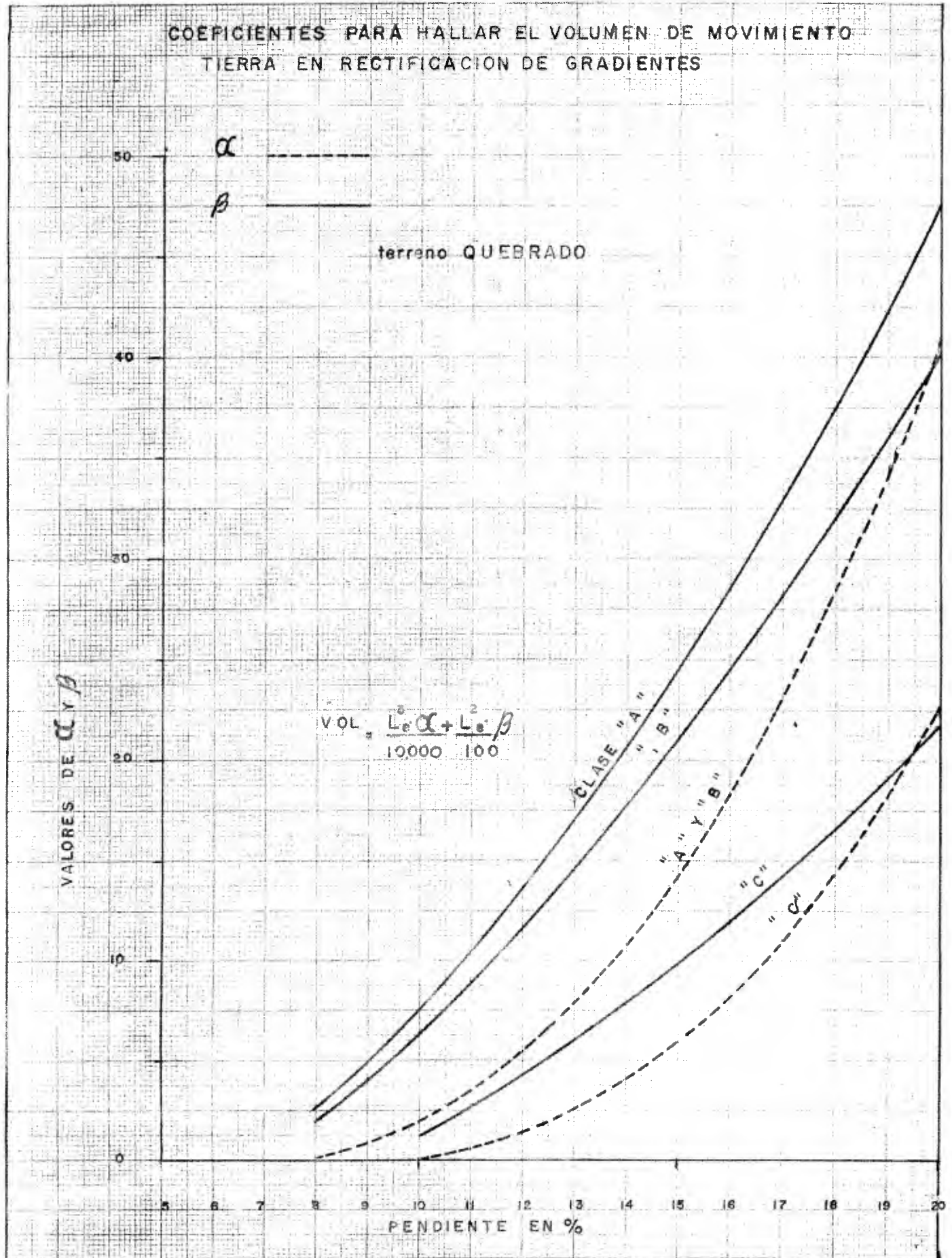
6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

