

CARRETERAS

Asociación Argentina de Carreteras
Año XIX/Nº 71/Julio-Setiembre 1974

**5 DE
OCTUBRE
DIA DEL
CAMINO**

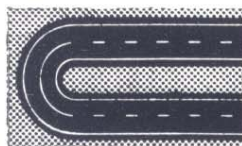


Prohibido detenerse

Cleanosol, empresa netamente argentina, nunca se detiene, porque las ciudades, caminos, aeropuertos e industrias del país necesitan de su tarea: demarcar y señalizar para dar seguridad y lograr orden.

Es una tarea apasionante, porque preocuparse por la seguridad vial, es preocuparse por la vida y los bienes de millones de argentinos.

Cleanosol avanza con el país!



**CLEANOSOL
ARGENTINA**
s.a.i.c.f.i.

Empresa Integral de Señalización Vial

Av. Córdoba 937 - 6º piso - Tel.: 392-2707/7834/25 - Bs. As.



**PARA LAS RUTAS
ARGENTINAS**

MEJORADOR DE ADHERENCIA PARA ASFALTO

**ADITIVO AMINICO
ADROG**

EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS CON

**EMULSIVO
ADROG-E**

REPRESENTANTE EXCLUSIVO

ADRO-QUIMICA S.A.



PARANA 768 8° p.

Tel. 44-0108/1278

BUENOS AIRES

FABRICANTE:

DROGACO INDUSTRIA QUIMICA S.A.

Dr. IGNACIO ARIETA 3922/44 - Tel. 651-0790/0229

SAN JUSTO - F.C.D.F.S. (Prov. Bs. As.)

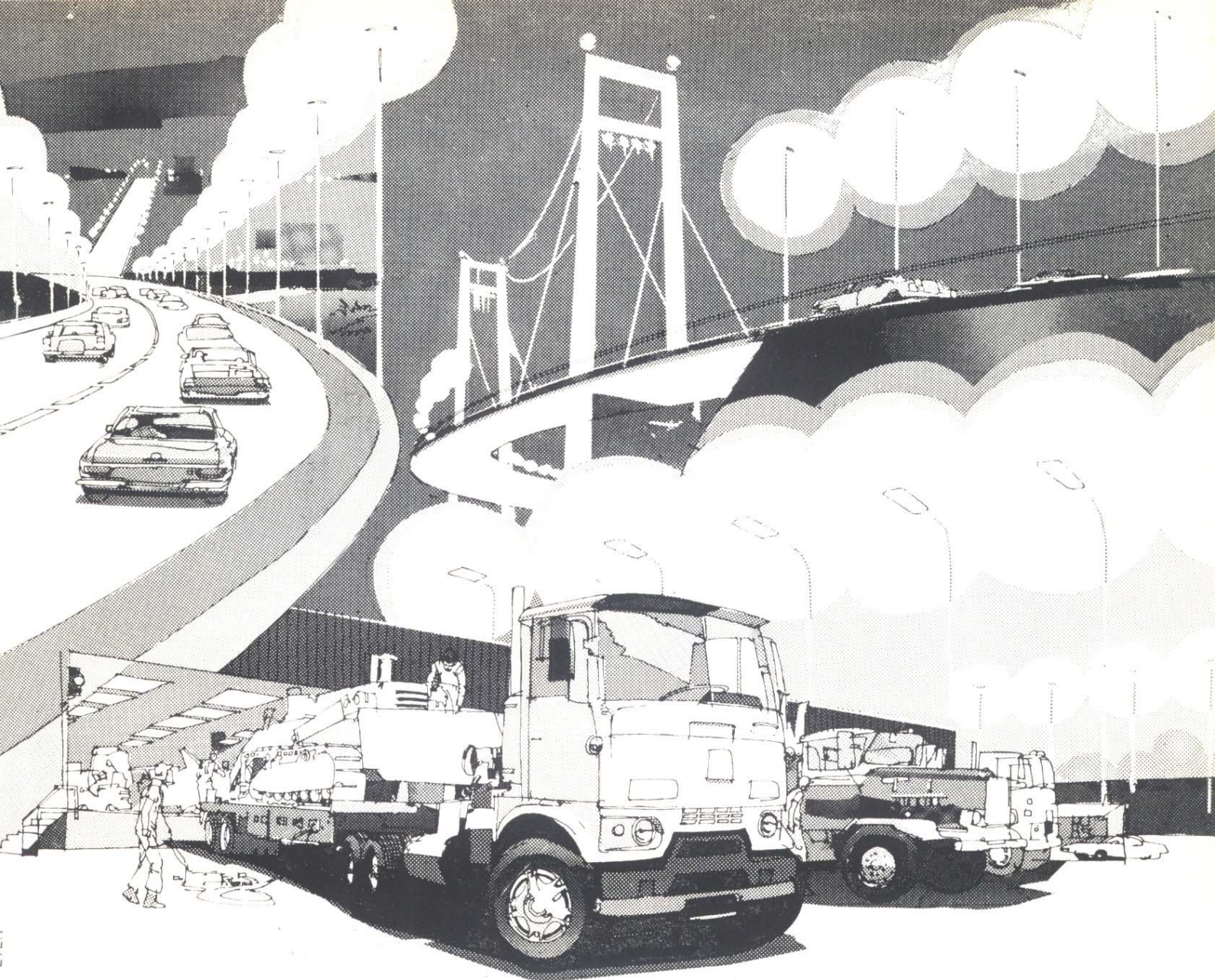


¡TAN SIMPLE COMO UN CORCHO!...

Con este corcho Usted puede impedir la evaporación de 1 litro de solvente.

Usando emulsiones asfálticas en lugar de diluidos, Usted le ahorra al País la evaporación anual de 50.000.000 de litros de solvente.





Lámparas Sox Philips, mayor iluminación, menor consumo.

Mejor para su seguridad.

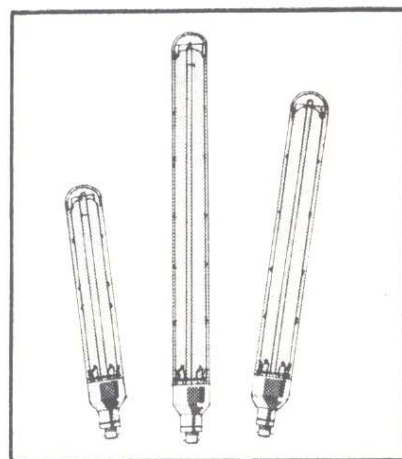
Carreteras, puentes, canales, pasos a nivel, áreas de maniobra, muelles, diques y tantos, tantos lugares donde se debe ver con precisión, sin riesgos, sin peligros.

Ahi, donde la luz debe ser seguridad, hay una lámpara Sox de Philips.

Con las lámparas Sox, la tecnología de avanzada Philips logró una iluminación mejor y más segura con menor consumo de energía eléctrica. Porque las lámparas Sox, a descarga en sodio, son las más eficientes entre todas las que existen.

Porque por su coloración favorecen notablemente el contraste permitiendo al destacar forma de fondo, una visión perfecta.

Porque tienen una larga y segura vida útil. Lámparas Sox, eficacia y economía en iluminación. Otra solución que Philips brinda mejor para usted. Y para el país.

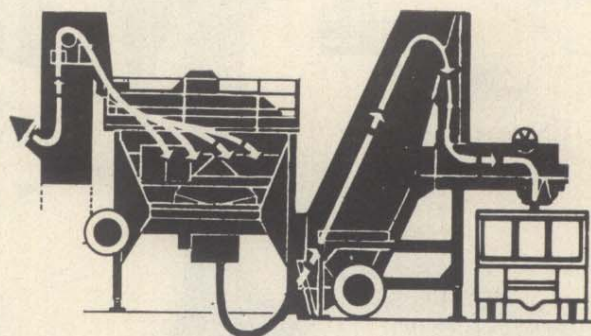


PHILIPS

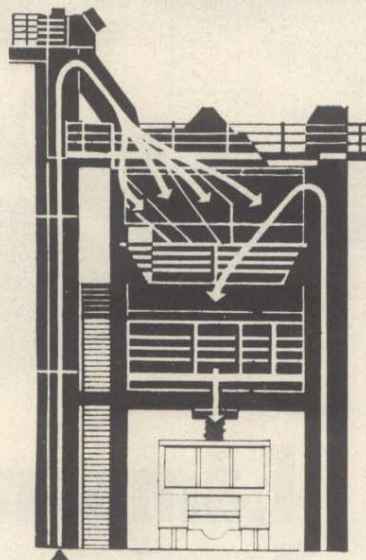
UNICAMENTE **Barber-Greene** LE DA LA OPORTUNIDAD DE ELEGIR



EQUIPO BASE: predosificador, elevador de agregados fríos, secador y colector de polvos



SISTEMA CONTINUO: elevador de agregados calientes, unidad clasificadora y mezcladora.



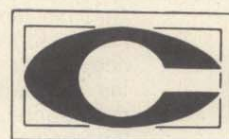
SISTEMA POR PESADA: elevador de agregados calientes, torre de clasificación y mezclado.

FABRICADAS EN INGLATERRA POR BARBER GREENE ENGLAND LTD. • EN BRASIL POR BARBER GREENE DO BRASIL

PLANTAS CONTINUAS O POR PESADA: fijas, portátiles, manuales, semi o completamente automáticas.

COVEMA ADEMAS LE BRINDA

ASESORAMIENTO TECNICO INTEGRAL PRE-VENTA, POR NUESTROS INGENIEROS.
ASISTENCIA TECNICA POST-VENTA. PERMANENTE STOCK DE REPUESTOS Y SERVICE



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

Covema

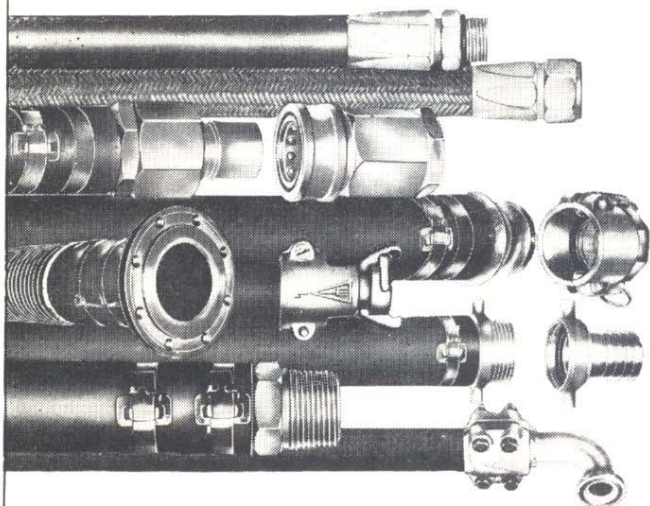
Av. Belgrano 634 - 5° Piso - TEL. 30-7814/18 - BUENOS AIRES - TELEX: 122543 AR COVEM
SERVICE Y REP.: Chubut 1318 - TEL. 28-4396/1540 21-2731 - PLANTA IND. AV. SENGÜEL 835 - GONZALEZ CATÁN
SUCURSALES: MENDOZA: Beltrán 16 - TEL. 50210 - TUCUMAN; Ayacucho 407 - TEL. 22143

FLOTA SERVICE A TODO EL PAIS

5 de Octubre: Día del Camino

BERNET propaganda

MANGUERAS TERMINALES ACOPLES RAPIDOS



Para sistemas hidráulicos y neumáticos de maquinarias viales, tracto-agricolas, auto-elevadores, camiones volcadores, moto-compresores, y maquinarias industriales.

INDUSTRIAS MONTEFIORE S.A.I.C.



Distribuidores exclusivos de:
Acoples rápidos "Comel."
O-Rings Parker.
Adhesivos y trabas químicas "Loctite."

INDUSTRIA ARGENTINA

Av. BELGRANO 427/41 BUENOS AIRES 33-0878 30-7456 34-9560
33-2251 34-6854 34-7971 34-9362 34-9617 34-9948
ESTACIONAMIENTO GRATUITO EN Av. BELGRANO 463
SUC. CUYO GODOY CRUZ 52 - TEL. 258388
SAN JOSE DE GUAYMALLEN - MZA.

**la mayor capacidad
de garantías**



**también opera en
garantías aduaneras**

**ASEGURADORES
DE CAUCIONES**

DIRECTORIO: Presidente, Agustín de Vedia (h) - Vicepresidente, Jorge O. J. Guevara Zaefferer
Director Secretario, Horacio R. Bach - Directores: Albino C. Ertola, Antonio P. Lomónaco, Lorenzo
Lucena Maguire - Síndico Titular, Raúl de Zuviría Zavaleta - Síndico Suplente, Mario A. Carregal

PARAGUAY 580 - Teléfono 32-5321/22/23 y 32-5266 - Cables: Suscriptores - BUENOS AIRES

EDITORIAL

HORA DE BALANCE

El 5 de octubre, "Día del Camión", la más significativa celebración de la vialidad argentina, se ha convertido ya tradicionalmente en la fecha de cierre de ejercicios de nuestro calendario vial constituyéndose de tal suerte en HORA DE BALANCE. Al intentar la formulación del que corresponde al período de los últimos doce meses transcurridos, corresponde pasar revista a los hechos más salientes que se registran; evaluarlos, tratar de desentrañar sus causas y consecuencias y, en fin, concretar metas de futuro.

El tema que nos ocupa habrá de penetrarse bajo dos aspectos. En primer lugar desde el punto de vista del contexto —que conforman factores externos e internos— dentro del cual debe desenvolverse la actividad vial, y en segundo término a través de la revista de los hechos concretos, específicamente viales, que jalonan el cuadro de las realizaciones camineras.

Con relación al contexto cabe consignar sus componentes externos e internos. El mundo virtualmente se comprime día a día; la interdependencia de los pueblos acrece de continuo; el fantasma de la reducción de los recursos sigue agobiando a la humanidad; las demandas de materias primas y alimentos presionan cada vez a favor de la gran expansión poblacional y de apetencias cada vez mayores del hombre. La Argentina con sus inmensas posibilidades —en gran medida aún contenidas— puede y debe concurrir a ese tremendo esfuerzo mundial de incrementar riquezas desarrollando a pleno sus potencias. Y ese verdadero desafío al desarrollo económico demanda, como uno de sus apoyos fundamentales, la organización de un adecuado sistema de transportes dentro del cual el carretero —cuya infraestructura la constituye el camino— tiene una parte sustancial que asumir. Así lo reconoce el Plan Trienal de Gobierno cuando pone énfasis en el papel que, a los fines de las metas que se propone, corresponde a la obra caminera.

Otro factor del contexto que proyecta consecuencias sobre el desarrollo vial —más propiamente sobre el transporte— es la aguda crisis energética que afronta el mundo, y no podemos omitir tampoco que, al influjo de las graves perturbaciones que en los ámbitos urbanos crea el automotor, se haya generalizado una cierta tendencia —particularmente arraigada en nuestro medio— a resistir la obra caminera extendiendo a la Argentina rural, en confundida apreciación, las justificadas preocupaciones que deben recaer sobre los ámbitos urbanos. Sobre estos aspectos ya hemos tomado una clara posición, que hoy reafirmamos: Toda formulación de políticas reguladoras de consumos de combustibles deberá dar prioridad absoluta a los requerimientos de nuestro país rural del mismo modo que a las actividades económicas en general y a los transportes públicos que, inclusive, deben ser mejorados. La circulación urbana puede y debe ser contenida no sólo por razones de ordenamiento sino porque existe allí, a nuestro juicio, un exceso de consumo.

Concretando entonces: la Argentina requiere más y más caminos para liberar todas sus posibilidades potenciales. Asumiendo el caso de situaciones extremas —caminos secundarios y terciarios— podríamos decir que, en los sectores que ellos sirven, se plantea un dilema de hierro: se transporta por caminos o no hay solución posible.

Con relación ahora a los hechos concretos registrados últimamente en el campo específico del camino, la Asociación ha practicado un exhaustivo estudio e informe de la situación actual, que se hará público, ahondando sus causas y consecuencias. Podemos decir, como síntesis del mismo, que los últimos tiempos marcan la culminación de una de las crisis más serias que han afectado a la obra vial argentina. Con el acopio de datos referidos a la obra en la Red Nacional —que por ausencia de los correspondientes a las redes provinciales, se consideran suficientemente representativos de cuanto ocurre entre nosotros— hemos puntualizado los requerimientos mínimos del país en materia de caminos, destacando al mismo tiempo la gran distancia a que nos hallamos de tales metas. Hemos puesto

SUMARIO

	Pág.
EDITORIAL: HORA DE BALANCE	7
SELECCION DE LA PENDIENTE MAXIMA DE DISEÑO EN CAMINOS DE MONTAÑA	
Por el Ing. Manuel A. Solanet	8
DETERMINACION DEL AÑO OPTIMO DE CONSTRUCCION DE UNA MEJORA VIAL	
Por el Ing. Juan Pablo Martínez	12
TUNELES — CRITERIOS GEOLOGICOS	
Por el Dr. Jorge J. C. Colombo	20
INFORMACIONES DE VIALIDAD NACIONAL	22 y 23
REFUERZO DE PAVIMENTOS DE HORMIGON	
Por el Ing. Alfredo Marini	30
EL CALCULO DE REPLANTEO DE DISTRIBUIDORES DE TRANSITO RESUELTO MEDIANTE LA APLICACION DE CALCULADORAS AUTOMATICAS PROGRAMABLES	
Por el Arq. Roberto C. Marengo y el Sr. Eduardo L. de la Barra	36

de relieve asimismo que la situación con que nos encontramos no es sino la culminación de un proceso lamentablemente crónico, en su etapa más deprimida, que con excesiva frecuencia se reitera a través de períodos ascendentes y descendentes de la actividad vial. La causa que genera todo esto es la ausencia de una verdadera planificación vial originada en la quiebra del régimen económico-financiero oportunamente establecido por la ley 11.658. Es de tal suerte como nuestro desarrollo vial registra reiterada formulación o reajuste de planes; extrema variabilidad en los procesos licitatorios de obras tanto en cantidades como en montos —con casos límites de paralización total—; irregularidad en el régimen financiero con demoras en los pagos y acumulación de grandes sumas adeudadas; atrasos en la ejecución de las obras, etc.

Todo ello se traduce, naturalmente, en grandes perjuicios para el país. Se crean problemas al complejo de gran envergadura constituido por actividades en que se sustenta la realización vial (industriales, técnicas, laborales, administrativas, etc.); se cae en equipamientos ociosos o sobredimensionados particularmente en el área de importación con el correspondiente sacrificio de divisas; se llega a la desactualización de las fórmulas de reconocimiento de variaciones de costos en particular por la dilación en los plazos de ejecución de las obras; se incurre en diferimientos en la habilitación de los caminos, con grandes perjuicios económicos para el país no sólo por pérdida de intereses durante el período de construcción, sino de beneficios directos por parte de los usuarios (ahorros en los costos de transporte), del mismo modo que de los beneficios indirectos inducidos por la obra, etc.

El último período transcurrido al que pueden aplicarse las precedentes consideraciones no ha sido, en suma, fructífero en realizaciones camineras. Cabe no obstante reconocer que 1974 marca una tendencia de franca reacción para revertir la situación de crisis a que fue llevada la vialidad del país. Confiamos en que esa tendencia se afirme y se acentúe para asegurar al país una red caminera eficiente al servicio de su progreso desde que hoy, más que nunca, sigue en pie con toda vigencia el reclamo de que la Argentina necesita contar con

"MAS Y MEJORES CAMINOS"

Selección de la Pendiente Máxima de Diseño en Caminos de Montaña

Por el Ing. Manuel A. Solanet *

El valor de la pendiente máxima de diseño constituye uno de los parámetros fundamentales en el proyecto de caminos de montaña. Cuando el cociente entre el desnivel a salvar entre dos puntos, y su distancia horizontal en línea recta supera al valor de dicha pendiente máxima admisible, resulta inevitable la realización de faldeos prolongando el recorrido de la ruta.