PENDIENTE EN %



GRAFICA 2-4

COEFICIENTES PARA HALLAR EL VOLUMEN DE MOVIMIENTO
TIERRA EN RECTIFICACION DE GRADIENTES



LISTA DE ANEXOS

I	Definición y Clasificación de los Caminos Complementarios.	63
II	Algunos Aspectos sobre Caminos Complementarios.	64
III	Zonificación del País en Regiones Agrícolas para Fines de Estudios de Tránsito.	66
IV	Asunciones sobre los Recuentos de Tránsito para Procesarlos.	68
V	Corrección de las Curvas Características.	69
VI	Normas de Capacidad de Tránsito para el Diseño de la Sección Transversal de los Caminos Complementarios.	72

ANEXO I

DEFINICION Y CLASIFICACION DE LOS CAMINOS COMPLEMENTARIOS

DEFINICION

Los Caminos Complementarios, uno de los tres tipos de caminos en Costa Rica, siendo los otros las Carreteras Nacionales y las Rutas Nacionales, son vías permanentemente transitables destinadas a complementar y /o alimentar la red general.

Dentro de la organización actual del Ministerio de Obras Públicas, la Sección de Caminos Vecinales estudia los Caminos Complementarios y el Departamento de Planeamiento, los otros.

CLASIFICACION

Los caminos son, según su función:

- a. DE PENETRACION : los destinados a habilitar regiones nuevas.
- b. VECINALES , que comunican poblaciones rurales con la red principal.
- c. TRIBUTARICS, que alimentan a la red principal.
- d. SUBURBANOS , los situados alrededor de las poblaciones y en cuyas inmediaciones la concentración de habitantes es de importancia.
- e. DE ENLACE que comunican dos rutas importantes.

Es frecuente que un camino tenga más de una de las características anteriores.

ANEXO II

ALGUNOS ASPECTOS SOBRE CAMINOS COMPLEMENTARIOS

- a. El fin primordial de los caminos complementarios es proveer el medio de transporte utilizable en invierno y verano. Por motivos de economía en el costo de construcción, se sacrifican la comodidad y otros aspectos que no influyen en la seguridad de la operación. Se hará también limitación a la velocidad de los vehículos.
- b. Los beneficios económicos obtenidos en las vías complementarias son indirectos. Es decir, que los beneficios se miden por el desarrollo agropecuario y social que causan en sus zonas de influencia, del servicio tributario que prestan a las vías más intensamente transitadas; y no del transporte en sí mismo. Por lo tanto es difícil evaluar sus beneficios económicos.
- c. Las características de tránsito de los caminos complementarios y en especial de los caminos vecinales, son reflejos de las actividades locales. Razonando de este modo, se infiere que el volumen o intensidad de tránsito depende de la cantidad de las cosechas y de las actividades económicas y sociales de los habitantes de la región.

Las variaciones diarias de la intensidad de tránsito durante el año, son funciones dependientes de la secuencia en que ocurren los fenómenos anteriores, puesto que en los días de cosecha se espera una mayor intensidad de tránsito que en otros días laborables. Además se ha observado que la intensidad de tránsito en los días feriados y domingos es mayor que en los días laborables, la sucesión de estos fenómenos registrarán una cierta variación, de la cual es posible hallar la tendencia de variación anual. (1)

(1) Como ejemplo, vea los gráficos 5 al 20 en " Características de Tránsito en el Area

La proporción de los tipos (pesados y livianos) en el tránsito promedio diario depende de las actividades específicas a que se dedican los usuarios. Por ejemplo, un camino destinado al turismo muestra un alto porcentaje de vehículos livianos y se ha de esperar que su ocurrencia sea mayor en los días no hábiles y dentro de éstos, los de temporadas de verano. En tanto que un camino destinado a la explotación de una región minera, registra un alto porcentaje de vehículos pesados con sus mayores intensidades de circulación en los días laborables. Los caminos complementarios de Costa Rica, generalmente se dedican a fines agropecuarios y presentan un porcentaje intermedio entre los dos extremos citados.

CONCLUSION :

- 1 El tránsito equivalente es un reflejo del TIPO E INTENSIDAD DE EXPLOTACION DE LA REGION A QUE SIRVE LA VIA.
- 2 En los Caminos Complementarios prevalece en tránsito generado sobre el de paso.

Llámase tránsito generado el originado dentro del tramo en cuestión; el de paso, que emplea la vía como el medio de llegar a un lugar de destino, habiendo partido de otro, no comprendidos ambos dentro del camino que se analiza.

Inversamente, en las Carreteras Nacionales se nota un predominio absoluto de los vehículos que pasan sobre los que se generan. El caso extremo lo constituyen las autopistas de acceso limitado.

Generalmente la intensidad de tránsito es baja en los caminos estudiados aquí.

ANEXO III

ZONIFICACION DEL PAIS EN REGIONES AGRICOLAS PARA FINES DE ESTUDIOS DE TRANSITO.

Para determinar el producto o los productos predominantes en la zona, se usan los distritos como segmentos censales, calculando el porcentaje de peso de los productos vendidos.

Las normas clasificatorias son :

- a.) El predominio absoluto se le asigna al producto que tiene 50 % ó más de la producción agropecuaria del distrito.
- b.) El predominio conjunto de dos productos, si ambos tienen individualmente más de 20 % y en suma 55 % o más de la producción agropecuaria.
- c.) El predominio de un producto y unido a una producción diversificada: cuando aquél posee un porcentaje de la producción entre 35 y 50 % y los otros productos menos de 20 %.
- d. Producción completamente diversificada, ocurre cuando ningún producto llega a los porcentajes mencionados.

Lo anterior se expresa algebraicamente :

$A \geq 50 \%$, predominio absoluto de un producto

$A \geq 20 \%$, $B \geq 20 \%$ y $(A + B) \geq 55 \%$ predominio conjunto de dos productos.

$50 > A \geq 35 \%$ $B < 20 \%$, predominio de un producto unido a una producción diversificada.

$A < 20 \%$ producción diversificada, en donde A es el porcentaje de peso mayor de cualquier producto con respecto a la producción total en un distrito.

B es el segundo porcentaje de peso más alto de un producto con respecto a la producción total en un distrito.

Los resultados que se obtienen son :

En el país nueve producciones (café, caña, banano, leche, cereales, ganado, cacao, otros cultivos menores como platano y papas y producción diversificada)

Como se puede inferir de las normas, aparecieron distritos con combinaciones de dos cualesquiera de los productos mencionados.

ANEXO IV

ASUNCIONES SOBRE LOS RECIENTOS DE TRANSITO PARA PROCESARLOS

Se asume:

- a) Que los conteos de los días laborables inciso (a) sean representativos para la quincena.
- b) Que la relación de tránsito entre los conteos de 16 horas y de 24 horas de los días al año en que se efectúan recuentos especiales (artículo 1 , inciso b) es igual en los días laborables que en los no laborables.
- c) Que el conteo de los dos días no laborables (inciso c) es el promedio de todos los días no laborables del año.

ANEXO V
CORRECCIONES DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS

Sea el Gráfico A-V-1- una curva característica cuyos factores extremos discrepan, y se desean ajustar, igualándolos.

Se traza la recta 0- 0' uniendo los dos factores extremos discrepados.

Por el centro E de la recta 0 0' se traza una horizontal (M- M') los puntos OEM y 0'EM' forman dos triángulos iguales, cuyos lados OM y 0'M' son iguales a la mitad de la diferencia entre los factores extremos $(F_1 - F_{26}) = F$.

Ambos triángulos son los valores de corrección de los factores de la curva. Así :

- 1) Igualan los dos extremos, resultando los dos valores ajustados con los valores $M = M'$
- 2) Ajustan los valores intermedios con correcciones directamente proporcionales a su cercanía a los extremos.

La pendiente de 0 0' es $\frac{F_0 - F_{26}}{26} = \frac{OM}{13} = \frac{OM'}{13}$

Para el primer término con subíndice 0, la corrección es:

$-\frac{OM'}{13} \times 13 = OM'$ que es la corrección del término extremo.