Cuanto menor sea la pendiente máxima admisible, tanto mayor será la longitud de camino para salvar un dado desnivel. Surge así de inmediato el problema de establecer cuál es la pendiente máxima recomendable.

Un primer aspecto de la cuestión que resulta claro es que la pendiente máxima a elegir no constituye un problema estrictamente técnico sino que hay también otros factores de índole económica que juegan en la selección. El costo de operación de los vehículos se incrementa cuando aumenta la pendiente de un camino. Ese incremento es más notable en el caso de vehículos comerciales que en el de automóviles y camionetas livianas. De acuerdo a investigaciones realizadas el costo de operación crece parabólicamente con la pendiente. Considerando este aspecto, si se pretendiera reducir los costos de operación disminuyendo la magnitud de las pendientes se advertiría un efecto compensatorio, ya que esa disminución provocaría mayores recorridos, y por lo tanto incrementaría por otro lado los costos de los usuarios.

Enfocando el problema desde el punto de vista de los costos de construcción del camino, cuanto mayor sea la pendiente máxima admitida, tanto menor será el recorrido y la longitud a construir, y por lo tanto los costos de inversión. En este caso no existe un efecto compensatorio visible y puede afirmarse que los costos de construcción iniciales son función inversa de la pendiente máxima admisible. Pudiera ocurrir una variación en los costos de conservación pero estos serían poco perceptibles y faltos de significación.

Resulta en definitiva un problema complejo en donde deberán considerarse distintos factores que inciden sobre su solución. Se tendrá que tener en cuenta la variación de los costos de operación de vehículos, el volumen de tráfico sobre el que estos costos inciden, y los costos constructivos. La adopción de un valor de pendiente máxima admisible sin considerar todos estos aspectos resultaría sin duda arbitrario y podría no ser aquél que signifique un menor costo para la economía en su conjunto. El método que se expone en

este artículo es el resultado de un desarrollo realizado por el autor con motivo del estudio de factibilidad y diseño final de un camino de cruce cordillerano en el norte de la República del Perú.

La pendiente máxima de diseño debe ser alcanzada en el proyecto de una carretera cuando se enfrentan laderas cuya pendiente natural en el sentido u orientación general de la carretera es igual, o supera a esa pendiente máxima. Cuando ello ocurre, la orientación del eje de la carretera se debe apartar de la orientación general para realizar los faldeos que sean necesarios para lograr el desnivel deseado sin superar la pendiente máxima en el camino. La longitud de faldeos puede calcularse conociendo el desnivel a salvar y la pendiente máxima admitida.

$$L_F = \frac{N}{P_{\max}/100}$$

L_F : Longitud de faldeos para salvar el desnivel, en mts.

N : Desnivel o altura a salvar, en mts.

$P_{\max}$: Pendiente máxima admisible en %.

Si se admite que el costo unitario de construcción de la carretera, por km, es el mismo, cualquiera sea el trazo o faldeo que se elija el costo de construcción total será proporcional a la longitud L_F .

$$C = L_F \cdot C_m = \frac{N \cdot C_m}{P_{\max}/100}$$

C : Costo de construcción total para el tramo de longitud L_F .

C_m : Costos unitarios de construcción, por metro lineal de camino, en media ladera, para la sección elegida y las pendientes transversales típicas del terreno.

Los costos de operación de vehículos dependen tanto de la longitud a recorrer como de la pendiente del camino. Dejando de lado otros efectos (efecto de curvas, obstrucción lateral y ancho de camino) los costos de los usuarios por recorrer un tramo de carretera son, para un vehículo:

Automóviles:

$$C_a = c_a \frac{L_F}{1000} \cdot (1 + 0,0061 P_{\max}^2)$$

Omnibus:

$$C_o = c_o \frac{L_F}{1000} \cdot (1 + 0,0061 P_{\max}^2)$$

Camión:

$$C_c = c_c \frac{L_F}{1000} \cdot (1 + 0,0430 P_{\max}^2)$$

O bien:

$$C_a = c_a \frac{N}{10 P_{\max}} \cdot (1 + 0,0061 P_{\max}^2)$$

$$C_o = c_o \frac{N}{10 P_{\max}} \cdot (1 + 0,0061 P_{\max}^2)$$

$$C_c = c_c \frac{N}{10 P_{\max}} \cdot (1 + 0,0430 P_{\max}^2)$$

Donde:

C_a ; C_o ; C_c : Costos de operación de un automóvil, ómnibus y camión respectivamente en el tramo de longitud L_F y pendiente $P_{\max}$.

c_a ; c_o ; c_c : Costos de operación (incluyendo ítems que dependen del recorrido y del tiempo) por vehículo-km de automóvil, ómnibus y camión.

Las fórmulas del factor de corrección de costos por pendientes se obtuvieron de la "Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales" de la Dirección Nacional de Vialidad.

El costo total actualizado, de la totalidad de los usuarios que recorrerán el tramo durante un período de 20 años, luego de la habilitación del camino a construir, puede obtenerse de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \overline{C_u} = & TMD_{A0} \cdot 365 \cdot C_a \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{i + r_a}{i + d} \right)^i + \\ & + TMD_{Oa} \cdot 365 \cdot C_o \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{i + r_o}{i + d} \right)^i + \\ & + TMD_{C0} \cdot 365 \cdot C_c \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{i + r_c}{i + d} \right)^i \end{aligned}$$

* De SAE, Sociedad Argentina de Estudios.

Siendo:

$\overline{Cu}$: Costos totales actualizados de los usuarios durante el período de 20 años, corrido entre el año 1 (de habilitación de la ruta) y el año 20. Se supone la construcción en el año cero.

r_a ; r_0 ; r_c : Tasas de crecimiento anual del

tráfico de automóviles, ómnibus y camiones respectivamente.

TMD_{A0} ; TMD_{00} ; TMD_{C0} : Tránsito Medio Diario de automóviles, ómnibus y camiones, en el año cero.

d : Tasa de actualización, o tasa de interés del capital.

En la expresión anterior pueden efectuarse reemplazos, quedando:

$$\overline{Cu} = 365 \frac{N}{10 P_{max}} \left\{ c_a (1 + 0,0061 P_{max}^2) TMD_{A0} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_a}{1+d} \right)^i + \right. \\ \left. + c_0 (1 + 0,0061 P_{max}^2) TMD_{00} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_0}{1+d} \right)^i + \right. \\ \left. + c_c (1 + 0,0430 P_{max}^2) TMD_{C0} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_c}{1+d} \right)^i \right\}$$

La pendiente máxima de diseño más aconsejable será aquella que haga mínima la suma de costos de construcción y costos de los usuarios

reemplazando:

$$C_T = C + \overline{Cu} \longrightarrow \text{mínimo}$$

$$C_T = \frac{N \cdot C_m}{P_{max}/100} + 365 \frac{N}{10 P_{max}} \left\{ c_a (1 + 0,0061 P_{max}^2) TMD_{A0} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_a}{1+d} \right)^i + \right. \\ \left. + c_0 (1 + 0,0061 P_{max}^2) TMD_{00} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_0}{1+d} \right)^i + \right. \\ \left. + c_c (1 + 0,0430 P_{max}^2) TMD_{C0} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_c}{1+d} \right)^i \right\} \longrightarrow \text{mínima}$$

En la expresión anterior se pueden tomar como variables a C_t y P_{max} dando valores a los demás parámetros que pasan así a constituirse en constantes. Llamando a las constan-

tes que resulten de las operaciones luego indicadas A, B, C, D, E, F, G, y H, la expresión anterior se puede escribir de la siguiente forma:

$$\frac{1}{N} \cdot C_t = \frac{A}{P_{max}} + \frac{B}{P_{max}} (C + D \cdot P_{max}^2 + E + F \cdot P_{max}^2 + G + H \cdot P_{max}^2) \\ C_t = \left(\frac{A}{P_{max}} + \frac{J}{P_{max}} + K \cdot P_{max} \right) \cdot N$$

Siendo:

$$A : C_m \cdot 100$$

$$B : \frac{365}{10}$$

$$C : c_a \cdot TMD_{A0} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_a}{1+d} \right)^i ;$$

$$D : 0,0061 \cdot C$$

$$E : c_0 \cdot TMD_{00} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_0}{1+d} \right)^i ;$$

$$F : 0,0061 \cdot E$$

$$G : c_c \cdot TMD_{C0} \sum_{i=1}^{i=20} \left(\frac{1+r_c}{1+d} \right)^i ;$$

$$H : 0,0430 \cdot G$$

$$J : B (C + E + G)$$

$$K : B (D + F + H)$$

Derivando la función de C_T respecto a P_{max} se obtiene:

$$\frac{d C_T}{d P_{max}} = \left(- \frac{A}{P_{max}^2} - \frac{J}{P_{max}^2} + K \right) \cdot N = \left[K - \frac{A + J}{P_{max}^2} \right] \cdot N$$

$$\text{El mínimo } C_T \text{ corresponde cuando } \frac{d C_T}{d P_{max}} = 0$$

La derivada segunda es siempre positiva de manera que se trata efectivamente de un mínimo. Igualando a cero la expresión anterior:

$$K - \frac{(A + J)}{P_{max}^2} = 0$$

$$K = \frac{A + J}{P_{max}^2}$$

$$P_{max} = \sqrt{\frac{A + J}{K}}$$

que resulta así la pendiente máxima aconsejable. Esta podrá calcularse conociendo los valores de: c_a ; c_0 ; c_c ; C_m ; TMD_{A0} ; TMD_{00} ; r_a ; r_0 ; r_c ; d . Puede advertirse que cuanto mayor sea el costo de construcción por metro lineal de la carretera C_m , a igualdad de los demás parámetros mayor será P_{max} . Inversamente, cuando el tráfico es mayor la pendiente máxima aconsejable es menor. El valor de esta pendiente es particularmente sensible al tráfico de camiones, disminuyendo cuando aumenta el porcentaje de camiones en el Tránsito Medio Diario.

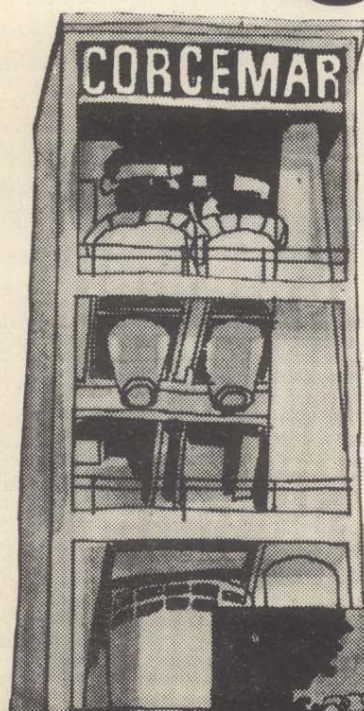
A los efectos de ilustrar a los lectores se ha desarrollado un ejemplo de aplicación de las fórmulas anteriores. En el ejemplo se plantean cuatro casos, siendo los casos 2, 3, y 4 variaciones de algunos de los parámetros básicos respecto al caso 1. En el cuadro se muestran los valores de los datos y de los resultados.

La pendiente máxima de diseño aconsejable, para los datos del caso 1, resultó de 7,9 %. El caso 2 sólo difiere del anterior en que se han incrementado los costos de construcción por km. Ello pudiera ocurrir por ejemplo con motivo de mayor presencia de roca en el movimiento de suelos. El resultado para este segundo caso es el de una pendiente máxima aconsejable mayor a la del primero. Ello resulta lógico ya que ante la presencia de mayores costos constructivos unitarios la nueva solución juega en favor de disminuir el recorrido y la longitud a construir del camino. El caso 3 difiere del caso 1 en que el tránsito inicial es dos veces mayor. El efecto de este cambio de datos es el de obtener una pendiente máxima de diseño inferior. La mayor cantidad de tránsito otorga mayor ponderación a los costos de los usuarios, los que se reducen con la disminución de la pendiente en mayor medida que lo que se incrementan por aumento de recorrido. El caso 4 por último, sólo difiere del caso 1 en que se adoptan tasas de crecimiento del tránsito superiores. El efecto es similar al de un aumento del tránsito inicial, es decir la pendiente máxima de diseño aconsejable resulta inferior. No obstante en este caso la reducción es menos sensible.

EJEMPLOS DE APLICACION

	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
D A T O S				
Costo de operación de vehículos				
Automóviles \$/vehículo-km.	0,91	0,91	0,91	0,91
Omnibus " "	2,35	2,35	2,35	2,35
Camiones " "	1,98	1,98	1,98	1,98
Costo de construcción \$/km.	1.053.300	1.850.000	1.053.300	1.053.300
Tránsito Medio Diario Año cero				
Automóviles	230	230	460	230
Omnibus	20	20	40	20
Camiones	110	110	220	110
Tasa de crecimiento anual del tránsito				
Automóviles % anual	7	7	7	10
Omnibus " "	6	6	6	8
Camiones " "	6	6	6	8
Tasa de interés del capital %	10	10	10	10
<i>Resultado</i>				
Pendiente Máxima aconsejable %	7,9 %	8,8 %	7,3 %	7,8 %

CEMENTO PORTLAND CORCEMAR CORPORACION CEMENTERA ARGENTINA S.A.





TODOS...

Sí,...todos nosotros estamos a su Servicio,
...todos nosotros sabemos de Servicio,
...y estos son TODOS NUESTROS SERVICIOS,
(téngalos en cuenta):

- ③SERVICIO DE INTERCAMBIO,
- ③SERVICIO ESPECIAL DE RODAJES,
- SERVICIO DE RECONSTRUCCION DE RODAJES,
- SERVICE DE RECONSTRUCCION DE MOTORES,



VENTAS Y SERVICE

Macrosa



DISTRIBUIDOR
CATERPILLAR
AUTORIZADO

Av. Fondo de la Legua 1232 - Martínez (Pcia. de Buenos Aires)
Tel. 792-0020 al 29 Télex 012-1739 Casilla de Correo 693 C. Central
BUENOS AIRES - CORDOBA - MENDOZA - SALTA - COMODORO RIVADAVIA - NEUQUEN - SANTA FE - TUCUMAN - MISIONES
CATERPILLAR - CAT y son marcas de Caterpillar Tractor Co.

DETERMINACION DEL AÑO OPTIMO DE CONSTRUCCION DE UNA MEJORA VIAL

Por el Ing. Juan Pablo Martínez *

RESUMEN

El presente trabajo discute los criterios tendientes a establecer el año óptimo de construcción de una mejora vial, desde el punto de vista técnico-económico.

En primer lugar se analiza la aptitud del Valor Neto Actual como indicador único para decidir la inmediata iniciación de una mejora vial económicamente factible, concluyendo que no es suficiente, debiendo complementarse con otro índice, que tenga especialmente en cuenta los beneficios de los primeros años de servicio de la obra.

A continuación, se deduce la expresión general del indicador adecuado a aquella finalidad, denominado "tasa de los beneficios del primer año de servicio" y se lo aplica para la determinación del año óptimo de habilitación de la mejora evaluada.

Por último, se discute la validez de la aplicación del referido indicador, concluyendo que está condicionada a la invariabilidad del perfil de costos del proyecto.

1. INTRODUCCION

La evaluación económica de proyectos es una importante herramienta de la planificación vial, que se fundamenta en la comparación, por medio de indicadores adecuados, de los costos incurridos en un proyecto con los beneficios producidos por el mismo.

A tal fin, los costos y beneficios se calculan para los años a lo largo de un período, llamado período de análisis, y los valores anuales son actualizados a un año determinado, con una tasa de descuento "d", que representa el costo de oportunidad del capital.

En la evaluación económica se determina si los beneficios totales actualizados del proyecto, superan a sus costos totales, también actualizados. De ser así, se dice que el proyecto es rentable o también económicamente factible.

Los indicadores usuales son tres: Valor Neto Actual (VNA), Relación Beneficio-Costo (RBC) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Como es sabido, un proyecto es rentable si se cumplen las desigualdades:

$$\begin{aligned} \text{VNA} &> 0 \\ \text{RBC} &> 1 \\ \text{TIR} &> d \end{aligned}$$

Para establecer si un proyecto es rentable, es indistinto el empleo de cualquiera de los tres indicadores, ya que las desigualdades anteriores son equivalentes. Pero la evaluación

económica no se limita a ese objetivo, ya que se recurre a ella también para los siguientes fines:

- Encontrar entre un conjunto de alternativas para un mismo proyecto, la mejor de ellas desde el punto de vista técnico-económico.
- Determinar un orden de prioridad entre diferentes proyectos rentables.
- Establecer el año óptimo de habilitación de cada proyecto, y por lo tanto, el año óptimo de iniciación de su construcción.

En la resolución de estas cuestiones ya no es indistinto el empleo de cualquiera de los mencionados indicadores económicos. En efecto, para la primera finalidad se utiliza el indicador VNA, mientras que para la segunda se recurre a los indicadores RBC o TIR.

En cuanto al tercer problema, discutiremos en este trabajo los diferentes criterios que pueden emplearse para resolverlo, y plantearemos algunos indicadores útiles a tal objeto.

2. Año en que un proyecto pasa a ser rentable.

Un primer problema que abordaremos, es el siguiente: Si un proyecto de mejora vial no es rentable, o sea que es $\text{VNA} < 0$, ¿será rentable si es postergado cierto número de años?

Para tratar este asunto, nos referiremos en lo que sigue a un hipotético proyecto vial, cuyos costos y beneficios están esquematizados en la figura N° 1-a.

—La construcción de la obra se desarrolla durante los años 1, 2... NC. Usualmente, NC está entre 1 y 3 años; en la figura NC = 2.

—En uno o varios años intermedios, se incurre en costos por reconstrucción o refuerzo de partes desgastadas de la estructura del camino. En la figura esto ocurre en el año NR, y hemos denominado CR al costo correspondiente.

—En el análisis económico se considera un período de servicio de las obras, de NS años. Usualmente, NS = 20 años.

—El valor residual de las obras al finalizar el período de análisis, se recupera contabilizado como un costo negativo incurrido en el último año de servicio, NC + NS. En general el valor residual, VR, varía entre el 30 % y el 40 % del costo de construcción.

—Los beneficios producidos por el proyecto se inician en el año NC + 1 (primer año de servicio), y se extienden durante

NS años, hasta el último año del período, NC + NS. En general son una serie creciente con los años.

—Los costos anuales de conservación no aparecen en la figura N° 1-a junto a los de construcción, en razón de que serán considerados deducidos de los beneficios (o agregados a ellos, según correspondiere).

Se trata de un proyecto no rentable, es decir que:

$$\text{VNA} = \bar{B} - \bar{C} < 0$$

Donde:

$\bar{B}$: suma de los beneficios a lo largo del período de análisis, actualizados al año cero.

$\bar{C}$: suma de los costos a lo largo del mismo período, actualizados también al año cero.

d: tasa de actualización (costo de oportunidad del capital).

El proyecto en cuestión no es rentable pues sus costos superan a sus beneficios (ambos actualizados al año cero con la tasa d). Pero, puesto que, como ocurre casi siempre, los beneficios crecen con el tiempo, se puede pensar que el proyecto mejorará sus indicadores económicos, si es postergado.

Consideremos por lo tanto que se lo posterga un año, de modo que los perfiles de costos y beneficios son los que se muestran en la figura 1-b.

Vemos allí que todas las inversiones se han postergado un año, al igual que la recuperación del valor residual. El período de servicio de la obra sigue siendo de NS años, y el período de análisis conserva su duración original de NC + NS años, aunque desplazado un año hacia el futuro.

Los montos de las inversiones no han variado respecto de la situación primitiva pues no se prevén cambios en los niveles de costos de construcción, ni en las características del proyecto.

En cuanto a la serie de beneficios, la misma se inicia y finaliza un año más tarde. Se ha perdido el beneficio del año NC + 1, pero se agrega el del año NC + NS + 1.