El segundo es :

$NP = -\frac{OM}{13} \times 12$

el diecisieteavo ,

$RS = \frac{OM \times 3}{13}$

de donde se reduce que la corrección de cualquier término (i) es .

$(i = \frac{OM}{13} \times (i - 13)$

Los nuevos valores de los factores serán :

$F_i = F'_i + C_i$

$$F_i = F'_i + \frac{OM}{13} (i - 13) = \frac{F_0 - F_{26}}{2} \times \frac{1}{13} (i - 13)$$

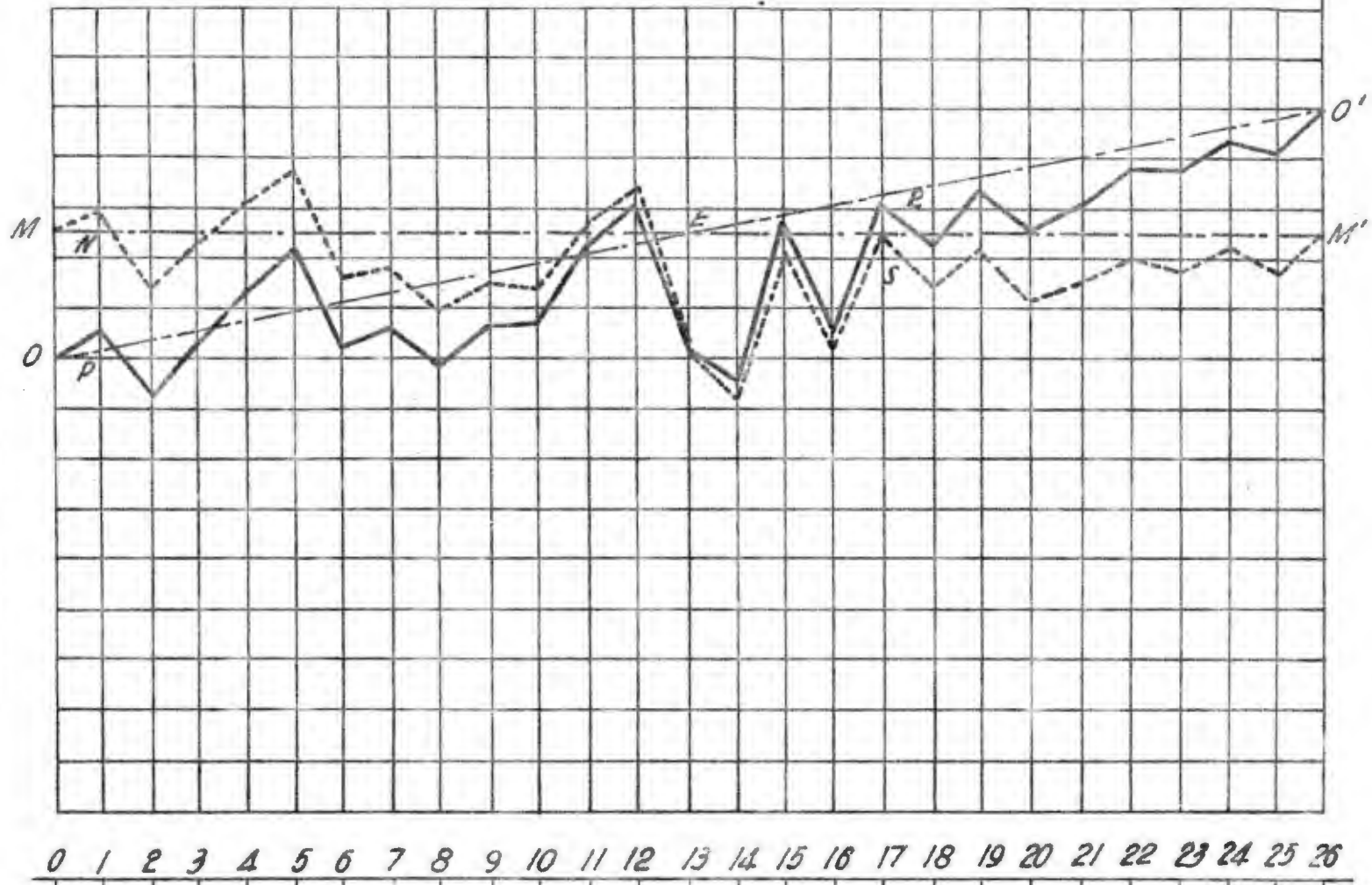
$$F_i = F'_i + \frac{(F_0 - F_{26})}{2} (i - 13)$$

La corrección se hace gráficamente en el ejemplo mostrado en el Gráfico

A - V - 1 - .

Gráfico A-V-1

FACTORES DE CONVERSION "F"



0 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

$OM = O'M' = \Delta F$

LAS QUINCENAS DEL AÑO

Ejemplo de corrección de las curvas características

- Curva Original (F')
- - - " Corregida (F' + C = F)

ANEXO VI

NORMAS DE CAPACIDAD DE TRANSITO PARA EL DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA RED DE CAMINOS COMPLEMENTARIOS.

Para establecer las normas del Cuadro 3-1 , pag26 se adoptaron condiciones geométricas e intensidades de tránsito arbitrarias, las cuales, tras haber sido sometidas a prueba, fueron aceptadas.

La prueba consiste en el análisis que se hace a continuación. Se escogieron algunas Rutas Regionales y Carreteras Nacionales, que por el servicio que prestan tienen características de Caminos Complementarios.

Por dos razones se usaron muestras de aquélla y no de estos : Las Rutas Regionales y las Carreteras Nacionales tienen mayores intensidades de tránsito y se contaba con recuentos de tránsito en las mismas.

El Cuadro A - VI- 1 sintetiza los datos empleados en el análisis al mostrar: los tramos, su localización, el ancho del firme, el T. P. D. E., la capacidad y clase del camino según el ancho del firme, la posición de la sección (B), (D) y (S), es decir si sus condiciones geométricas están por debajo, dentro de o por encima de los requisitos de las normas propuestas.

La posición de la sección se determina por las relaciones A y B.

Siendo A la relación del T. P. D. E. que pasa por la Sección y T. P. D. E. máximo que permite (permisible), según las normas propuestas.

$$A = \frac{T. P. D. E.}{T. P. D. E. \text{ pmx}}$$

y B; la relación del T. P. D. E. que pasa por la Sección y el T. P. D. E. mínimo permisible según las normas propuestas.

$$B = \frac{T. P. D. E.}{T. P. D. E. \text{ p. mn.}}$$

CUADRO A-VI-1

MUESTRA SUCINTA DE LOS DATOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO DE
SECCIONES TRANSVERSALES

RUTA.	TRAMO	ESTACION DE TRANSITO		T. P. D. E.	SEGUN NORMAS		POSICION RELATIVA	VALOR DE A
		LUGAR	KM		T. P. D. E. p	CLASE Y TIPO		
13	RUTA 1 S. PEDRO PCAS GRECIA	PUENTE R. POAS	6.9	304	1000 - 501	A-2	S	.30
		PUENTE R. PRENDAS.	10.8	210	1000 - 501	A-2	S	.21
		ENTRADA A GRECIA.	21.6	700	50 - 26	C-1	B	14.00
15	S. JUAN -C. QUESADA	S. JUAN DE NARANJO	1.8	700	250 - 151	A-4	B	2.80
		PUENTE R. TAPEZCO	25.5	386	250 - 151	A-4	B	1.54
		PUENTE R. PEJE	41.0	720	250 - 151	A-4	B	2.88
105	ESCAZU - STA ANA	ENTRADA STA ANA	3.3	212	250 - 151	A-4	D	.85
106	RUTA - BARRIAL	SALIDA RUTA 1	0	640	250 - 151	A-4	B	2.56
		—	3.6	370	150 - 51	B-2	B	2.46
112	HEREDIA - SAN ISIDRO	SALIDA HEREDIA	0.4	290	150 - 51	A-5	B	1.93
		SAN FCO- S. ISIDRO	5.0	340	250 - 151	A-4	B	1.36
		ENTRADA -S. ISID.	7.3	185	150 - 51	A-5	B	1.23
	S. ISIDRO - S. RAFAEL	SALIDA S. ISIDRO	8.7	81	50 - 26	C-1	D	.62