Supongamos que en el caso de postergación actualizamos no ya al año cero, sino al año 1. De la figura 1-b surge que $\bar{C}$ será el mismo que en el primer caso, cuando se actualizaba el año 0, pero $\bar{B}$ será mayor, ya que el beneficio de cada año en la situación original ha sido reemplazado por un beneficio mayor. Por lo tanto, el VNA en la nueva situación será mayor que en la original.

Calculando el nuevo VNA, puede comprobarse si ahora es positivo. De no ser así, se

* Dirección Nacional de Planeamiento Sectorial - Subsecretaría de Transporte de la Nación.

puede ensayar una segunda postergación de un año, y repetir el proceso (pero actualizando al año 2), y así sucesivamente, hasta que sea $VNA > 0$.

Se determina así N , número de años que debe ser pospuesto un proyecto no rentable para pasar a ser económicamente factible.

Hemos ido cambiando el año de actualización, para que $\bar{C}$ permaneciera invariable. Pero el año en que VNA cambia su signo, de negativo a positivo, no depende de tal artificio, ya que, como se sabe, el signo del VNA de un proyecto no depende de cuál sea el año de actualización.

El proceso anteriormente descrito, puede llegar a ser laborioso, en caso de no contar con medios de cálculo eficientes, ya que exige la actualización de sucesivas series de beneficios. Esta dificultad se evita aplicando la fórmula siguiente, desarrollada en la Dirección Nacional de Vialidad (x).

$$N = (NS - 1) \frac{\log \frac{\bar{C}}{\bar{B}}}{\log \frac{B_{NC+NS}}{B_{NC+1}}} \quad (1)$$

donde NS , $\bar{C}$ y $\bar{B}$ tienen los significados que ya se indicaron, B_{NC+NS} es el beneficio del año $NC + NS$ y B_{NC+1} el del año $NC + 1$.

Esta expresión se basa en el supuesto que los beneficios crecen en el período de análisis siguiendo una ley exponencial, y que puede admitirse que dicha ley sea extrapolable más allá del año $NC + NS$.

Resuelto el problema de saber cuántos años deberá diferirse un proyecto para que el mismo sea rentable, queda por establecer si será conveniente su inmediata iniciación a partir del momento en que $VNA > 0$, o si será más ventajoso postergarlo aún, y en este último caso determinar la postergación óptima.

3. ¿Debe iniciarse de inmediato un proyecto rentable?

En primer lugar, mostraremos con un ejemplo que, aunque un proyecto sea rentable, ello no significa en todos los casos que sea económicamente conveniente iniciarlo de inmediato.

Sea el caso de evaluar la construcción en el año 1 de cierto camino, el que será transitado sólo al habilitarse un puente, que por alguna razón se ha previsto librar al servicio varios años más tarde que el referido camino (es un ejemplo hipotético, que no puede darse en la realidad, pero que nos sirve como paso intermedio para llegar a donde nos proponemos).

En la figura 2 se representa la variación de los beneficios anuales del camino; el mismo se inaugura en el año 3, pero no produce beneficio alguno hasta el año 8, ya que no

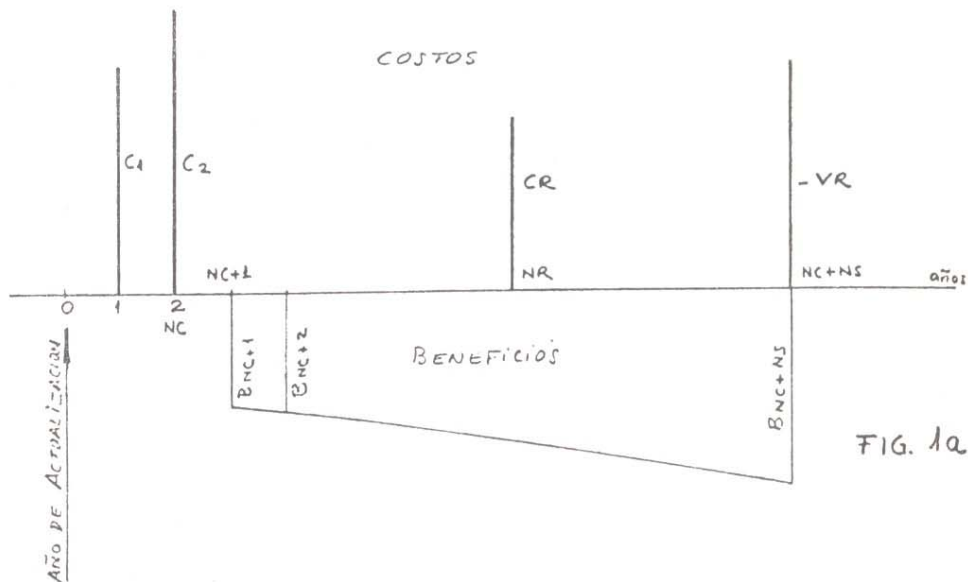


FIG. 1a

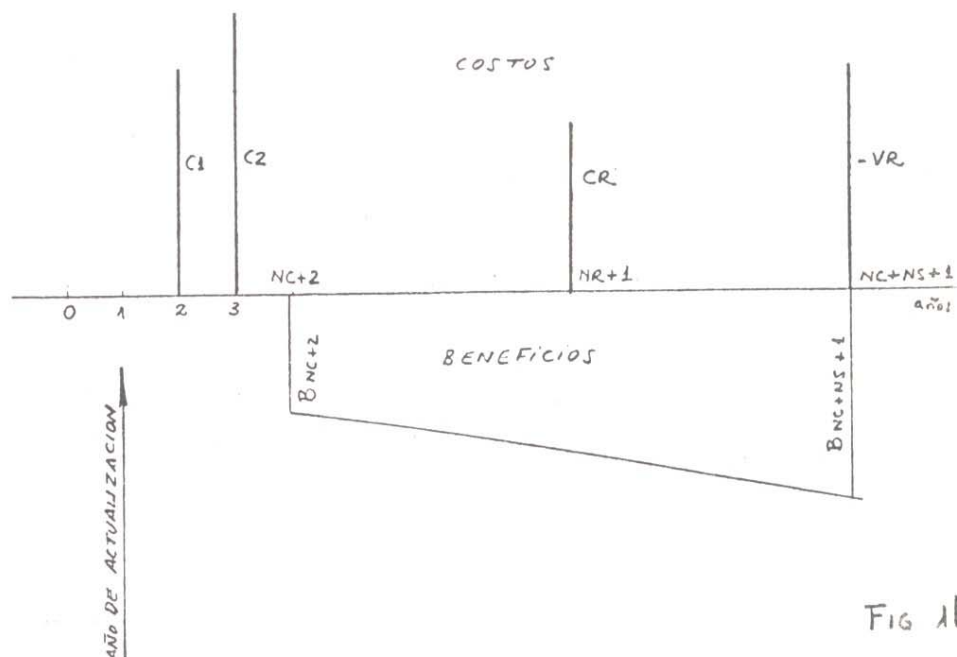


Fig 1b

es transitado. Pero al habilitarse el puente, se inician los beneficios, que resultan ser de importancia, y que además crecen con rapidez, de modo que, así lo admitimos, llega a ser $VNA > 0$ al cabo del período de análisis de, por ejemplo, 22 años.

¿Debe entonces construirse en el año 1 nuestro camino, puesto que es rentable? Evidentemente no, pues ningún beneficio se logra entre los años 3 y 7. Postergando la iniciación de la construcción al año 6, se obtendrán los mismos beneficios, pudiendo en el interín emplear el capital en cualquier otro proyecto.

Por lo tanto, la construcción del camino convendrá postergarla, por lo menos, hasta el año 6, de modo que se habilite en el año 8.

Dejando ahora de lado el ejemplo anterior, se comprende que una situación muy parecida podrá presentarse con un proyecto en que los beneficios iniciales fueran redu-

cidos, aunque no nulos, pero que crecieran con una tasa elevada, llegando también a ser $VNA > 0$.

En tal caso, empero, ya no resulta evidente en que año debe iniciarse la obra, aunque se presuma que sería ventajoso postergarla.

Vemos así que no necesariamente es óptimo iniciar de inmediato un proyecto rentable; por idénticas razones tampoco será necesariamente el año óptimo de iniciación de un proyecto no rentable, aquel para el cual pase a ser $VNA > 0$.

4. Variación de VNA al postergarse el proyecto un año.

Consideremos un proyecto rentable, cuyo perfil de costos y beneficios se representa en la figura N° 3-a y planteamos como alternativas postergar un año su construcción.

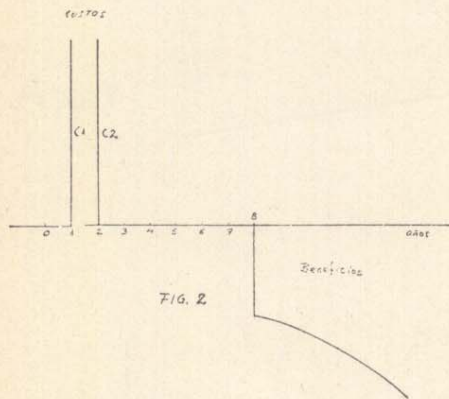
Estamos ante dos alternativas mutuamen-

(*) Fórmula deducida por el Ing. Horacio Pesce, de la División Estudios Económicos de la D.N.V.

te excluyentes, ya que el proyecto, o es postergado, o bien no lo es. La elección de lo más conveniente desde el punto de vista económico debe hacerse por medio del indicador Valor Neto Actual (VNA).

El VNA de ambas alternativas deberá ser calculado a lo largo del mismo período de análisis; adoptamos el que se inicia en el año 1 y finaliza en el año NC + NS, y actualizamos al año cero.

El perfil de costos y beneficios de la al-



ternativa de postergación se muestra en la figura 3-b, donde vemos que:

—Los costos iniciales de construcción aparecen desplazados un año, pero tienen los mismos valores, pues se supone que la postergación no obliga a modificar el proyecto, y que los precios de los factores productivos no han variado.

—También los costos de reconstrucción aparecen desplazados un año, y conservan su valor original, por idénticas razones.

—La recuperación del valor residual no se posterga, ya que el presente análisis se basa en que el período es el mismo en ambas alternativas. Ahora bien, puesto que la obra es habilitada un año más tarde, al cabo de aquel período ha estado en servicio durante NS-1 años, pudiendo aceptarse, en principio, que su valor residual sea mayor, incrementándose respecto del que tenía en la alternativa original, tomando el valor VR' > VR.

—En cuanto a los beneficios que produce el proyecto en los años del período de análisis se acepta que no dependen del año de habilitación del mismo (por ej.: los beneficios del año NC + 2 tienen igual valor, ya sea que la habilitación sea en el año NC + 1 o bien en el NC + 2). Esto implica aceptar que el tránsito inducido aparece íntegramente en el momento de habilitarse las obras.

Al postergarse las obras, los costos actualizados disminuirán en una cantidad que llamaremos $\overline{\Delta C}$, y los beneficios asimismo disminuirán en $\overline{\Delta B}$, y por tal razón el VNA sufrirá un incremento ΔVNA :

$$\Delta VNA = \overline{\Delta C} - \overline{\Delta B}$$

Calcularemos $\overline{\Delta C}$ y $\overline{\Delta B}$ con referencia a las figuras 3a y 3b:

$$\overline{\Delta C} = \left[\frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \frac{C_R}{(1+d)^{NR}} - \frac{V_R}{(1+d)^{NC+NS}} \right] - \left[\frac{C_1}{(1+d)^2} + \frac{C_2}{(1+d)^3} + \frac{C_R}{(1+d)^{NR+1}} - \frac{VR'}{(1+d)^{NC+NS}} \right]$$

$$\overline{\Delta C} = \left[\frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \frac{C_R}{(1+d)^{NR}} \right] \left(1 - \frac{1}{1+d} \right) + \frac{VR' - VR}{(1+d)^{NC+NS}}$$

En cuanto a la disminución de beneficios, es simplemente la pérdida del beneficio del primer año de servicio, que al actualizar al año cero queda:

$$\overline{\Delta B} = \frac{B_{NC+1}}{(1+d)^{NC+1}}$$

Por lo tanto:

$$\Delta VNA = \left[\frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \frac{C_R}{(1+d)^{NR}} \right] \frac{d}{1+d} + \frac{\Delta VR}{(1+d)^{NC+NS}} - \frac{B_{NC+1}}{(1+d)^{NC+1}} = \frac{\left[\frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \frac{C_R}{(1+d)^{NR}} \right] (1+d)^{NC} d + \frac{\Delta VR}{(1+d)^{NS-1}} - B_{NC+1}}{(1+d)^{NC+1}}$$

Para que sea conveniente la postergación del proyecto en un año, deberá ser $\Delta VNA > 0$, o sea:

$$\left[\frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \frac{C_R}{(1+d)^{NR}} \right] (1+d)^{NC} d + \frac{\Delta VR}{(1+d)^{NS-1}} - B_{NC+1} > 0$$

$$\left[\frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} + \frac{C_R}{(1+d)^{NR}} \right] (1+d)^{NC} d > B_{NC+1} - \frac{\Delta VR}{(1+d)^{NS-1}} \quad (2)$$

Introducimos la siguiente notación:

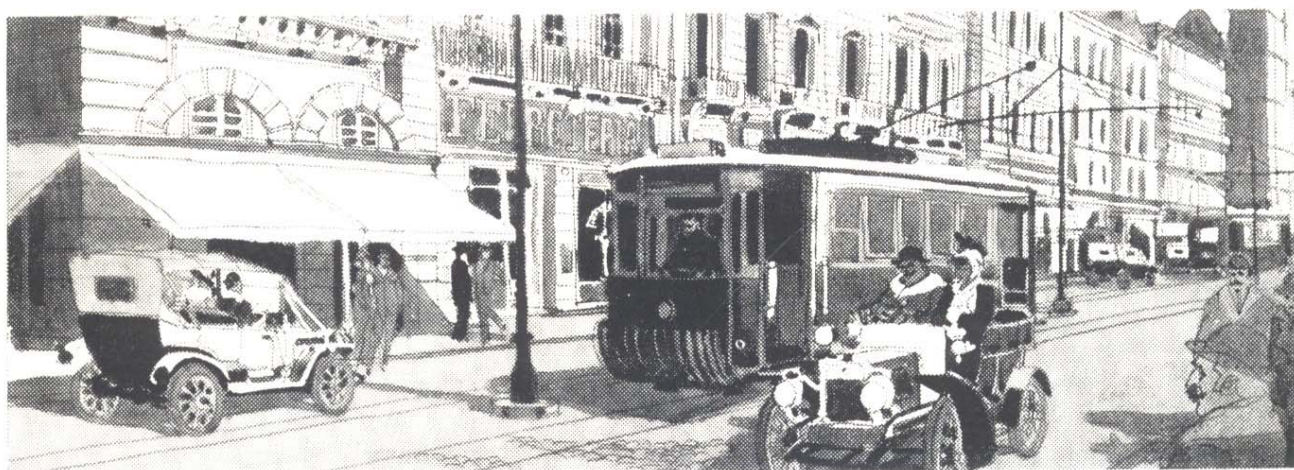
$$\left[\frac{C_1}{1+d} + \frac{C_2}{(1+d)^2} \right] \times (1+d)^{NC} = (\overline{CC})_{NC}$$

$$\frac{C_R}{(1+d)^{NR}} \times (1+d)^{NC} = (\overline{CR})_{NC}$$

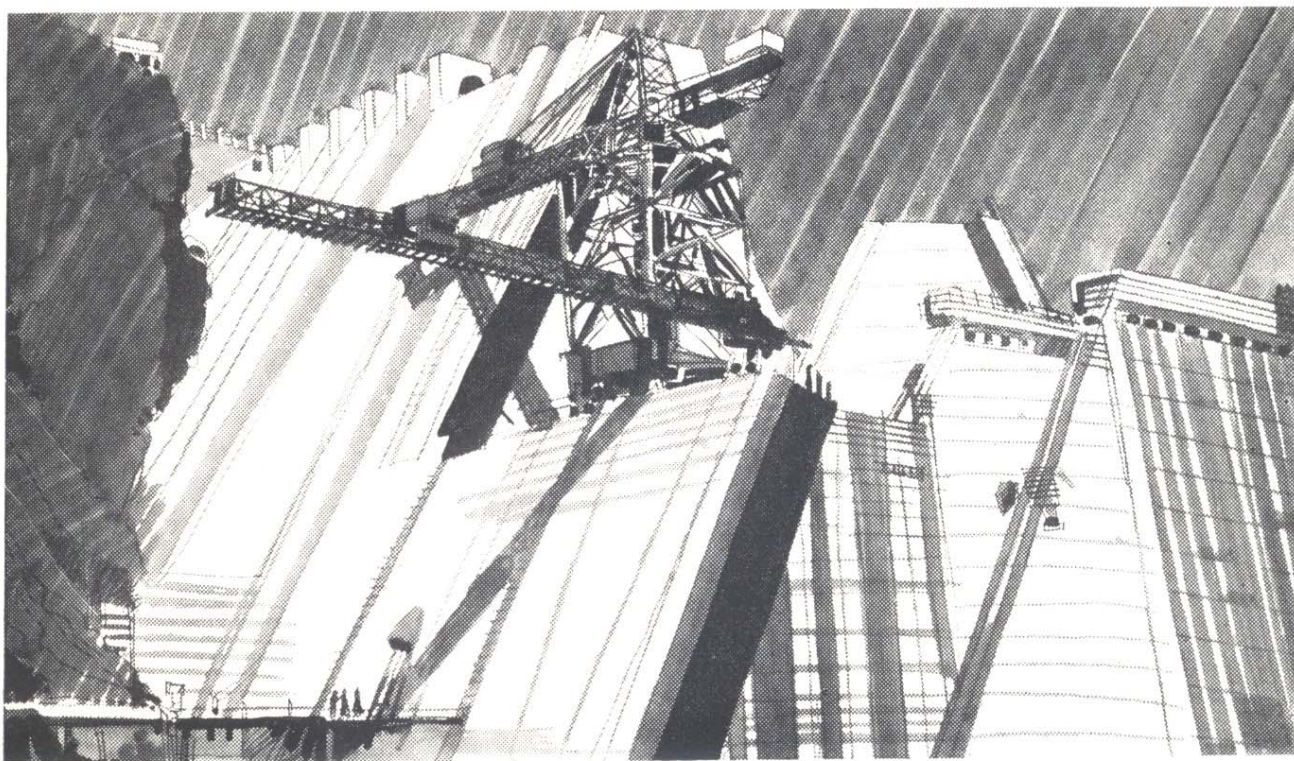
$$\left[(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC} \right] \times d > B_{NC+1} - \frac{(\overline{\Delta VR})_{NC+1}}{(1+d)^{NS-1}} \quad (3)$$

con lo que la conveniencia de postergación queda expresada por:

Vemos que $(\overline{CC})_{NC}$ y $(\overline{CR})_{NC}$ son los costos de construcción y de reconstrucción, ambos actualizados al año anterior a la habilitación de las obras. En cuanto a $(\overline{\Delta VR})_{NC+1}$, es la variación del valor residual, actualizada



Construimos las ciudades que usted conoce



Ayudamos a construir el país que usted quiere.

Damos firmeza a las ciudades que usted quiere, a la ciudad que usted habita. Estamos en sus edificios, en sus túneles, sus diques, sus industrias, sus carreteras. Desde 1917 aportamos los más modernos

métodos y materiales para garantizar la construcción de un país que crece y se proyecta. Aportamos nuestro cemento para un país con los pies sobre la tierra. Para un país firme.



COMPañA ARGENTINA DE CEMENTO PORTLAND

al año siguiente, o sea, el primer año de servicio.

5. Indicador "Tasa de beneficios del primer año"

La desigualdad que expresa la conveniencia de postergar en un año la iniciación de las obras puede escribirse:

$$\frac{B_{NC+1} - (\Delta VR)_{NC+1}}{(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}} < d \quad (4)$$

Definamos el indicador económico "tasa de los beneficios del primer año de servicio" (TBPA)

$$TBPA = \frac{B_{NC+1} - (\Delta VR)_{NC+1}}{(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}} \quad (5)$$

De modo que en función del mismo, la conveniencia de postergar o no las obras se expresa así:

- Si $TBPA < d$ conviene postergar las obras
 Si $TBPA > d$ no conviene postergarlas

El denominador de la expresión de TBPA es el capital total a invertir en el proyecto, actualizado al año NC, anterior a la habilitación. B_{NC+1} es el beneficio obtenido en el primer año de servicio.

En el caso de un proyecto para el cual el valor residual no dependiera de su postergación, o sea $\Delta VR = 0$, el numerador se reduce a los beneficios logrados en el primer año en servicio, como resultado de invertir la cantidad del denominador en el año anterior. El cociente es entonces el interés obtenido por la inversión referida, al cabo de un año, lo que justifica la denominación del indicador.

En cuanto al término $(\Delta VR)_{NC+1}$, que aparece matemáticamente, es como una suerte de beneficio negativo, que al sustraerse a B_{NC+1} tiende a que disminuya TBPA, favoreciendo la postergación del proyecto.

Previamente a la discusión de la validez de cada uno de los términos que intervienen en TBPA, generalizaremos este indicador al caso en que las obras son postergadas cualquier número de años.

6. Determinación del año óptimo de habilitación al servicio

Vimos que si $TBPA < d$ es conveniente la postergación de la obra, por lo menos un año. Cabe ahora analizar la posibilidad de optimizar el VNA postergando el proyecto cierto número de años a determinar.

Podríamos analizar la variación de VNA ante sucesivas postergaciones, manteniendo invariable el período de análisis; no obstante surge una dificultad que a nuestro juicio invalida este procedimiento.

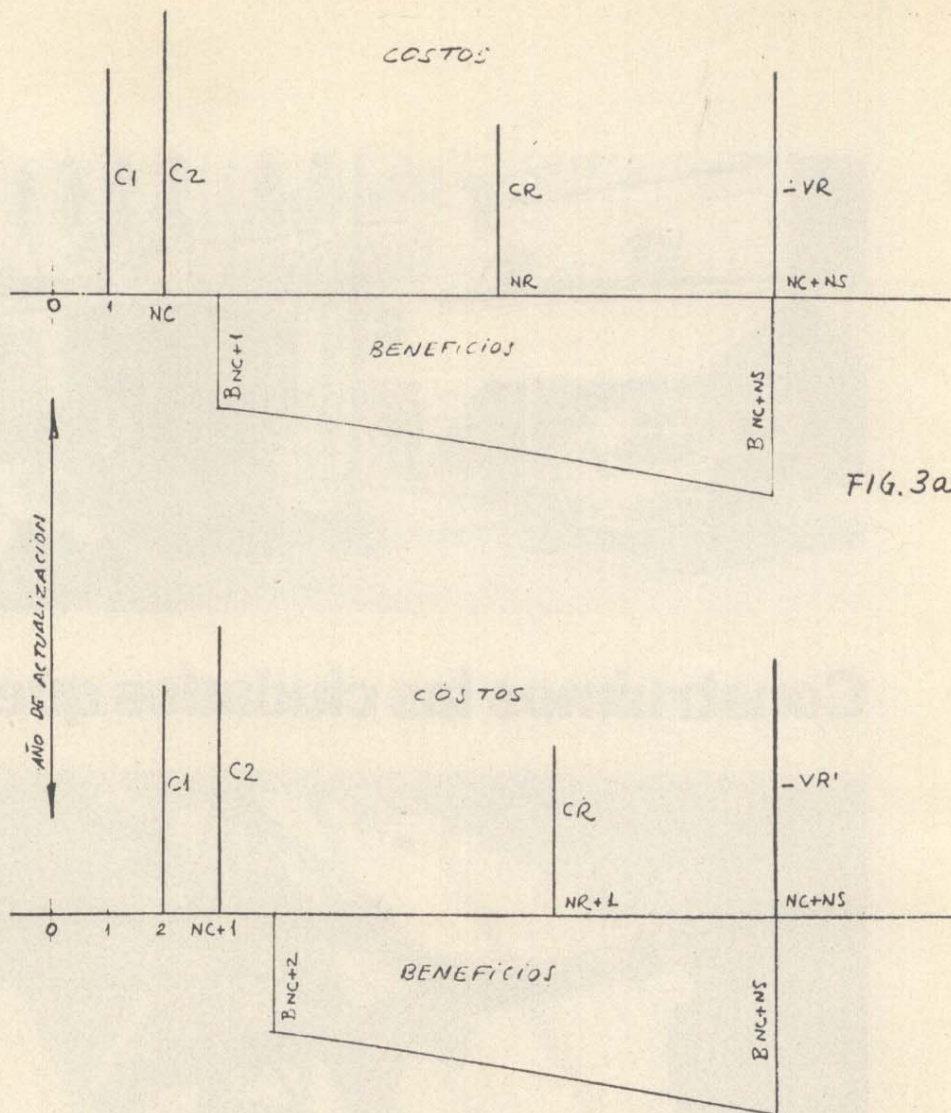


FIG. 3b

En efecto, manteniendo el período de análisis que empieza en el año 1 y finaliza en el NC + NS, cada postergación de las obras va produciendo un valor residual mayor, hecho este que se refleja en un término en ΔVR que va adquiriendo cada vez mayor peso. Esto, a su vez, favorece cada vez más la postergación de las obras, resultado que en modo alguno puede considerarse lógico.

Salvamos esta dificultad, dividiendo el problema de determinar el año óptimo de construcción en dos fases: en la primera, que acabamos de estudiar, vemos si conviene una postergación de un año, sirviéndonos a este fin el indicador TBPA.

Si $TBPA > d$, el proyecto no debe ser postergado siendo lo óptimo su inmediata iniciación. En este caso, el problema queda resuelto en la primera fase del análisis.

Pero si $TBPA < d$, es conveniente una postergación de un año, restando saber si no convendrá asimismo una nueva postergación. Ahora bien, ya que la construcción es diferida un año, no interesa conservar el período

de análisis original; por lo tanto, en la segunda fase nos colocamos en la hipotética situación que ha transcurrido un año, y que debemos analizar la conveniencia de una nueva postergación. El período de análisis se extiende ahora desde el año 2 hasta el NC + NS + 1, y el primer año de servicio es el NC + 2.

Aceptando que el perfil de costos no ha variado, vemos que la situación es casi igual a la del análisis original, con la única diferencia que el beneficio del primer año de servicio es ahora B_{NC+2} .

Por lo tanto, la conveniencia de una segunda postergación se analiza con el indicador:

$$TBPA_2 = \frac{B_{NC+2} - (\Delta VR)_{NC+1}}{(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}} \quad (6)$$

Si $TBPA_2 > d$, no conviene una nueva postergación. El momento óptimo de iniciación del proyecto es el año 2.

En cambio, si $TBPA_2 < d$, conviene una segunda postergación y se repite el análisis, calculando sucesivos indicadores $TBPA_1$.

$$TBPA_i = \frac{B_{NC+i} - (\Delta VR)_{NC+i}}{(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}} \quad (7)$$

El primer valor de i que hace $TBPA_i > d$ indica que el año óptimo de iniciación de la obra es el año i .

Para evitar el cálculo de sucesivos valores de $TBPA_i$, es útil desde el punto de vista práctico, expresar la conveniencia de postergación del proyecto en la siguiente forma:

$$B_{NC+i} < [(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}] \times d + (\Delta VR)_{NC+i} \quad (8)$$

Llamamos al término de la derecha "beneficio del año óptimo" (Bop), o sea:

$$Bop = [(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}] \times d + (\Delta VR)_{NC+i} \quad (9)$$

Por lo tanto:

Si $B_{NC+i} < Bop$ debe postergarse el proyecto.

Si $B_{NC+i} > Bop$ no debe postergarse el proyecto.

La denominación de Bop está justificada porque si $B_{NC+i} < Bop$ el VNA aumenta ante una postergación, mientras que disminuye en el caso que $B_{NC+i} > Bop$.

En la práctica, el primer valor del $B_{NC+i} > Bop$ indica el año i en que deben iniciarse las obras.

7. Consideraciones sobre la aplicación del indicador TBPA.

Se han utilizado en diversos estudios de factibilidad de obras viales, indicadores denominados "índice o tasa de beneficios del primer año", con la finalidad de conocer si un proyecto produce desde el mismo año de su inauguración beneficios que justifiquen su inmediata iniciación (x).

Sin embargo, se puede comprobar que la definición y expresión matemática consiguiente de tales indicadores, varía de uno a otro estudio.

Por nuestra parte en los puntos anteriores, hemos mostrado la deducción de un indicador con la misma finalidad, al que hemos denominado "tasa de beneficios del primer año" (TBPA), cuya expresión difiere asimismo con la de otras fuentes.

Las discrepancias se refieren a si los costos de construcción deben o no ser actualizados; en caso afirmativo, al año a que debe hacerse esa actualización; a si deben incluirse los costos de reconstrucción que se producen en años intermedios del periodo de análisis, y por último la inclusión de un término de variación de valor residual.

Discutiremos en lo que sigue estas cuestiones.

Surge de lo que se lleva expuesto, que las inversiones deben actualizarse al último año de construcción, o sea el inmediato anterior a la puesta en servicio del camino.

Por el contrario, los beneficios no son ac-

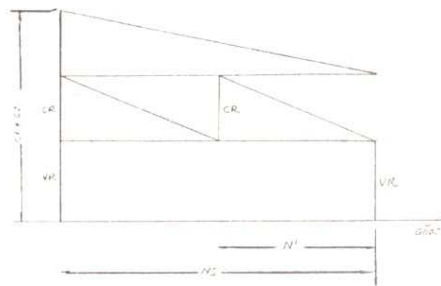


Fig. 4

tualizados, y son los del año siguiente (el primer año de servicio).

Repasemos ahora las principales hipótesis que sirvieron de base a la construcción del indicador TBPA.

En primer lugar, se supone que ante las sucesivas postergaciones, el perfil de inversiones del proyecto se mantendrá invariable tanto en la magnitud de las inversiones como en su disposición relativa a lo largo del periodo del análisis.

El proyecto de un camino consta del aspecto estructural y del geométrico, este último directamente relacionado con la capacidad vial.

Debe tenerse en cuenta que una postergación de un proyecto significa en general un mayor tránsito en cada uno de los años de uso. Si el periodo de servicios es siempre de NS años (por ejemplo $NS = 20$), cada postergación implica un tránsito total acumulado correspondientemente mayor.

Si el proyecto estructural se ha basado en alguno de los métodos de cálculo que tienen como parámetro de diseño a la sollicitación estructural, medida, por ejemplo, por número de reiteraciones de cargas de ejes de cierto peso, es indudable que las características de dicho proyecto no resultarán independientes del número de años que sea postergado.

Por ejemplo, si el tránsito de camiones crece un 5 % anual, una postergación significa incrementar el número de reiteraciones a lo largo del periodo de análisis, en un 5 % acumulativo por cada año de postergación.

Un proyecto determinado puede permanecer inalterado frente a postergaciones de pocos años, en función de los márgenes que se haya tomado el proyectista; pero puede existir una postergación máxima, tal que más allá de ella sea necesario alterar el proyecto, modificándose CC y/o CR .

Por similares razones, puede ocurrir que los trabajos de reconstrucción intermedios no puedan ser postergados, aunque lo sea la construcción inicial.

Lo mismo vale para el aspecto de diseño geométrico. Si siguiendo las normas que a ese efecto tiene establecidas la Dirección Nacional de Vialidad se ha preparado un proyecto de camino de una dada categoría, en función del tránsito para el año de diseño, puede ocurrir en ciertos casos que a partir de una postergación ya no pueda el proyecto

encuadrarse en esa categoría, sino que deba serlo en la inmediata superior.

En consecuencia, una vez determinado el año óptimo de habilitación, en la forma previamente explicada, ha de verificarse si se puede mantener el proyecto original, tanto desde el punto de vista estructural como geométrico. Si así fuera, el año óptimo es el ya determinado.

De no ser así, será necesario conocer la máxima postergación que permite conservar el proyecto original, quedando determinado el año óptimo por esta última condición, en la generalidad de los casos.

En efecto, para postergaciones menores, el indicador TBPA, indicaría la conveniencia de posponerlo, hasta llegar a la situación en que un cambio de proyecto, al encarecerlo, haría descender el VNA ante una nueva postergación, lo que, de todos modos, debe ser confirmado.

Un caso especial, sería aquel en que luego de varias postergaciones, en la siguiente no pudiera también desplazarse la inversión en reconstrucción. En este caso, como surge de la deducción de TBPA, desaparece el término en CR de su expresión.

Lo mismo ocurriría con un costo que se incurriese en un año intermedio, para ampliar la capacidad vial, ya que el volumen de tránsito en ese momento no depende de la postergación del proyecto.

Si bien el análisis expuesto resulta un proceso poco atractivo, ha de tenerse en cuenta que, en primer lugar, no será usual determinar postergaciones superiores a cinco años, por lo que en muchos casos los proyectos no sufrirán variaciones; y por otra parte, analizando solamente los proyectos rentables, en general tampoco resultarán postergaciones que excedan el quinquenio.

Queda por último considerar la inclusión del término $(\Delta VR)_{NC+i}$ en el indicador TBPA; repasando la deducción que condujo a la expresión del indicador, vemos que aquel término aparece como consecuencia de conservar invariable el periodo de análisis ante la postergación por un año del proyecto, con el consiguiente menor uso del mismo al cabo del referido periodo.

El problema consiste entonces en evaluar en cuánto puede incrementarse el valor residual al cabo del año $NC + NS$, por el hecho de haber estado en servicio la obra un año menos.

Puede interpretarse que el valor residual representa una inversión que no será necesario realizar, en virtud de conarse con una estructura aprovechable al cabo del periodo.

Por lo tanto, para saber si ΔVR será de importancia, debemos preguntarnos que inversiones podrán suprimirse (o postergarse) en el año $NC + NS$, debido a la postergación en un año de nuestro proyecto, al comienzo del periodo.

Desde el punto de vista del diseño geométrico (es decir, de la capacidad) puede afirmarse que el tránsito del año $NC + NS$ será el mismo, independientemente de la postergación del proyecto en un año. Por lo tanto, el diferimiento de las obras no evi-

(*) En el Anexo III, se discute otro indicador que a tal efecto también ha sido empleado.

tará ni postergará inversiones al final del período, cuya finalidad fuera brindar mayor capacidad.

En cambio, desde el punto de vista estructural, un proyecto que se inicie un año más tarde tendrá al final del período una posibilidad de uso durante un lapso adicional, lo que permitirá en consecuencia postergar durante un tiempo una inversión de reconstrucción.

Sea un proyecto preparado para soportar un cierto número acumulado de reiteraciones de cargas al cabo de NS años de uso, luego de los cuales sería necesario una reconstrucción, pero ya fuera del período de análisis.

Al diferirse un año el proyecto, quedando sus características invariables, se suprimen las reiteraciones del año NC + 1, pero se agregan las del año NC + NS + 1.

Si se toma como fija la cantidad total de reiteraciones de diseño, es claro que serán alcanzadas antes del final del año NC + NS + 1, ya que en general el tránsito de este último año es superior al del año NC + 1.

Llamando TC_{NC+1} y $TC_{NC+NS+1}$ a los tránsitos medios diarios anuales de vehículos pesados en los años en cuestión, el cociente $\frac{TC_{NC+1}}{TC_{NC+NS+1}}$

nos indica en qué momento del año NC + NS + 1, es alcanzado el número de reiteraciones de diseño del proyecto.

Esta fracción, dará una idea de si la reconstrucción subsiguiente podrá o no ser postergada. Si es próxima a cero, indicará que la reconstrucción no podrá diferirse, y en tal caso sería $\Delta VR = 0$. Si es próxima a 1 por el contrario, indica que pudiendo el proyecto extender su vida casi hasta el final del año NC + NS + 1, la reconstrucción es postergable, y existe un ΔVR .

En el Anexo I se indica un posible método de estimación de ΔVR . Las conclusiones valen asimismo, aunque el proyecto original, como es común, es previsto con un margen de reiteraciones por encima de las que se acumularán en el período de NS años original. (Si este margen no existiese no sería posible suponer la invariabilidad del perfil de costos ante sucesivas postergaciones).

En otro orden de ideas, cabe ahora considerar si la inclusión del término en ΔVR es compatible con los objetivos que conducen a la elaboración del indicador TBPA.

En efecto, la debilidad del Valor Neto Actual (VNA) para decidir por sí sólo el año conveniente de construcción, proviene de que se toma una decisión de plazo inmediato (postergar o no la obra) en base a un indicador en el que influye el crecimiento de los beneficios en el largo plazo.

El indicador TBPA, en cambio, al hacer jugar los beneficios del primer año frente a los costos iniciales, introduce un criterio de rentabilidad en el plazo inmediato, que

que no es sustitutivo sino complementario del criterio de largo plazo, (también intervienen los costos de reconstrucción, intermedios).

El término ΔVR , en cambio, aparece como un beneficio obtenible en el largo plazo, lo cual contradice en cierto modo el objetivo de TBPA.

A esto se agrega la aleatoriedad que tiene todo cálculo de valor residual, en particular de las mejoras camineras. Esta aleatoriedad es aún mayor en lo que hace a un posible aumento de valor residual al cabo de un período de análisis de más de 20 años, producido por una postergación en un año de una obra.

Se concluye de lo expuesto, que aunque pueden concebirse fórmulas para el cómputo de ΔVR , ellas no son tan sencillas, ni tampoco están libres de objeciones, y que además no existe la certeza de obtener realmente tal ΔVR al cabo del período, teniendo en cuenta la indefinición de esta variable, así como la incerteza propia de las proyecciones de tráfico en el largo plazo.

Por lo tanto se concluye que salvo casos donde un análisis cuidadoso diera la certeza de un aumento de valor residual, es recomendable prescindir de este término en el indicador TBPA, el que por lo tanto queda reducido a:

$$TBPA = \frac{B_{NC+1}}{(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}} \quad (10)$$

para una postergación de un año, en el caso que no se altere el perfil de costos del proyecto. Para una postergación de i años.

$$TBPA_i = \frac{B_{NC+i}}{(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}} \quad (11)$$

En cuanto al beneficio del año óptimo, Bop, pasa a valer:

$$Bop = [(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}] \cdot d \quad (12)$$

En el caso especial ya mencionado, que ante una postergación no resultara posible postergar los costos de reconstrucción, el término $(\overline{CR})_{NC}$ desaparece de las expresiones 10, 11 y 12.

8. Conclusiones

La condición VNA > 0 no es suficiente para determinar el año óptimo de iniciación de un proyecto de mejora vial.

En efecto, VNA solo indica la rentabilidad de un proyecto, computando beneficios y costos a lo largo de un período, generalmente prolongado, pero nada dice sobre si los beneficios iniciales justifican su inmediata iniciación.

La postergación de un proyecto es una decisión de corto plazo, que debe necesariamente basarse en los beneficios iniciales, que son los que no se concretarán en caso de aplazamiento.

Por lo tanto, si bien VNA es el indicador que decide si el proyecto es factible económicamente, debe ser complementado a los fines de determinar el año óptimo de construcción, por otro indicador, que haga pesar los factores de corto plazo.

A tal fin resulta apto el indicador TBPA, definido por la expresión (5), o bien en su forma simplificada, dada por la expresión (10). Un proyecto debe postergarse si TBPA < d.

El año óptimo de habilitación resulta el primer año en que los beneficios superan a Bop, definido por la expresión (12).