CONSTRUCCION DE LA OJIVA

El cuadro A- VI- 2 muestra el número de las secciones transversales estudiadas que quedaron comprendidos dentro de cada clasificación de valor de A . (columnas 2 y 1 , respectivamente) . La columna 3 muestra en la primera parte el número total de las secciones con valores menores que el de A de cada clase. En su parte inferior, el número de las secciones cuyos valores de A son mayores que el indicado. La columna cuarta expresa los valores de la tercera en porcentajes respecto al número total de las secciones.

El gráfico A- VI.-1 representa la cuarta columna.

La intersección E de las dos curvas (la de valores iguales o mayores que A y la de valores menores que A), indica que menos del 50 % de éstas, tienen un valor igual o mayor de 1.5 y la otra mitad tiene valores menores de 1.5 veces. Si se permite la expresión, se puede decir que las normas están 50 % por encima de las condiciones existentes de los caminos rurales investigados.

Tanto el gráfico como el cuadro evidencian la superioridad de las normas adoptadas sobre las secciones estudiadas.

ANALISIS SEGUN LA POSICION RELATIVA DE LAS SECCIONES CON RESPECTO AL VALOR CRITICO.

Este análisis investiga los caminos según la situación relativa respecto a las normas propuestas, sitúa las secciones en tres status : si están por encima, dentro de o por debajo de las normas mencionadas.

Se dice que una sección es superior a los requisitos de las normas, si su T. P. D. E. registrado es menor que el permisible por la sección.

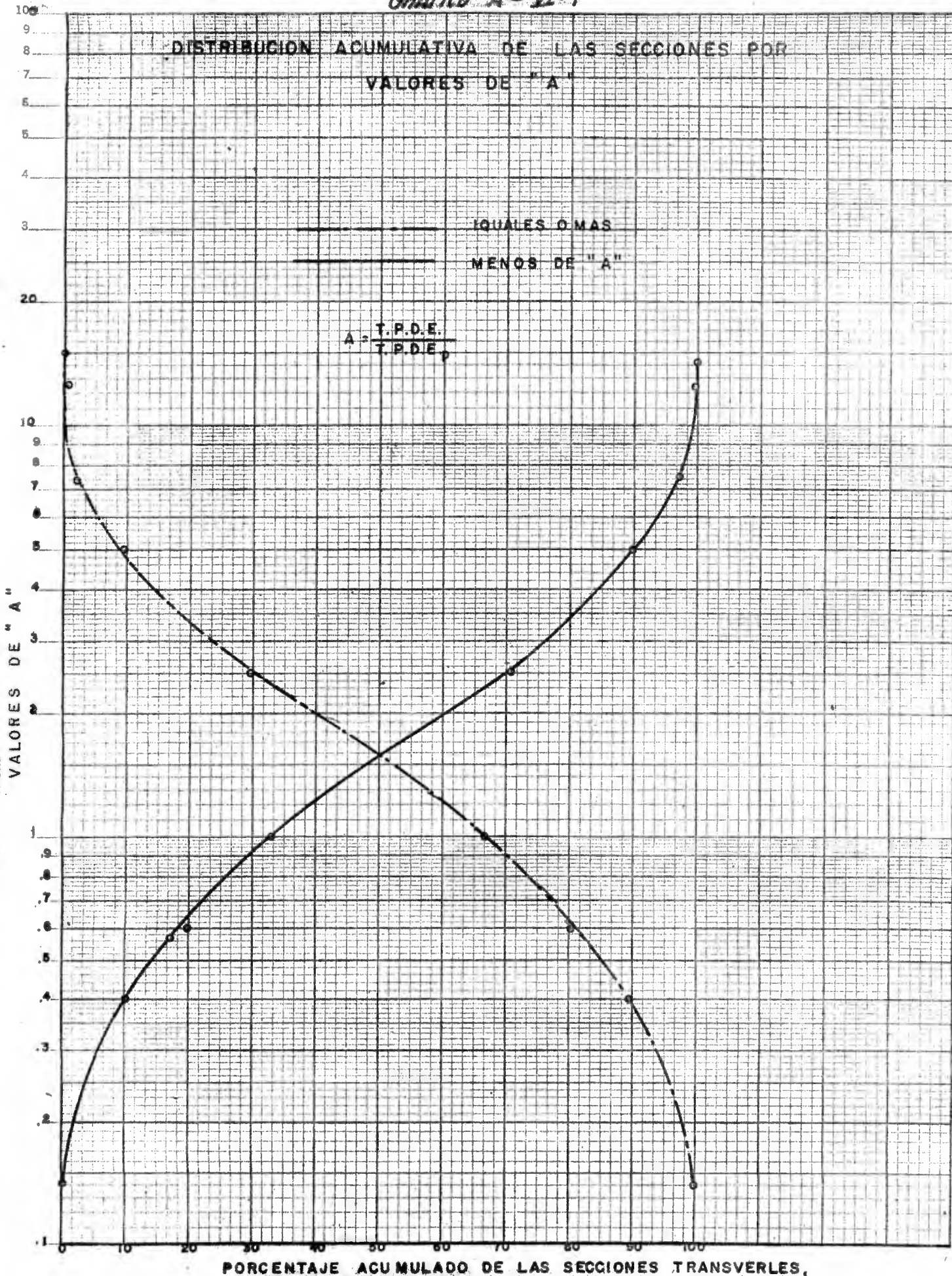
Dentro , si su T. P. D. E. registrado cae dentro de los máximo y mínimo permisibles.