En cuanto a los proyectos originalmente no factibles, puede establecerse la postergación para que se tornen rentables, con la expresión (1), y a partir de allí determinar el año óptimo igual que anteriormente.

El uso de las referidas fórmulas está condicionado a que la postergación del proyecto no obligue a modificar su diseño, es decir, a que no varíen sus costos de construcción o reconstrucción, ni la cronología de esas inversiones.

Por tal razón, así como también debido a la incertidumbre inherente a las proyecciones de tránsito, el año óptimo de construcción así determinado tendrá validez si no implica postergaciones superiores a cinco años; para aplazamientos superiores, puede decirse que el proyecto no es económicamente conveniente y que deberá ser reestudiado oportunamente.

ANEXO I

Cálculo del Término ΔVR

Nos referimos a la figura Nº 1, donde se indican los costos de construcción, reconstrucción y valor residual.

Puede aceptarse que el costo CR se insume en la renovación de una parte ya depreciada de la estructura del camino, cuyo valor inicial era precisamente igual a CR. Por lo tanto, el costo inicial del camino, de acuerdo con esta interpretación, se compone de tres partes:

VR : parte que no se deprecia durante los NS años de servicio.

CR : parte que se deprecia totalmente en NR-NC años, y que una vez repuesta vuelve a depreciarse en los años que siguen.

$C_1 + C_2 - VR - CR$: parte que se deprecia en los NS años de servicio.

Para el caso especial de una única reconstrucción en el año mitad del período de servicio, se tiene la situación esquematizada en la figura Nº 4.

De acuerdo con lo anterior, la depreciación anual vale:

$$\frac{C_1 + C_2 - VR - CR}{NS} + \frac{CR}{N'} \quad (13)$$

que sería asimismo la depreciación en el último año de servicio.

Supongamos ahora que la estructura fue proyectada para el número de reiteraciones acumuladas en NS años. Si la obra se posterga un año, dicho número de reiteraciones se alcanzará en el momento NC + NS + X

Siendo:

$$X = \frac{R_{NC+1}}{R_{NC+NS+1}}$$

R_{NC+1} : número de reiteraciones de ejes equivalentes en el año NC + 1.

$R_{NC+NS+1}$: número de reiteraciones de ejes equivalentes en el año NC + NS + 1.

Si el número de reiteraciones crece con una tasa acumulativa anual r_R , será

$$X = \frac{1}{(1 + r_R)^{NS}}$$

El período de servicio se ha reducido ahora a NS - 1 + X años; admitamos que el segundo lapso N' de la figura 4 se reduce ahora a N' - 1 + X.

La depreciación anual es ahora

$$\frac{C_1 + C_2 - VR - CR}{NS - 1 + X} + \frac{CR}{N' - 1 + X}$$

El término ΔVR es justamente igual a la depreciación en el lapso final del período de servicio, cuya duración es X, de modo que

$$\Delta VR = \left\{ \frac{C_1 + C_2 - VR - CR}{NS - 1 + X} + \frac{CR}{N' - 1 + X} \right\} \cdot X \quad (14)$$

ANEXO II

Ejemplo numérico de determinación del año óptimo de construcción

Sea un proyecto de mejora vial, cuyos costos y beneficios se indican a continuación:

Año	Costos	Beneficios	(miles de \$)
0	—	—	
1	8.500	—	
2	8.500	—	
3	—	1.600	
4	—	1.680	
5	—	1.764	
6	—	1.852	
7	—	1.945	
8	—	2.042	
9	—	2.144	
10	—	2.251	
11	—	2.364	

12	4.000	2.482
13	—	2.606
14	—	2.737
15	—	2.873
16	—	3.017
17	—	3.168
18	—	3.326
19	—	3.493
20	—	3.667
21	—	3.851
22	-5.000	4.043

Actualizando con $d = 9\%$, se obtiene:

$$\begin{aligned} \bar{B} &= 17.728,1 && \text{(miles de \$)} \\ \bar{C} &= 15.623,7 && \text{" " "} \\ \text{VNA} &= \bar{B} - \bar{C} = 2.104,4 && \text{" " "} \\ \text{RBC} &= \frac{\bar{B}}{\bar{C}} = 1,13 \end{aligned}$$

En consecuencia, el proyecto es factible económicamente.

Para construir el indicador TBPA, calculamos:

$$\begin{aligned} (\overline{CC})_{NC} &= 8.500 \times 1,09 + 8.500 = 17.765 \\ (\overline{CR})_{NC} &= \frac{4000}{1,09^{10}} = \frac{4000}{2,3674} = 1.689,6 \end{aligned}$$

Para saber si debe de inmediato iniciarse la construcción, calculamos (omitiendo ΔVR):

$$\begin{aligned} \text{TBPA} &= \frac{B_{NC+1}}{(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}} = \\ &= \frac{1.600}{17.765 + 1.689,6} = 0,0822 \end{aligned}$$

Siendo TBPA < d, el proyecto debe postergarse. Para saber cuántos años, calculamos

$$\begin{aligned} B_{0,1} &= [(\overline{CC})_{NC} + (\overline{CR})_{NC}] \times d \\ &= [17.765 + 1.689,6] \times 0,09 = 1.750,91 \end{aligned}$$

El primer beneficio anual que supere a $B_{0,1}$ es el del año 5, que es entonces el año más conveniente de habilitación. Por lo tanto, si se verifica que los tránsitos que utilizarán el camino desde el año 5 hasta el año 24 no obligan a modificar el proyecto original, las obras deben iniciarse en el año 3, con una postergación de 2 años.

ANEXO III

Determinación del año óptimo a partir del beneficio neto anual

La serie de costos de construcción, reconstrucción y valor residual, cuyo valor actualizado al año cero es $\bar{C}$, puede reducirse a una serie equivalente de costos anuales constantes, a lo largo de los NS años de servicio.

Dicho costo anual CA se calcula actualizando $\bar{C}$ al año NC, y luego aplicando a este

resultado el factor de recuperación del capital. O sea:

$$CA = \frac{\bar{C}}{(1+d)^{NC}} \cdot \frac{d(1+d)^{NS}}{(1+d)^{NS} - 1}$$

Para cada año de los NS de servicio puede definirse el beneficio neto BN_i

$$BN_i = B_{NC+i} - CA$$

El valor neto actual resulta en función de BN:

$$\begin{aligned} \text{VNA} &= \sum_{i=1}^{NS} \frac{B_{NC+i} - CA}{(1+d)^{NC+i}} = \\ &= \frac{1}{(1+d)^{NC}} \sum_{i=1}^{NS} \frac{BN_i}{(1+d)^i} \end{aligned}$$

Puede imponerse como criterio de rentabilidad inmediata, que desde el primer año sea $BN_i > 0$, o sea, que el beneficio del primer año sea mayor que el costo anual:

$$B_{NC+i} > \bar{C} \cdot \frac{(1+d)^{NC+NS} \cdot d}{(1+d)^{NS} - 1} \quad (15)$$

El primer valor de i para el cual B_{NC+i} supera a CA, indica el año óptimo de iniciación de las obras, de acuerdo con este criterio.

Este método tiene una fundamentación menos rigurosa que TBPA, y por otra parte, en caso de aplicarse, está sujeto a iguales restricciones en cuanto a la invariabilidad del perfil de inversiones, o sea de $\bar{C}$.

En el ejemplo numérico del Anexo II, tendríamos:

$$\begin{aligned} \bar{C} &= 15.623,7 && \text{miles de \$} \\ d &= 0,09 \\ (1+d)^{NS} &= 1,09^{20} = 5,6044 \\ (1+d)^{NC+NS} &= 1,09^{22} = 6,6586 \\ &&& 6,6586 \times 0,09 \\ CA &= \frac{15.623,7}{5,6044 - 1} = 2.033,5 \end{aligned}$$

El primer valor de B_{NC+i} que supera a CA es 2.042 en el año 8, que sería el año óptimo de habilitación, según este criterio.

Reconocimiento:

El autor desea expresar su reconocimiento a los Ingenieros Horacio PESCE y Félix DARNESI, de la División Estudios Económicos de Vialidad Nacional, y Tancredi L. CERENZA, de la Dirección Nacional de Planeamiento Sectorial de la Subsecretaría de Transporte, por la colaboración prestada a través de sus observaciones y sugerencias relativas al presente trabajo.

Bibliografía:

"Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales" — Dirección Nacional de Vialidad (1972).

TUNELES

Criterios Geológicos

Por el Dr. Jorge J. C. Colombo *

Cuando se habla de túneles, la imaginación piensa en el Hernandarias, en el Trasadino o el túnel del Monte Blanco pero además de esas grandes obras que hacen época, en las grandes ciudades se construyen subterráneos para el transporte de pasajeros, colectoras profundas, emisarios de arroyos cubiertos y también para aguas negras y de lluvias, enlaces ferroviarios y galerías de servicio y eso sin contar las obras relativas a la minería: galerías y pozos a veces de grandes dimensiones sea para extraer el mineral y también para ventilación y drenaje de aguas.

Entre las obras humanas, los túneles son las que más exigen un profundo y consciente estudio geológico sea antes como durante los trabajos.

Vamos aquí a resumir los diferentes estudios a realizar en presencia de un problema de transportes de pasajeros o mercadería, para solución del cual y por varias causas se hace necesario la construcción de un túnel para vía de comunicación.

La construcción de una obra subterránea es siempre un problema complejo que exige método y estudio que se agrupan en dos fases:

- a) estudio del terreno, de una franja de un ancho variable según la geología del lugar.
- b) la obra misma y su ejecución.

La primera fase comprende:

- 1º — un estudio geológico profundo sobre la litoestratigrafía del terreno.
- 2º — resistencia mecánica.
- 3º — fracturación.
- 4º — alteración.
- 5º — hidrología.

Los criterios que guiarán los trabajos de la obra se basarán ante todo en su profundidad y dimensión además de considerar los posibles cruces y los caracteres de las cercanías.

Establecido el plano de trazado, es decir extensión y profundidad, iniciaremos la primera fase con el estudio geológico del terreno a perforar.

Se presentan enseguida dos casos:

- Terreno homogéneo sea en el lugar de la obra como en las cercanías.
- Sucesión de formaciones diversas y de débil resistencia con relación a las dimensiones de la obra.

En este segundo caso se consideran las características medias del terreno en la mitad superior del túnel hasta una distancia de la pared del túnel igual al radio medio de la sección excavada al principio.

Los estudios se completarán según las características o sea la mayor o menor homogeneidad del terreno.

Los trabajos de sondeo y de extracción de testigos deben disponerse para que los ensayos de laboratorio puedan facilitar resultados positivos al programarse los trabajos. La búsqueda de testigos puede presentar dificultades; a veces es necesario construir un viaducto o perforación piloto de avanzada, seguida, si es necesario por un sostén provisorio. Confección de perfiles geológicos transversales y longitudinales al trazado de la galería y perpendiculares a los estratos — Confección del perfil definitivo a lo largo de todo el trazado.

Este sondeo geológico acompañado por el ensayo de testigo puede aún, ser completado por estudio geofísico mediante método eléctrico y sísmico. Los resultados de las perforaciones deben relacionarse con las búsquedas exteriores y con indagaciones geofísicas sobre todo cuando las coberturas pétreas son potentes.

Averiguación de las emanaciones de gas y las condiciones geotérmicas.

Si la obra es profunda hay que establecer el nivel freático y la presencia de aguas subterráneas. A veces es conveniente construir galerías subsidiarias para conocer mejor las condiciones ambientales en relación a las presiones sobre paredes y sostenes.

Si el túnel es para transporte (carreteras, ferroviario) es bueno considerar las rampas, necesarias para favorecer el drenaje en el 0,3 y 1 %. A demás si un tren debe entrar a la velocidad de 60 Km/hora así que, si existe una parada anterior, ésta deberá estar a 400 ó 500 m. para que el tren alcance dicha velocidad.

Se hace necesaria una clasificación convencional de las calidades de los terrenos a excavar y revestir.

Este diagrama muy empleado entre los constructores de túneles especialmente alemanes, considera el fenómeno que cualquier terreno recién cortado según una bóveda de medio punto, resiste un tiempo sin hundirse. Este fenómeno prueba que la resistencia mecánica en la mayor parte de los terrenos es superior a las tensiones tangenciales en la zona inmediata a la excavación, retrasando el cedimiento y permitiendo disponer de un tiempo relativo para preparar el sostén necesari-

rio — Este tiempo oscila entre márgenes diferentes según la clase de la roca (cohesión, humedad) y de la amplitud del hueco.

De allí, es posible estimar la profundidad del disparo o arranque del material asegurando al mismo tiempo seguridad con el mayor avance.

RESISTENCIA MECANICA

Dicha resistencia, no siempre suficiente para afirmar la estabilidad del terreno, ofrece un primer criterio de clasificación como guía en la selección de sostenes.

Esta clasificación que comprende dos grandes grupos: rocas y suelos (Terzaghy) se basa en coeficientes de resistencia que se calcula según la fórmula de Protodiakonov.

$$f = \tan \omega + \frac{c}{Oc} \quad \text{en caso de suelo}$$

$$f = \frac{OK}{100} \quad \text{en caso de rocas}$$

de donde:

ω : ángulo de frotamiento del terreno

c : su cohesión (en bars)

Oc : resistencia a la compresión (en bars, según ensayo)

OK : resistencia a la compresión simple de la roca (en bars) sobre probeta de arranque.

La definición del coeficiente de resistencia de Protodiakonov pide en caso de suelo las siguientes observaciones:

— el ángulo ω y la cohesión c que intervienen en la fórmula, son los que se miden sobre probetas en el caso de una puesta en carga lenta (drenada) del terreno.

Por otro parte si ω' y C' son los valores del ángulo de frotamiento y de la cohesión medidas rápidamente (no drenadas), se sabe que existe, entre ω' , C' y la resistencia K a la compresión simple la relación:

$$C' = OK \frac{1 - \sin \omega'}{2 \cos \omega'}$$

$$\text{de donde } f = \tan \omega + \frac{C}{OK} =$$

$$= \tan \omega + \frac{1 - \sin \omega'}{2 \cos \omega'} \times \frac{C}{C'}$$

* Geólogo de la Dirección Nacional de Vialidad.

El término $\frac{1 - \operatorname{sen} \omega}{2 \cos \omega} \times \frac{C'}{C}$ depende del

estado de consolidación del terreno. Se puede por eso distinguir dos casos extremos:

a) si se trata de terrenos a la vez muy poco permeables y muy poco consolidados, ω' es prácticamente siempre muy cercano de 0 cualquiera sea ω y entonces

$$f = \operatorname{tang} \omega + \frac{C}{2 C'}$$

además $\frac{C}{2 C'}$ es débil (comprendido entre 0 y 0,20)

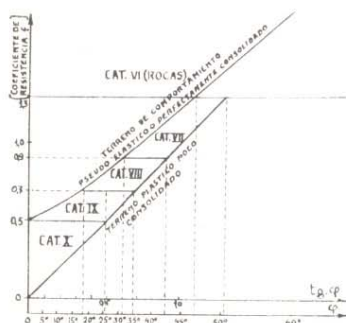
El límite inferior de f se identifica entonces con $\operatorname{tang} \omega$.

b) si se trata, sea de terrenos muy compactos perfectamente consolidados o de terrenos muy permeables, ω' y C' se confunden prácticamente con ω y C . y resulta entonces:

$$f = \operatorname{tang} \omega + \frac{1 - \operatorname{sen} \omega}{2 \cos \omega} = \frac{\operatorname{tang} \omega}{2} + \frac{1}{2 \cos \omega} = \frac{1 + \operatorname{sen} \omega}{2 \cos \omega}$$

Nosotros hemos presentado en el gráfico siguiente, las curvas dando f en función de ω en estos dos casos extremos.

Los valores de f correspondientes a las diferentes calidades de terreno están representadas por puntos situados en el espacio entre las dos curvas.



De Rev. Túneles - Arch. A.F.T.E.S. - Año 1974 - Pág. 32

Para un mismo valor del ángulo ω dos suelos o un mismo suelo en dos estados diferentes, pueden ser clasificados entre dos categorías diferentes, en función de su plasticidad y de su grado de consolidación.

Según la resistencia calculada en ensayo de laboratorio (por coeficiente) pueden los terrenos, en 10 grandes categorías, ser agrupados en: Rocas y Suelos.

Las arcillas constituyen un material muy difícil porque secas se quiebran y húmedas se hinchan. Están formadas por un agregado de partículas microscópicas, separadas por poros, son plásticas, se consideran elásticas pues su volumen cambia (disminuye y se

Rocas coherentes sometidas a presión, en principio se deforman débilmente, luego se fracturan y rompen

Rocas pseudo-coherentes, se comportan como coherentes si secas e incoherentes si embebidas en agua.

Rocas incoherentes formadas por elementos sueños no cementados, variando según los elementos que las componen, es decir según dimensión, forma y naturaleza geológica.

recupera) según el agua que penetra en sus intersticios.

Existen también unas rocas turbosas que están integradas por sustancias vegetales, muy elásticas pierden y recuperan agua fácilmente.

El principal factor que contribuye a la resistencia a la compresión, según Terzaghy es su permeabilidad, que se mide en Kg/cm², en laboratorios con aparatos (edómetros, con los cuales se fijan los coeficientes y las curvas de compresión).

Se mide la resistencia a la compresión también con pruebas de carga midiendo su disminución bajo pesos especiales y esto tiene una gran importancia en toda construcción.

ROCAS

		Coef.
I) Rocas de resistencia superior —	: Basalto, Cuarcita muy compacta.	— 20
II) Rocas muy resistentes —	: Granito resistente, Gres, Pórfido, y Calcáreos muy resistentes.	— 13 — 19
III) Rocas buenas —	: Granito, Asperón y Calcáreos buenos, Mármoles, Dolomitas, Conglomerado compacto.	— 7 — 13
IV) Rocas bastante resistentes —	: Asperón ordinario, Esquistos silíceos, Asperón esquistoso.	— 5 — 7
V) Rocas de resistencia mediana —	: Esquistos arcillosos, Asperón y Calcáreo de resistencia mediana, Margas compactas, conglomerado poco consistente.	— 3 — 5
VI) Rocas poco resistentes —	: Esquistos Calcáreos poco resistentes, fracturados, Margas comunes, Yesos, Piedra de yeso, Asperón muy fraccionado, Pudingas y Suelos con gravas comprimidas, Arcillas duras.	— 1,3 — 3

SUELOS

VII) Rocas trituradas y Suelos muy consolidados —	: Arcillas, Aluviones coherentes, Arenas arcillosas consolidadas, Arenas y Gravas compactas.	— 0,9 — 1,3
VIII) Suelos medianamente consolidados —	: Turbas Arenas arcillosas, Arenas húmedas en parte consolidadas.	— 0,7 — 0,9
IX) Suelos poco consolidados —	: Terraplenes plásticos poco consolidados, Arenas y Gravas con agua.	— 0,5 — 0,7
X) Donde fluye agua —	: Barro y otros suelos plásticos saturados de agua.	— 0,5

SOSTENES

Enunciadas las categorías, pasemos a indicar los sostenes convenientes a cada una, pero agrupándolos también en los grandes conjuntos: rocas y suelos.

ROCAS

Rocas coherentes duras

- I. — ningún sostén.
- II. — ningún sostén — gunita XX de poco espesor 2 a 5 cm en casquetes-empernaduras con bulones con o sin grilla a distancia de 1 a 2 m.

Las cuarcitas requieren para perfo-

XX.: gunita; hormigón lanzado.

(Continúa en la pág. 24)

JULIO - SEPTIEMBRE 1974

Finalizó la Ejecución de Obras y Trabajos en más de 338 Kilómetros

La Dirección Nacional de Vialidad informó que han sido concluidas entre los meses de enero y agosto de 1974, once obras en distintos tramos de rutas nacionales que abarcan una longitud de 338,288 kilómetros como asimismo la construcción de cinco puentes que totalizan 722 metros. La ejecución de dichas obras y trabajos demandó una inversión de 233.184.000 pesos.

En jurisdicción de la provincia de Buenos Aires finalizaron las obras de ensanche y la construcción de tres puentes en el tramo ubicado entre Chivilcoy y Pehuajó de la Ruta Nacional 5, a cargo de la empresa ABEL FABRIZIO por un monto de 1.951.000 pesos. La ejecución de obras básicas con calzada de hormigón armado en casi 20 kilómetros de la Ruta Nacional 9, tramo: Garín - Campana (2ª Sección), a cargo de la empresa IEZZI OTTONELLO Y CIA, por un importe de 73.116.000 pesos y la reconstrucción de la calzada con hormigón simple y de los desagües del tramo que se encuentra entre la Avda. General Paz y la Avda. Mitre de la Ruta Nacional 205, que fueron ejecutados por la empresa TESTA HNOS., por un monto de 5.312.000 pesos.

En la provincia de Tucumán, finalizó la ejecución de obras básicas, tratamiento bituminoso tipo triple y la construcción de tres puentes de hormigón armado, en la Ruta Nacional 38, tramo: Aguilares-Montero, a cargo de la empresa S.C.A.C. S.A. por un importe de 8.300.000 pesos. La construcción de un puente de 120 metros de longitud se ejecutó sobre el Río Calchaquí, que se encuentra ubicado en el tramo Río Molinos-Payogasta, de la Ruta Nacional 40, provincia de Salta. El proyecto y construcción de este puente fue contratado con la empresa CARLOS I. MANGIONE, por un importe de 4.180.000 pesos.

Otro puente de hormigón armado se ejecutó sobre el Río Salado, que cruza el tramo Bazán-Límite con Catamarca, de la ruta nacional Nº 38, en jurisdicción de la provincia de La Rioja. La construcción fue contratada con la EMPRE-

SA OMEGA, por un importe de 460.000 pesos.

En la ruta 259, provincia de Chubut, finalizó la construcción de obras básicas y carpeta con concreto asfáltico en el Acceso Norte a la ciudad de Esquel y cuya ejecución estuvo a cargo de la empresa VICENTE ROBLES S.A., por un importe de 6.668.000 pesos.

Asimismo, terminaron las obras básicas y la carpeta con concreto asfáltico en 138,500 kilómetros de la ruta nacional Nº 188, comprendidos entre C. Gómez-Fortuna y Unión, provincia de San Luis. Fueron contratadas con las empresas BABIC S.A. e HIDROVIAL S.A. en la suma de 28.179.000 pesos.

También fueron reacondicionadas las obras básicas y la colocación de una carpeta con concreto asfáltico, en el tramo Loreto-La Abrita-El Zanjón, de la ruta nacional Nº 9, provincia de Santiago del Estero. Estas obras fueron ejecutadas por la empresa COPYC S.A. en la suma de 20.454.000 pesos.

Por último, en la provincia de Santa Cruz se concluyeron obras en dos tramos de la ruta nacional Nº 3. En el tramo Comandante Piedrabuena-Cañadón de las Vacas, por un importe de 50.637.000 pesos la empresa MACKENTOR S.A., realizó los trabajos de reconstrucción y ensanche de las obras básicas y la ejecución de tratamiento tipo triple en una longitud de más de 68 kilómetros. También la citada empresa y por un importe de 33.927.000 pesos, realizó la construcción de obras básicas y la ejecución de un tratamiento bituminoso tipo triple, en una longitud de 45,815 kilómetros comprendidos en el tramo Cañadón de las Vacas-Hotel Aike.

EN LOS MESES DE JULIO Y AGOSTO FUERON ADJUDICADAS Y CONTRATADAS OBRAS POR MAS DE 330 MILLONES

Un conjunto de 23 obras fueron adjudicadas, y en su mayoría contratadas, por la Dirección Nacional de Vialidad en los meses de julio y agosto del corriente año. La inversión que demandará su ejecución es por un monto total de 330.565.410,95 pesos y corresponden a tramos de rutas nacionales ubicados en jurisdicción de las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Mendoza, La Pampa, Chaco, Misiones, Entre Ríos, Salta y Río Negro.

Detalle:

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Ruta 188

Tramo: Drabble-Villegas (Km. 331-Km.365). Construcción de banquetas, bacheo, base y carpeta bituminosa tipo concreto asfáltico. Contratada con la empresa SYCIC S.A. por un importe de 10.111.171 pesos.

Ruta 227

Tramo: Lobería - Empalme Ruta Nacional 226. Obras básicas y pavimento bituminoso. Contratada con la empresa I.A.C.U.S.A., por un importe de 46.232.605,96 pesos.

Ruta 3

Tramo: Teniente Origone - Hilario Ascasubi. Reconstrucción de pavimento existente mediante la construcción de carpeta con mezcla bituminosa tipo concreto asfáltico en caliente, previa restitución del gálibo, en 6,70 metros de ancho. Longitud: 37 kilómetros. Contratada con la empresa EQUIMAC S.A., por un importe de 9.654.216 pesos.

Ruta 33

Tramo: Tornquist - Pigüé. Construcción de un puente de hormigón armado y sus accesos, sobre el arroyo Sauce Chico. Adjudicada a la empresa IEZZI OTTONELLO Y CIA. S.A. por un importe de 4.279.845 pesos.

SANTA FE

Ruta 11

Tramo: Malabrigo - Reconquista. Reconstrucción y repavimentación de la calzada. Contratada con la empresa COPYC S.A. por un importe de 19.042.719 pesos.

Ruta 11

Tramo: Calchaquí - Vera. Km. 673-Km. 720. Repavimentación de la calzada. Contratada con la empresa COPYC S.A. por un importe de 11.715.877 pesos.

Ruta 33

Tramo: Fuentes - Ruta Provincial 16. Construcción

del camino y un puente. Contratada con la empresa MARENGO S.A., por el importe de 18.717.932,90 pesos.

Ruta 19

Tramo: Sa Pereyra - Límite con Córdoba. Km. 59,6 Km. 127,1. Bacheo, carpeta con mezcla bituminosa tipo concreto asfáltico. Contratada con las empresas SASAROLI HNOS. S.A. Y WOLCAN Y VAZQUEZ S. A., por un importe de pesos 17.273.983.

Ruta 168

Tramo: Río Colastiné - Acceso al Túnel Subfluvial "Hernandarias". Limpieza y profundización de cauce.

CORDOBA

Ruta 9

Tramo: Villa María - Oliva. Km. 561-Km. 611. Bacheo de calzada y ejecución de carpeta, restitución del gálibo y carpeta de rodamiento con mezcla tipo concreto asfáltico. Contratada con la empresa INGAR S.A. por un importe de 12.518.660 pesos.

Ruta 19

Tramos: La Francia - Tránsito (Km. 183 - Km. 239) y Tránsito Río Primero (Km. 239 - Km. 282). En ambos tramos se ejecutarán: reparación de base, mejoramiento de rasante, bacheo de bordes y pavimento, ejecución de carpetas asfálticas en 6,70 metros de ancho y ensanche de pavimento en 1,30 metros y construcción de banquetas y obras de arte. Contratados con la empresa GARDEBLED HNOS. S.A. por los importes de 16.470.593,52 y 14.867.689,26 pesos, respectivamente.

MENDOZA

Acceso a las instalaciones del Regimiento de Infantería Montaña 11 "General Las Heras". Obras básicas y calzada pavimentada con tratamiento bituminoso superficial tipo doble en 6 metros de ancho. Contratada con la empresa MAURI-

CIO WAISMAN S.A., por el importe de 1.945.393,40 pesos.

Ruta 7

Tramos: La Paz - Alto Verde (Sección Las Catitas - Alto Verde) y Alto Verde - La Purísima (Sección Alto Verde - San Martín). En ambas secciones se ejecutarán las obras básicas, pavimento flexible y carpeta bituminosa tipo concreto asfáltico. Contratadas con las empresas GUTIERREZ Y BELINSKY S.A. y MAURICIO WAISMAN S.A., por los importes de 22.111.736,03 y 18.402.043,78 pesos, respectivamente.

LA PAMPA

Ruta 152

Tramo: Valle Argentino - General Acha. Construcción de las obras faltantes. Contratada con la empresa MARENGO S.A. por el importe de 11.982.676,32 pesos.

CHACO

Ruta 95

Tramo: La Tigra - Tres Isletas. Ejecución de un tratamiento superficial tipo simple, contratada con la empresa MODELO S.A., por el importe de 2.952.832,40 pesos.

MISIONES

Ruta 105

Tramo: Santa Ana - Oberá. (Km. 0 - Km. 18,829). Repavimentación del tramo con carpeta bituminosa tipo concreto asfáltico en 6,70 metros de ancho, previo bacheo del pavimento existente. Contratada con la empresa CARLOS E. ENRIQUEZ S. A. por el importe de pesos 9.552.348,78.

Ruta 12

Tramo: Paranay Mini - Montecarlo. Ensanche de obras básicas a 13,30 metros y la repavimentación del tramo de una longitud de 24,597 kilómetros con carpeta bituminosa tipo concreto asfáltico en 6,70 metros de ancho. Adjudi-

OFERTAS PARA LA CONSTRUCCION DE MAS DE 153 KILOMETROS DE CAMINOS Y UN PUENTE EN LA RUTA 40

En la Dirección Nacional de Vialidad se realizó la apertura de las propuestas presentadas para optar a la adjudicación, para la ejecución de trabajos de enripiado en 6,70 metros de ancho y 0,15 metros de es-

pesor, como asimismo la construcción de un puente de 62 metros de luz sobre el Río Chico, en un tramo de la Ruta Nacional 40, ubicado entre Las Horquetas y Lago Cardiel, en jurisdicción de la provincia

de Santa Cruz, y que tiene una longitud total de 153,18 kilómetros.

Para la presentación de las ofertas el tramo citado fue dividido en tres secciones y un plazo de ejecución de 42 meses.

DETALLE:

RUTA 40 - Tramo: Las Horquetas - Lago Cardiel - Pcia. de Santa Cruz.

I) Sección: Las Horquetas-Casa Riera. Longitud: 55 kilómetros. Presupuesto: 11.654.454 pesos.	
1º) Kank y Costilla S.A.C.I.A.F.	\$ 13.376.154.25
2º) Vial del Sur S.A. e Ingeniería S.R.L. Basso y Niella	„ 18.055.206.29
3º) Mackentor S.A.	„ 21.638.920.53
4º) Burgwardt y Cia. S.A.	„ 23.377.941.95
II) Sección: Casa Riera-Las Tunas. Longitud. 45 kilómetros. Además del enripiado, un puente de 62 metros de luz. Presupuesto: 17.149.318 pesos.	
1º) Kank y Costilla S.A.	\$ 23.769.587.50
2º) ECOFISA Emp. Construct. Financ. S.A. y Declas S.A.	„ 23.959.152.12
3º) Vial del Sur S.A. e Ingeniería S.R.L. Basso y Niella	„ 26.078.895.52
4º) Caputo S.A.	„ 28.966.506.70
5º) Mackentor S.A.	„ 30.423.946.12
III) Sección: Las Tunas-Lago Cardiel. Longitud. 53,18 kilómetros. Presupuesto: 21.031.254 pesos.	
1º) ECOFISA S.A. y Declas S.A.	\$ 27.615.399.76
2º) Kank y Costilla S.A.	„ 29.665.199.85
3º) Vial del Sur S.A. e Ingeniería S.R.L. Basso y Niella	„ 31.756.077.89
4º) Caputo S.A.	„ 35.773.129.12
5º) Mackentor S.A.	„ 36.589.734.53
6º) Burwardt y Cia. S.A.	„ 37.913.921.16

Algunas consideraciones

El tramo Las Horquetas - Lago Cardiel, está compuesto por la actual Ruta Provincial 521, desde las proximidades del Hotel Las Horquetas hasta Casa Riera. Sobre la margen izquierda del Río Chico la ruta cruzará este río para buscar en dirección sur el empalme con el tramo que, desde la estancia "La Ar-

gentina" conducirá a la localidad de Tres Lagos.

La sección Casa Riera - Las Tunas, que tiene una longitud de 100 kilómetros, está servida por huellas vecinales. El proyecto a ejecutar se inicia en el kilómetro 55 y cruza el Río Chico, —un puente que tendrá 62 metros de luz—, para continuar por el valle hasta el kilómetro 65,700, lugar donde se desarrollara

en la planicie ubicada al pie de la meseta del Sto. Bel. Los suelos de esa sección están compuestos, por limos arenosos y ripiosos.

La ejecución de esta obra, además de dar continuidad a la ruta Nacional 40, interrumpida en plena cordillera en el lugar denominado Tucú-Tucú, posibilitará la conexión con la Ruta 521.

cada a la empresa CARLOS E. ENRIQUEZ S.A., por un importe de 20.397.779,86 pesos.

ENTRE RIOS

Ruta 12

Tramo: Paraná Guazú - Ceibas (Sección Arroyo Sagastume - Arroyo Ceibas). Construcción de las obras básicas, pavimento y siete puentes de hormigón. Adjudicada a la empresa TECHINT S.A. por un importe de 42.597.515,88 pesos.

Ruta 127

Tramo: Empalme Ruta Nacional 126 - Arroyo Burgos. Obras de repavimentación. Contratada con la empresa CELIA S.A. por un importe de 5.774.754 pesos.

SALTA

Ruta 34

Tramo: Tartagal - Pociotos. (Sección Km. 1730,400 Km. 1792). Trabajos de bacheo de la calzada existente con premezclado bituminoso y tratamiento bituminoso superficial tipo doble en 6,70 metros de ancho y en una longitud total de 57 kilómetros 600 metros. Adjudicada a la empresa PAOLINI HNOS. por un importe de 4.738.259 pesos.

RIO NEGRO

Ruta 242

Tramo: Empalme Ruta Nacional 22 - Tricaco (Sección: Puente sobre Paso Córdoba - Cerro de la Cruz). Construcción de terraplenes parciales, reconstrucción de subrasante y base, tratamiento tipo simple con sellado adicional, obras de arte y banquinas. Adjudicada a las empresas CONTE GRAND Y ALFONSO S.R.L. por el importe de 5.446.662,28 pesos.

CAMINO DE LAS ALTAS CUMBRES

Entre la Dirección Nacional de Vialidad, representada por su administrador general, ingeniero Hipólito Fernández García y la Gobernación de la provincia de Córdoba, que en esa oportunidad estaba representada por su interventor profesor Duilio Brunello, fue suscrito un convenio referente a la transferencia y construcción del denominado Camino de las Altas Cumbres, que vincula la Autopista Córdoba-Carlos Paz con la localidad de Villa Dolores, en jurisdicción

de la citada provincia.

El convenio expresa:

Artículo 1º) Se deja sin efecto la transferencia a la Dirección Nacional de Vialidad, de la Ruta sin número llamada Altas Cumbres y comprendida entre el empalme de la Autopista Córdoba-Carlos Paz (en las proximidades de Yocovina) y la localidad de Villa Dolores, sobre su nuevo trazado, en una longitud aproximada de 140 kilómetros, que fuera pactada en el acuerdo suscripto el 26-9-69 (artículo 2º - expediente Nº 13.613) modificando por el del 24-12-70 (artículo 2º - expediente número 975).

Artículo 2º) La sección del camino mencionado comprendida en el kilómetro 20, tomando como origen (Km. 0) el empalme con la autopista Córdoba-Carlos Paz y el lugar denominado Piedra de la Tortuga, continuará a cargo de la Dirección Nacional de Vialidad hasta tanto se haya efectuado la construcción de las obras básicas (ancho: 19 metros), que

Programa de Obras que se Licitan en el Mes de Octubre

La Dirección Nacional de Vialidad ha confeccionado un programa de licitaciones de obras cuyas aperturas se producirán durante el mes de octubre. La inversión que demandará la ejecución de esas obras es por un monto de 207.123.078 pesos. El detalle de las licitaciones es el siguiente:

Día 7. — Provincia de San Juan. Construcción e instalación de desagües en el primer tramo de la avenida de Circunvalación de la ciudad de San Juan. Presupuesto \$ 4.325.300. Plazo de ejecución: 7 meses.

Día 8. — Provincia de Tucumán. Autopista de Acceso a la ciudad de San Miguel de Tucumán. Tramo: Empalme Ramal Bella Vista - Ruta Provincial número 301. Obras básicas, pavimento y la construcción de nueve puentes de hormigón pretensado. Presupuesto: \$ 73.960.700. Plazo de ejecución: 30 meses.

Día 9. — Provincia de Buenos Aires. Ruta Nº 210. Tramo: Temperley - Brandsen. Sección: Longchamps - Brandsen (Km. 31 - Km. 71). Demolición de pavimento bacheo y carpeta. Presupuesto: \$ 12.003.842. Plazo de ejecución: 10 meses.

Día 10. — Provincia de Jujuy. Ruta sin número. Tramo: Aeropuerto "El Caudillo" - El Cuartadero. Obras básicas, pavimento flexible y puente de hormigón armado. Presupuesto: \$ 16.992.000. Plazo de ejecución: 15 meses.

Día 11. — Provincia de La Rioja. Ruta Nacional Nº 60. Tramo: Mazán - Los Pozuelos. Sección Km. 1164,1 - Km. 1233). Tratamiento bituminoso superficial tipo sellado. Presupuesto: \$ 1.510.952. Plazo de ejecución: 6 meses.

Día 14. — Provincia de Neuquén. Ruta ex "h". Tramo: Río Malleo - Paso Tromen. Construcción de un puente sobre el Río Malleo. Presupuesto: \$ 2.213.900. Plazo de ejecución: 18 meses.

Día 15. — Provincia de Santa Fe. Ruta Nacional Nº 11. Tramo: Recreo - San

Justo. Sección Km. 484-Km. 565. Bacheo, sustitución de suelos, reparación de depresiones y carpeta. Presupuesto: \$ 17.064.055. Plazo de ejecución: 14 meses.

Día 16. — Provincia de Santiago del Estero. Ruta Nacional Nº 16. Tramo: Los Tigres - Límite con el Chaco. Sección: Los Tigres - Km. 25. Obras básicas y pavimento flexible. Presupuesto: \$ 18.672.000. Plazo de ejecución: 20 meses. También este día se abrirán las propuestas para la Sección: Km. 25 - Límite con el Chaco. Presupuesto: \$ 28.817.000. Plazo de ejecución: 24 meses.

Día 16. — Provincia del Chaco. Ruta Nacional número 16. Tramo: Límite con Santiago del Estero - Taco Pozo - Límite con Salta. Obras básicas y tratamiento bituminoso superficial tipo doble. Presupuesto: \$ 15.219.300. Plazo de ejecución: 20 meses.

Día 17. — Provincia de Buenos Aires. Ruta Nacional Nº 192. Tramo: Luján - Empalme Ruta Nac. Nº 8 (Robles). Sección: Km. 0 - Km. 24,100). Bacheo, carpeta y alteo de banquinas. Presupuesto: \$ 6.119.771. Plazo de ejecución: 6 meses.

Día 21. — Provincia de Santiago del Estero. Ruta Nacional Nº 9. Tramo: Loreto - La Abrita - El Zanjón - Secciones Varias. Bacheo, carpeta y banquinas. Presupuesto: \$ 3.687.753. Plazo de ejecución: 4 meses.

Día 22. — Provincia de San Juan. Ruta sin número. Tramo: Barreal - Límite con Mendoza. Base estabilizada y tratamiento bituminoso tipo simple. Presupuesto: \$ 6.445.505. Plazo de ejecución: 14 meses.

ganismos viales.