CUADRO A - VI - 2

DISTRIBUCION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES, SEGUN SU SERVICIO PRESTADO AL TRANSITO (VALOR DE A)

Grupos de valores de " A "	NUMERO DE SECCIONES EN LOS GRUPOS		
	Dentro	Acumulativos al nivel del grupo	
		Absoluto	Porcentaje.
Menos de 0.14	0	0	0
0.14 pero Menos de 0.40	8	8	10.25
0.40 " " " 0.60	8	16	20.50
0.60 " " " 1.00	10	26	33.33
1.00 " " " 2.50	29	55	71.1
2.50 " " " 5.00	15	70	89.9
5.00 " " " 7.50	6	76	97.5
7.50 " " " 12.50	1	77	98.8
12.50 " " " 15.00	1	78	100.00
0.14 o Más		78	100.0
0.40 " "		70	89.8
0.60 " "		62	79.5
1.00 " "		52	66.6
2.50 " "		23	29.5
5.00 " "		8	10.25
7.50 " "		2	2.57
12.50 " "		1	1.28

DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE LAS SECCIONES POR VALORES DE "A"



KEUFFEL & ESSER CO. MODEL 2-1-A
 3 CYCLES X 80 DIVISIONS
 SEMI-LOGARITHMIC 309-72

Debajo, si su T. P. D. E. es mayor que el mínimo permisible.

LAS SECCIONES QUE QUEDARON LOCALIZADAS POR DEBAJO
DE LOS REQUISITOS DE LAS NORMAS :

Las constituyen las secciones cuyos valores de A son iguales o mayores que la unidad. O sea :

$$A = \frac{T.P.D.E.}{T.P.D.E. p} \geq 1$$

Sssenta y seis por ciento de las secciones quedaron aquí incluidas. La primera columna del cuadro A- VI - 2 indica el desvió de algunas secciones de la unidad.

Los caminos de lastre son muy propensos a clasificarse aquí, pues por la poca resistencia a la abrasión que ofrece su firme y al inconveniente que causa el levantamiento de polvo al paso de los vehfculos en las estaciones se cas, se les ha asignado T. P. D. E. p. bajos.