Artículo 3º) Las partes se obligan a realizar las gestiones conducentes al perfeccionamiento legal del presente convenio quedando a cargo de la Dirección Nacional de Vialidad las que correspondan a jurisdicción nacional y de la Dirección Provincial de Córdoba, las correspondientes a jurisdicción provincial, incluyendo su ratificación por ley de la Provincia.

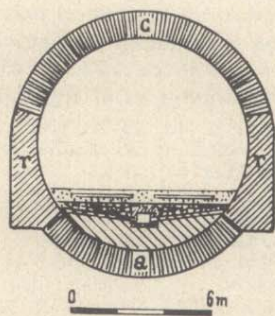


Fig.
Nomenclatura del revestimiento
de una "gran" galería

C: calota
r: jamba
a: arco inverso

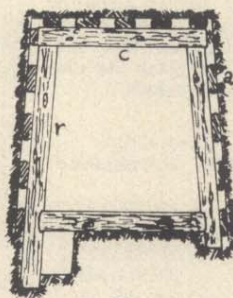


Fig.
Nomenclatura de una
pequeña galería

C: calota
r: jamba
a: anclaje

De "Geología aplicada a la Ingeniería" de Ardito Desio - Año 1959 - pag 922

ración aceros especiales.

En rocas porfíricas hay que temer las fragmentaciones.

Cuando enunciamos dos o tres métodos dejamos al criterio del constructor la elección de los mismos, que hará según la calidad de la roca.

Rocas semicoherentes

III. — gunitado X en un espesor de 2 a 7 cm. sobre todo en casquetes.

Empernaduras con bulones a la distancia de 0,70 m a 2,50 m con grilla.

IV. — gunitado de 3 a 7 cm, sobre enrejado o también hormigón proyectado de 10 a 15 cm. con o sin enrejado.

Una empernadura con bulones cercanos 1,50 a 0,50 cm. con grilla o gunita de 3 a 5 cm.

Colocación de arcos metálicos con o sin placas metálicas de blindaje sobre cimbras, sobre todo en casquete.

V. — Hormigón proyectado 10 a 20 cm. con o sin enrejado, con cimbras metálicas. Una enclavadura a la distancia de 0,50 a 1,2 m. según la puesta en tensión de los bulones (ensayar antes) con grilla y gunita.

Hormigón proyectado, cimbras metálicas con placas de blindaje en casquete.

En las categorías siguientes antes de elegir el sostén habrá que controlar las posibles napas freáticas y la velocidad de circulación de las aguas.

VI. — Hormigón proyectado 7 a 20 cm. sobre grilla sostenidas por cimbras metálicas-Hormigón asociado a bulones.

En esta categoría y las siguientes se excluyen los bulones a gancho prefiriendo los bulones de anclaje continuo empotrados a la resina — Placas metálicas sobre cimbras me-

tálicas posiblemente aplicando interiormente una camada de gunita.

Rocas Incoherentes

VII. — Hormigón proyectado 10 a 20 cm. sobre enrejado sostenido por cimbras metálicas — Bulones empotrados — Placas metálicas de blindaje sobre cimbras metálicas (en casquete y (x) jambas) con o sin detención al avanzar — Utilización de escudo con colocación de cimbras o placas. Hormigón en lugar de revestimiento definitivo.

VIII. — Como lo anterior — enrejado sostenido por cimbras metálicas — Placas de blindaje — Bóvedas de hormigón.

IX. — Como lo anterior — utilizar escudos placas sobre casquetes y jambas. Para las categorías IX y X será necesario (sobre todo en presencia agua) proceder a la consolidación del terreno con:

- a) inyecciones químicas (silicatos o resinas según la permeabilidad)
- b) congelación.
- c) aire comprimido.

El sostén se determinará luego, según las características conferidas al terreno por el tratamiento.

X. — Escudos cerrados — Construcción de bóvedas al interior — perforación de tubos con "gatos".

Estos terrenos, como hemos dicho requieren una preparación anterior, cualquiera sea el sostén elegido.

A medida que la excavación procede, se arman los casquetes y las jambas; a veces hay que reforzar la base.

No existe un método único, todo depende de las condiciones del terreno. Si son pésimas se

(x) jamba: sostén.

usa el sistema del escudo, armazón movable como un cajón que avanza con la excavación.

En las rocas hay a veces intrusiones de cuarzo que conducen el agua a través de rocas impermeables; es a través de esas fracturas que circula el agua en cantidades a veces relevantes, con irrupciones peligrosas y dañinas. Es preciso predisponer defensas y drenaje.

Las calizas tan temidas en los embalses, convienen en túneles por su resistencia estática y facilidad de trabajo, pero a veces presentan oquedades y "cuevas".

Las areniscas (antiguos arenales se labran bien, pero a veces las hallamos alternadas con arcillas (antiguos fangos).

Las arcillas mojadas se vuelven masas densas que empujan en todas direcciones. Solamente si la formación arcillosa es potente y sin intercalaciones pueden a veces convenir.

Los yesos y arcillas yesosas atacan el cemento con las consecuencias imaginables.

A medida que avanza la perforación hay que proveer el sostén provisorio de las paredes hasta disponer el definitivo.

Según los lugares varían los métodos de avance, empezando por el casquete o por las jambas o por el arco de base, pues en las galerías de gran sección no es posible proceder a sección completa.

En caso muy desfavorable (arcillas finas o arenas) se usan escudos metálicos cerrados que avanzan y tienen una abertura para que el obrero proceda y saque el derrubio.

FRACTURACION

La fracturación consiste en la discontinuidad de la roca, separadas en bloques por aberturas cuyas dimensiones varían de un décimo de milímetro a varios centímetros. Casi siempre son rellenadas con material alterado o arcilla. Se separan y se rompen fácilmente siguiendo distintas direcciones. Su origen se debe a variados accidentes y habrá que buscar el sostén según la parte menos resistente del área a sostener.

Siempre atentos debemos estar a la distancia entre fractura y fractura y a su dirección.

La distancia se calculará sobre el plano paralelo al eje de la galería.

Se considera *poco fracturada* una roca cuya distancia sea superior a 1 m; *medianamente fracturada* si oscilan las separaciones entre 0,10 y 1 m; *muy fracturada* si están a menos de 0,10 m.

Esta clasificación modifica forzosamente la tabla de categorías y se limita a las rocas de I a VII y por lo tanto según esta clasificación será forzoso modificar el empleo de los medios de sostén: hormigón proyectado, arco, cimbras, blindajes.

En efecto ningún sostén será eficaz si el terreno no posee una cohesión mínima. Los bulones de anclaje no serán distanciados a menos de 50 cm. con el fin de asegurar un anclaje sólido de los bloques, a la masa rocosa.

Si la distancia es inferior a 1 m., será la clase de roca la que aconsejará el empleo de cimbras y placas o de hormigón proyectado (categoría V a VI).

X.: acción de lanzar hormigón delante de una superficie, (gunitado).

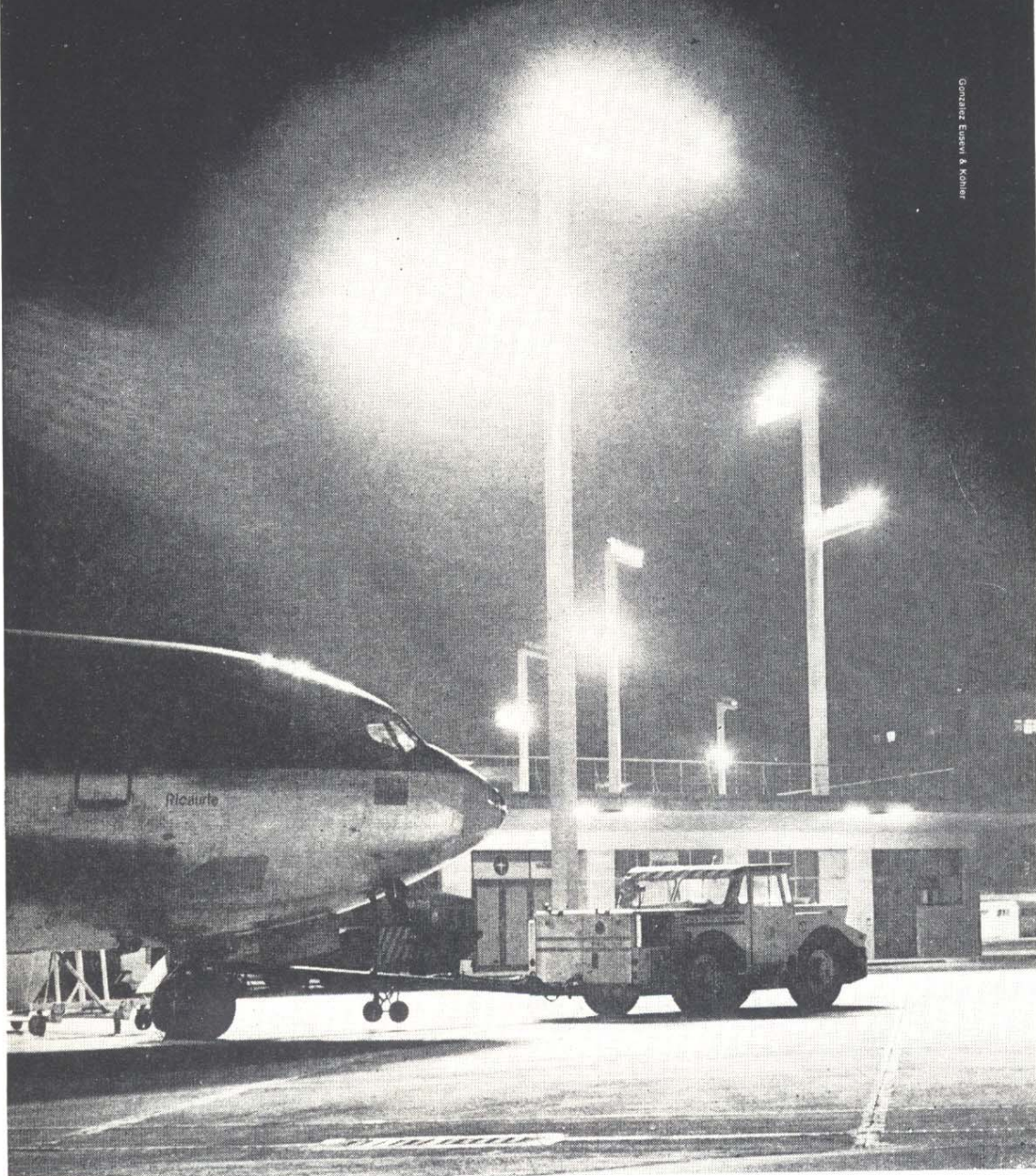
Iluminación: otra de las actividades de SADE.

- Autopistas y caminos.
- Estadios e instalaciones deportivas.
- Aeropuertos.

(Fotografía:
Instalaciones civiles
y militares.
Aeropuerto internacional
de Ezeiza.
Prov. de Buenos Aires)

SADE S.A.C.C.I.F.I.M.
Bmé. Mitre 699 - Buenos Aires
Tel. 30-3060, 34-5541
Telex: 012-1443 SADEA

SADE



Günter Eiser & Köhler

Sabemos hacia donde vamos.



EN EL DIA DEL CAMINO

Adhesión de



Esta es nuestra dinámica: demarcar y señalizar calles, rutas, plantas industriales y aeropuertos.

Advertencias visibles noche y día.
Para usted y los suyos.
Para su seguridad de peatón o conductor.

Nuestra labor - en **LUMICOT** - cubre miles de kilómetros del país. Y si aún nos queda mucho por hacer, sepa que lo estamos haciendo: bien a la vista y para bien de todos.

PRIMERA EMPRESA ARGENTINA DEDICADA CON
CRITERIO INTEGRAL A LA SEGURIDAD VIAL.

CORRIENTES 545 — Piso 10º — Tel. 49-7847/46-6075

puede ser conspicua. Generalmente son los filones de cuarzo que canalizan el agua en el interior de rocas impermeables, otras veces siguen fallas o kars u otro accidente geológico siempre llevadas por una presión hidrostática intersticial elevada.

Suma importancia tiene el estudio de las rocas acuíferas para su defensa y para su drenaje y eliminación permanente. En fase ejecutiva se remedia al afluir de aguas subterráneas con galerías que, previo drenaje de las aguas, serán completadas con revestimientos impermeables.

Generalmente se trata de accidentes localizados que exigen medidas apropiadas: consolidaciones con inyecciones, cimbras y blindajes pero de extensión limitada.

Particular riesgo ofrece la roca alterada, donde las aguas incrementan evidentemente la alteración sobre todo si la presión es elevada; se emplearán sostenes capaces de limitar la alteración, pero teniendo presente que la alteración sojuzgada puede ocasionar un aumento de permeabilidad en las cercanías.

Si se recurre al hormigón proyectado, hay que reducir la llegada de las aguas, para que no se lleven el material antes de consolidarse. De allí la oportunidad de repetidos drenajes.

Las rocas calcáreas pueden contener grandes cantidades de agua en presión y aún temperaturas elevadas tanto mayores por cuanto aumente su profundidad.

Si es posible se recomienda practicar una o más perforaciones paralelas al eje de la galería a una profundidad de 20 a 50 m. adelante del frente como reconocimiento para ubicar accidentes eventuales y a la vez como drenaje. Los accidentes reconocidos podrán ser tratados con inyecciones de consolidación, previo drenaje.

En el caso de margas o arcillas, los fenómenos de hinchazón son de temer; se manifiestan de preferencia cerca de las paredes (jambas radiales y frentes) y habrá que proceder:

- Blindaje parcial o total de las jambas.
- Hormigonado del radial (zampeado),^{*} lo más cerca posible del frente.
- Blindaje total o parcial del frente.

En terreno heterogéneo hay que observar la alternación de camadas permeables e impermeables a veces de granulometría acentuada, las primeras pueden dar corrientes provocando riadas de agua peligrosas para la estabilidad de la pared aún en superficies reducidas y la circulación de las aguas, puede llevarse partículas del suelo; serán los terrenos de la categoría X.

Se recurrirá a escudos con empleo de aire comprimido y de bentonita en el frente de ataque con inyecciones de consolidación y aún con el método de congelación.

FORMACIONES GASEOSAS

El metano (grisú) de las minas de hulla se acumula a veces en el subsuelo y puede

^(*) Zampeado: firme de cadenas de madera y macizos de mampostería para edificar sobre terrenos frías. Del Dicc. Ilustrado de Lengua Española.

provocar explosiones con peligro de incendio, derrumbes y graves daños, tales como emanaciones provenientes de terrenos arcillosos.

Ligado estrechamente a esas emanaciones está el grado geotérmico de la roca que se refleja en la perforación. Ella aumenta con el alejarse de la superficie exterior y si llega a superar los 25°, se hacen necesarias medidas de ventilación. Hubo casos (el último tramo Norte del Simplón) de grandes aumentos repentinos de temperatura que obligó la construcción de un canal para llevar agua que rebajó la temperatura a 15°, siendo la

exterior de 9°, permitiendo así el funcionamiento de las máquinas.

Queremos ilustrar al lector sobre el método usado en la construcción del túnel D'Awali en el Líbano: drenaje completo del agua reemplazada por una solución acuosa de silicato de sodio, adicionada con un reactivo que después de un tiempo determinado, se transforma en gel sólido —sigue una colada de cemento. Las inyecciones por pequeñas etapas sucesivas generalmente a fuerte presión (60 a 80 bars) para la solución y de 100 a 150 bars para la colada de cemento. De revista "TRAVAUX" — Mayo 1965 — N° 365 — págs. 247-260.

Interpretación para la Tabla - Guía de Sostenes

1° Las partes correspondientes a los tipos de sostén, cuyo empleo está adaptado a la categoría del terreno considerado.

2° Cada uno de los símbolos siguientes in-

dica que el empleo del sostén correspondiente es particularmente indicado si la condición representada por el símbolo es cumplida.

Criterios concernientes a las Rocas (I a VI)	{	Fracturación débil.....	○
		" " mediana.....	◐
		" " fuerte.....	◑
		Alterabilidad débil.....	△
		" " fuerte.....	▲

Criterios concernientes a los suelos (VI a X)	{	Débil corriente de agua.....	□
		Corrientes de agua importantes en terreno { ...poco permeables ■ ...permeables.....	□

Criterios concernientes a la Obra.	{	Profundidad { débil.....	(h)
		{ muy fuerte...	(H)
		Abertura de la galería { < 2,50 m. (d) { > 10 m. (D)	
		Amontonamientos estrictamente limitados en los alrededores.	∞

De revista "Tunnels" - Artículo A.F.T.E.S. - Grupo de trabajo - Sostenes y Revestimientos - pág. 38

BIBLIOGRAFIA

- 1) De revista TUNNELS — Artículo A.F.T.E.S. (Grupo de Trabajo Sostenes y Revestimientos) - Texto Provisorio de Recomendaciones relativas a la elección de un tipo de sostén en galería - Año 1974 - Págs. 31-38.

- 2) Texto de GEOLOGIA applicata all'ingegneria de Ardito Desio - Editor Enrique Hoepli - Milán - Año 1939.
- 3) TUNELES Y OBRAS SUBTERRANEAS - Editores Asociados: Barcelona - Año 1972.
- 4) De las revistas "LA TECHNIQUE des TRAVAUX" N° 14 Année - Enero 1938 y Octubre 1937.



5 de
Octubre
DIA
DEL
CAMINO

**Los caminos
de hormigón
son los que recorren
más futuro.**

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

San Martín 1137 - Buenos Aires

SECCIONALES: CORDOBA: Av. Gral. Paz 70, Córdoba - **TUCUMAN:** 25 de Mayo 30, San Miguel de Tucumán - **LA PLATA:** Calle 48 N° 632, La Plata - **ROSARIO:** San Lorenzo 1047, Rosario - **MENDOZA:** San Lorenzo 170, Mendoza - **SAN JUAN:** Ignacio de la Roza 194, Oeste, San Juan - **BAHIA BLANCA:** Luis María Drago 23, Bahía Blanca - **CORRIENTES:** Catamarca 1515 Corrientes - **NEUQUEN:** Av. Argentina 251, Neuquén

Refuerzo de Pavimentos de Hormigón

Por el Ing. Alfredo Marini

I) Introducción

Las técnicas desarrolladas para resolver el problema de diseñar espesores de refuerzos para pavimentos flexibles han tenido amplia difusión en nuestro medio, pudiéndose actualmente obtener soluciones adecuadas a los variados casos particulares que pueden presentarse en la práctica.

Cuando el pavimento existente es rígido, los métodos aplicables al cálculo de refuerzo no han tenido igual divulgación, tal vez como consecuencia de que los pavimentos de hormigón son diseñados estructuralmente para las cargas previstas para períodos largos, de treinta o más años. Inversamente, los pavimentos flexibles son generalmente diseñados por etapas, con diseño inicial para las cargas previstas en un período de diez o quince años, con lo cual la necesidad de re-

forzar a corto plazo es una condición reconocida de anécdotas.

Para el caso de refuerzo de pavimentos de hormigón, a modo de punto de partida, puede resultar de interés aplicar la experiencia extranjera existente en lo referente a diseños de espesores y recomendaciones constructivas.

La ejecución de algunas obras siguiendo esas recomendaciones permitirá formar la necesaria experiencia local para confirmar la bondad de las mismas.

En lo que sigue se exponen brevemente los métodos de mayor divulgación en diversas organizaciones de Estados Unidos de Norte América, excluyendo la información que pueda extraerse de los Departamentos Estatales de Carreteras que basan estos diseños en la experiencia. AASHO da también indicaciones basadas en conclusiones de la pis-

ta de ensayo para solucionar el caso "refuerzo flexible de pavimento rígido".

La información más completa proviene del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, que ha desarrollado un procedimiento que permite dar solución a los siguientes casos:

- Refuerzo rígido de pavimento rígido.
- Refuerzo rígido de pavimento flexible.
- Refuerzo flexible o bituminoso de pavimento rígido.