CAMINOS LOCALIZADOS DENTRO DE LOS REQUISITOS DE LAS
NORMAS PROPUESTAS.

Una minoría de las secciones, representada por un 14 % comprende este te grupo, el cual se determina por los valores de A y B :

$$A \leq 1 < B$$

LAS SECCIONES QUE QUEDARON LOCALIZADAS POR ENCIMA
DE LOS REQUISITOS DE LAS NORMAS PROPUESTAS.

Las condiciones necesarias para clasificar aquí es que A \geq 1 y B \geq 1 . Aproximadamente 22 % de las Secciones tienen condiciones geométricas superiores a las normas de las cuales un 65 % constituyen secciones terminales de la red de caminos y no están en pleno uso, o sea , la zona no tiene el desarrollo suficiente para causar una demanda considerable de tránsito.

COMENTARIOS FINALES

El hecho de que no se haya observado congestión grave al tránsito, a pesar de que las condiciones geométricas de las secciones sean inferiores a las normas propuestas puede fundamentarse la pregunta de , ¿Cuál es la razón de proponer normas superiores a las condiciones existentes ? . Se explica por las evidentes necesidades de :

- a. Ofrecer mayor comodidad de operación a los vehículos, ya que los caminos actuales son angostos y a menudo los usuarios tienen que maniobrar con suma pericia para librar los vehículos.
- b. Proveer mayor seguridad de operación a los usuarios (mayor ancho de la vía, espaldones , etc.)
- c. Aumentar el tamaño actual de las vías porque en el presente está adoptado a la dimensión promedio de vehículos pesados, que es inferior al de los países desarrollados y productores de ellos.

Además, se ha notado una tendencia en el aumento del tamaño de los vehículos pesados que se están introduciendo en el país.

Otra duda posible, que le puede surgir al lector, es la razón de la posición de las normas propuestas, es decir en qué se basa para saber si están a un nivel alto, conveniente, o bajo.

Las normas propuestas no son bajas , porque: La ojiva en la página señala y de los comentarios se dedujo, que las normas están por encima de la condición existente en las Rutas Regionales estudiadas, y éstas deben tener normas superiores al de los caminos complementarios, pues por sus funciones se espera una mayor intensidad de tránsito.

Son similares a las normas tolerables establecidas por el Bureau of Public Roads para carreteras de primer orden.

Las normas propuestas no son altas, porque :

Son inferiores a las normas del Bureau of Public Roads para el Diseño de Secciones Transversales de Nuevas Carreteras, sumado a la condición precaria imperante en algunos caminos.

Están al nivel de las normas tolerables del Bureau of Public Roads. ,

No se toman en cuenta otras condiciones geométricas que el ancho del firme.

FE DE ERRATAS

Página	Reiglón	Donde dice	Leáse
13	20	Ancho	ancho
13	20	alcantarilla	alcantarillas
14	21	que le son	que le son ajenas
16	10	difinidos	definidos
17	último	ongitud	longitud
18	2	" q "	" Q "
18	8	lineal	total
19	11 y 19	A_r	A_f
19	24	centro de la vfa.	centro de la vía,
21	26	Comentarios su- cintos...	Comentarios Su- cintos...
23	6	cociente de inciso(b)	cociente del inciso (b)
23	13	T. P. D. —————	T. P. D. = —————
24	17	.. Planeamiento adop- taron	.. Planeamiento se adoptaron
25	4	obteniendose	obteniéndose
25	18	proyectarlo a un año	proyectarlo al año...
25	último	explación	explanación
32	5	... ellos los del ca- mino	ellos, los del camino.
34	14	ecuaciones (17), (18) y(19)	ecuaciones (18) y(19)
35	último	caminos de de k	caminos de K.
46	3	incluído	incluidos

Página	Reglón	Donde dice	Leáse
47	8	Además,	Además,
53	último	respectivame	respectivamente
68	6	efectúan	efectúan
72	11	intensidad, de	intensidad de
74	11	otra, mitad	otra mitad
78	20	La ojiva	la ojiva