Este procedimiento es aplicable a pistas de aeropuertos o calles de carreteo.

La Portland Cement Association ha extendido el procedimiento al refuerzo rígido de pavimentos rígidos para carreteras.

FIG. 1 - DIAGRAMA DE DISEÑO PARA REFUERZO DE HORMIGÓN DE CALLES Y CARRETERAS
(A USAR CUANDO EXISTA UNA CAPA DE SEPARACION ENTRE LOSAS)

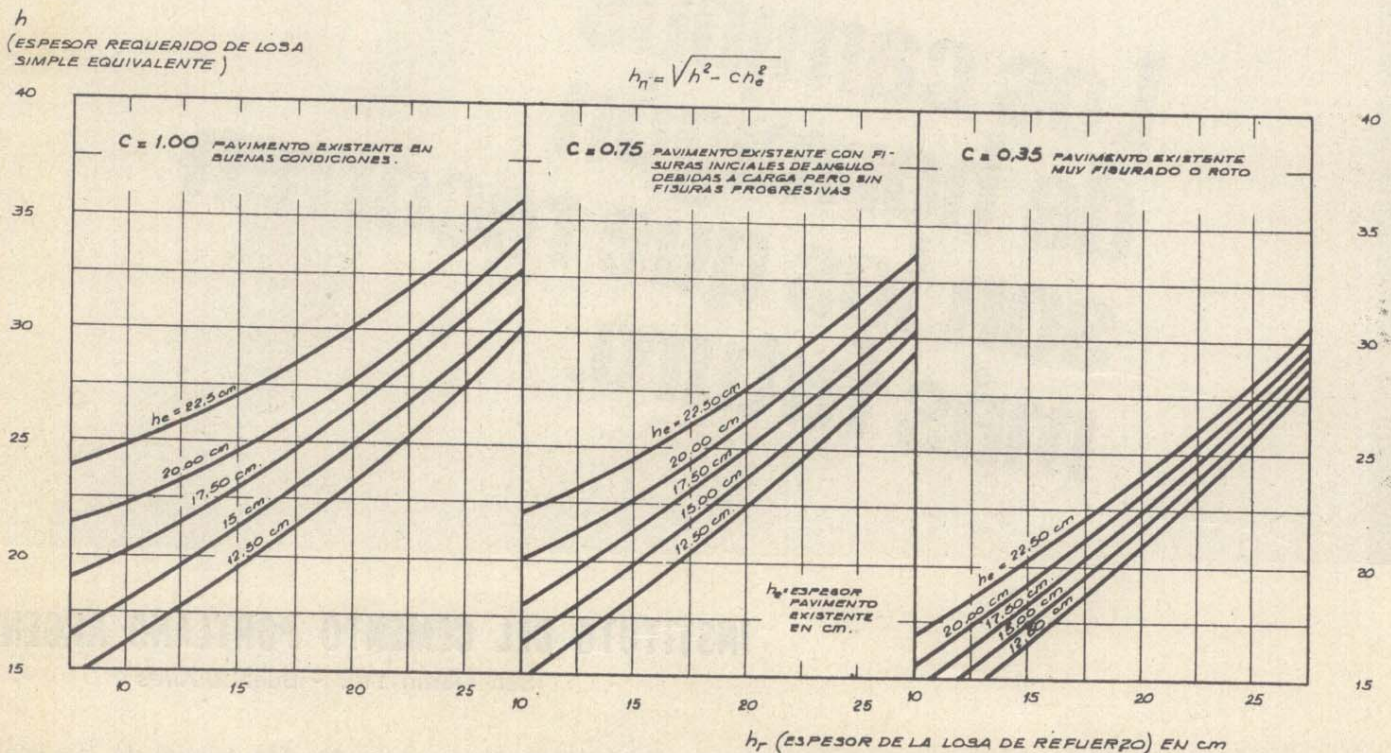
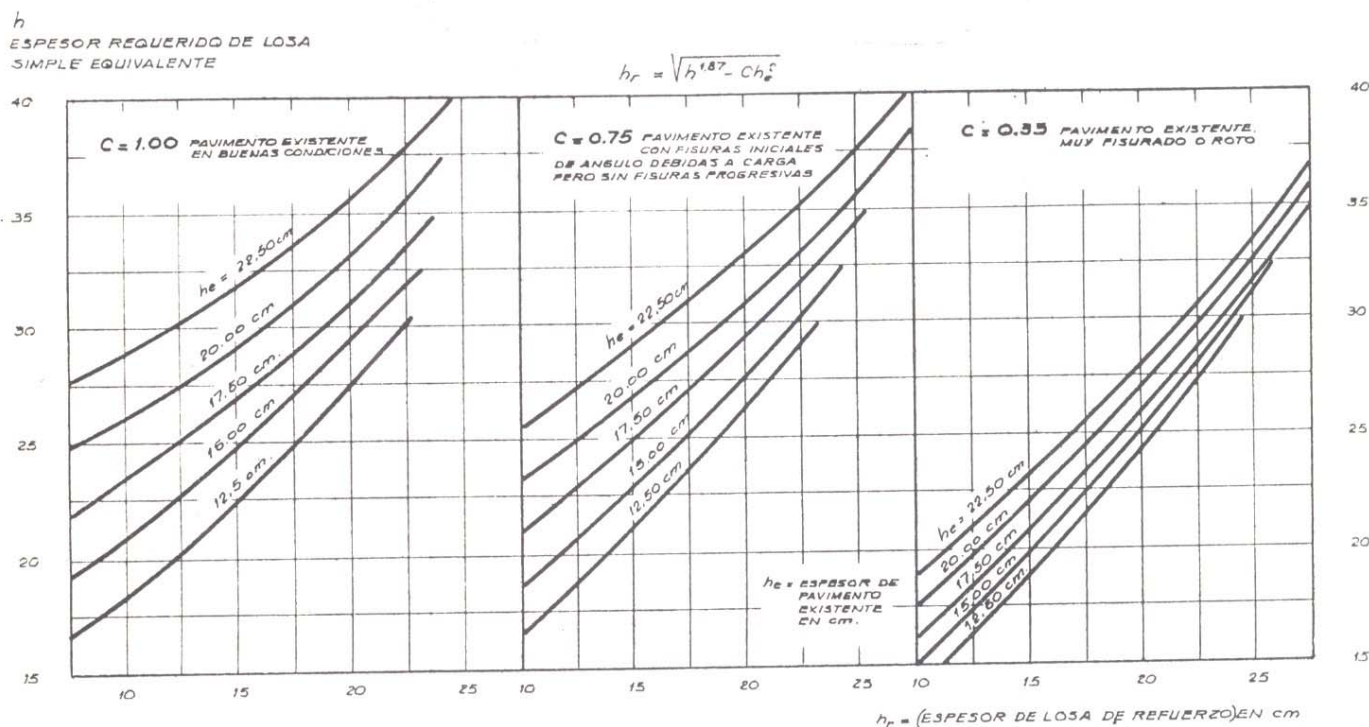


FIG. 2 - DIAGRAMA DE DISEÑO PARA REFUERZO DE HORMIGÓN DE CALLES Y CARRETERAS



Se describen a continuación los criterios y recomendaciones de estas dos últimas agencias, cuya eficacia está avalada por resultados prácticos, perteneciendo también a las mismas los diagramas que se reproducen.

II) Generalidades

La diferencia fundamental entre reconstrucción y refuerzo de pavimentos, consiste en que en el primer caso el pavimento existente es retirado, construyéndose otro nuevo en su lugar, en los refuerzos, el pavimento existente es utilizado tanto como sea posible. Los refuerzos pueden obedecer a dos causas: corrección de defectos superficiales para mejorar la transitabilidad o incrementar la capacidad de carga del pavimento existente. El criterio aquí considerado permite determinar el espesor requerido para incrementar la capacidad de carga de modo tal que el refuerzo, conjuntamente con el pavimento existente, sean de comportamiento equivalente a un pavimento rígido nuevo. El reconocimiento del pavimento existente permitirá fundamentar el tipo y espesor de refuerzo a utilizar y comprende la investigación y ensayos aptos para determinar áreas con fallas localizadas y las causas de dichas fallas, además de características de las capas componentes, incluyendo: módulo de reacción de subrasante, valor soporte, espesores, resistencia a flexión del hormigón, y estimación del coeficiente "C"; las propiedades a determinar dependen del tipo de refuerzo a construir.

III) Determinación del espesor del refuerzo

A) Refuerzo rígido del pavimento rígido

El espesor requerido se basa en la determinación de: cargas que soportará el pavimento, espesor y estado del pavimento existente, existencia o no de adherencia entre el pavimento existente y el refuerzo. Debe calcularse el espesor requerido de un pavimento rígido nuevo por métodos reconocidos (1); el valor "K" para diseño debe ser el del suelo bajo el pavimento existente.

El espesor del refuerzo variará según exista o no adherencia entre el pavimento existente y el refuerzo, pudiendo definirse tres casos:

- Si el pavimento existente y la losa de refuerzo pueden ser adheridos en forma tal que se comporten como una sola unidad y si además el pavimento existente no presenta roturas superficiales o deterioro, el espesor total del pavimento y refuerzo deben igualar al espesor de diseño para las cargas previstas.

En este caso debe asegurarse un alto grado de adherencia lo que requiere una preparación muy cuidadosa de la superficie del pavimento existente mediante tratamiento con ácido y aplicación de lechada de arena-cemento o

epoxy. Estos procedimientos son en general costosos por lo que sólo se recomiendan para casos especiales, tal como reacondicionamiento superficial. El espesor mínimo de refuerzo estaría limitado por el tamaño máximo de agregado de la mezcla, siendo la recomendación del Cuerpo de Ingenieros 5 centímetros.

- Si no puede obtenerse adherencia entre refuerzo y pavimento, el espesor de una losa simple de resistencia equivalente puede obtenerse mediante la fórmula (I), basada en la suposición de que el pavimento existente y la losa de refuerzo son de igual rigidez y actúan como dos vigas independientes con igual deflexión bajo carga, sin adherencia entre ellos; sólo debe usarse si la adherencia está anulada por capas bituminosas intermedias.

$$h = \sqrt{h_e^2 + h_r^2} \quad (I)$$

h : espesor necesario de pavimento rígido colocado directamente sobre la subrasante

h_e : espesor de pavimento de hormigón existente

h_r : espesor de refuerzo de hormigón

El estado del pavimento existente se tiene en cuenta mediante la introducción del coeficiente "C", con lo que la fórmula queda expresada:

$$h_r = \sqrt{h^2 - C \cdot h e^2} \quad (II)$$

Los valores de "C" son sugeridos por el Cuerpo de Ingenieros (2)

- C = 1,00 para losas en buenas condiciones, sin fisuras o con escasas fisuras estructurales.
- C = 0,75 cuando se evidencian fisuras incipientes por cargas con escasas o sin fisuras múltiples.
- C = 0,50 cuando un número mayor de losas evidencia fisuras múltiples, pero la mayoría de las losas están intactas o sólo tienen una grieta.
- C = 0,35 cuando la mayoría de las losas muestran grietas múltiples.

El estado del pavimento existente puede variar entre tramos, lo que justifica diseñar utilizando valores distintos de "C" en áreas diferentes. En las zonas donde las fallas se originen en una sub-rasante deficiente puede ser recomendable destruir las losas existentes, corregir la sub-rasante defectuosa y construir sobre la misma lasas nuevas.

- c) Para el caso de adherencia parcial, lo que sucede cuando no existen elementos que anulen la adherencia, el Cuerpo de Ingenieros utiliza la fórmula:

$$H_r = \sqrt[1,4]{\frac{1,4}{h} - C \cdot \frac{1,4}{h e}}$$

Si la resistencia a flexión del pavimento existente difiere de la del refuerzo, la fórmula se modifica del modo siguiente (3):

$$h_r = \sqrt[1,4]{\frac{1,4}{h} - C \cdot \frac{\sigma_e}{\sigma_r} \cdot \frac{1,4}{h e}} \quad (II')$$

σ_e : resistencia a flexión del pavimento existente

σ_r : resistencia a flexión del refuerzo

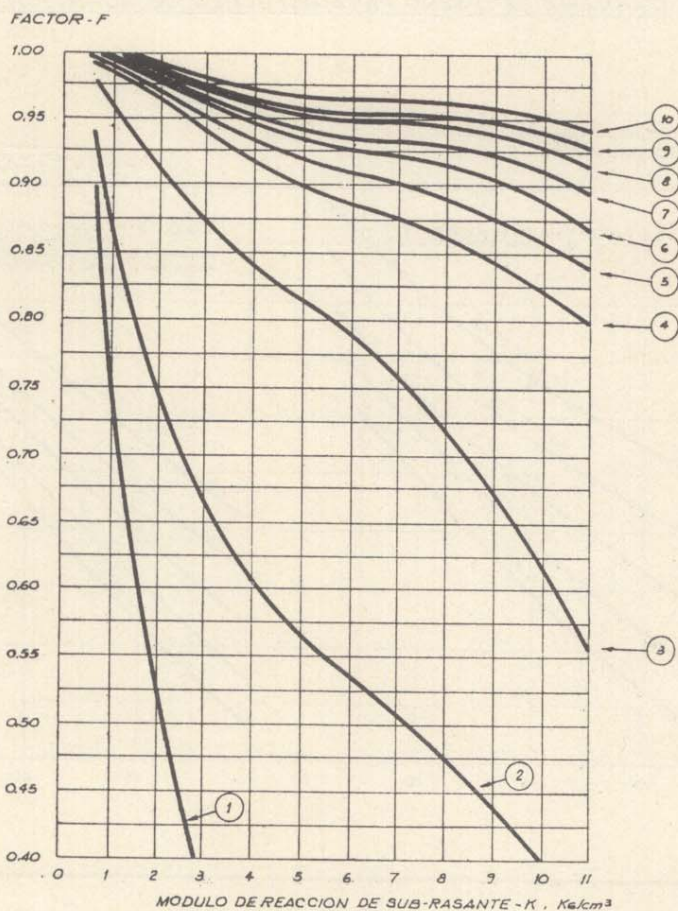
Portland Cement Association (4), recomienda para el caso de adherencia parcial, el uso de la fórmula:

$$h_r = \sqrt[1,87]{\frac{1,87}{h} - C \cdot \frac{2}{h e}} \quad (III)$$

Los resultados son similares a los que se obtienen utilizando la fórmula (II').

Mediante el uso de la fórmula (III) se obtendrán espesores adecuados a menos que se utilice una capa de separación o existan esquinas en las cuales el apoyo tenga lugar solamente en un borde como sucede en pavimentos que son reforzados sin ser ensanchados, por lo tanto cuando no se realiza ensanche integral junto con el refuerzo, éste debe determinarse mediante la fórmula (II).

FIG. 3 - PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE REFUERZO NO RÍGIDO.



NOTA:

- 1º) DETERMINAR EL ESPESOR DE DISEÑO DE PAVIMENTO h USANDO RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN Y K DE SUB-RASANTE
- 2º) DETERMINAR EL FACTOR F EN EL DIAGRAMA USANDO EL VALOR MEDIDO DE K . EL NÚMERO DE CURVA ES EL CORRESPONDIENTE AL ÍNDICE DE PAVIMENTO RÍGIDO.
- 3º) DETERMINAR EL ESPESOR DE REFUERZO NO RÍGIDO A PARTIR DE LA FÓRMULA $h_r = 2,5 \cdot (F \cdot h - C \cdot h e)$
- 4º) VALOR MÍNIMO DE $F = 0,40$. - SI $K > 11$ USAR F PARA $K = 11$.

Las figuras 1 y 2 que se reproducen permiten obtener gráficamente los espesores requeridos de refuerzo para los casos (b) y (c) entrando con distintos valores de h , $h e$ y C .

Existen además recomendaciones sobre espesores mínimos, cualesquiera sea el espesor obtenido por aplicación de las fórmulas. Para tránsito liviano, si el pavimento existente está en buenas condiciones, el refuerzo mínimo debe ser de 8 centímetros. Para tránsito liviano y pavimento existente en malas condiciones o para tránsito mediano el refuerzo mínimo debe ser de 10 centímetros. Para tránsito pesado el mínimo refuerzo debe ser de 13 centímetros. Estos mínimos no son aplicables al caso en que se asegure la adherencia mediante algún procedimiento especial.

B) Refuerzo rígido de pavimento flexible

En este caso los espesores de refuerzos rígidos se calculan en forma igual que para pavimentos convencionales rígidos, el valor K debiera ser determinado mediante ensayos de plato de carga sobre la superficie del pavimento existente; si esto no es posible, puede computarse un valor aproximado y conservativo de "K" sobre la base del número "N" de capas de 15 centímetros de espesor con valor soporte de 80 %, sobre la sub-rasante compactada.

Se estima para el cálculo que las capas bituminosas y estabilizadas son de valor soporte 80 %. La fórmula a aplicar es:

FIGURA 4

$$K_{\text{nuevo}} = K_o + (K_o - 0,7) \times N$$

K_o módulo de sub-rasante compactada
 $K_{\text{nuevo}} - K_o$: mayor o igual a 2,8

Usando " K_{nuevo} " y la resistencia a flexión del hormigón se determina el espesor requerido de refuerzo aplicando el método de diseño de pavimentos rígidos, con las siguientes limitaciones:

—No debiera usarse en ningún caso un valor " K ", mayor de 14 Kg/cm².

—El ensayo de plato de carga sobre el pavimento flexible existente debe realizarse cuando la temperatura ambiente es la que corresponde al período más cálido del año.

Un caso particular de refuerzo rígido de pavimento flexible es aquel en que el pavimento existente consta de un pavimento de hormigón de base. Si sobre éste último existen menos de 10 centímetros de material bituminoso, el espesor de refuerzo rígido se calcula usando la fórmula del caso A) sin adherencia.

Si en cambio existen más de 10 centímetros de refuerzo totalmente bituminoso o flexible, el espesor de refuerzo rígido debe calcularse según el caso general de refuerzo rígido de pavimento flexible.

C) Refuerzo no rígido de pavimento rígido

El Cuerpo de Ingenieros (5) proporciona un método cuya aplicación a carreteras está restringida, ya que en general se aplica a accesos a aeropuertos.

Distingue dos casos: refuerzo totalmente asfáltico y refuerzo flexible. La selección del tipo de refuerzo a considerar depende del espesor del refuerzo requerido. Generalmente debiera usarse refuerzo flexible cuando el espesor requerido de refuerzo admita la incorporación de una capa compactada de material de base de alta calidad de 10 centímetros de espesor mínimo más el espesor necesario de capas de concreto asfáltico. Para espesores menores debe usarse refuerzo totalmente bituminoso.

El espesor de refuerzo no rígido requerido para incrementar la capacidad de carga de un pavimento rígido se basa en la fórmula:

$$H_r = 2,5 F \cdot h - C \cdot h_e \quad (IV)$$

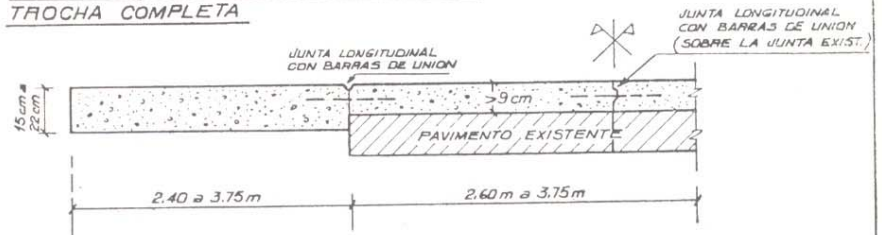
h : espesor de pavimento rígido necesario, para " K " de la sub-rasante existente y resistencia a flexión del pavimento existente.

F : valor obtenido de la figura 3 usando " K " de la sub-rasante, el Índice de Diseño se obtiene aplicando el método de diseño del Cuerpo de Ingenieros para pavimentos flexibles (5).

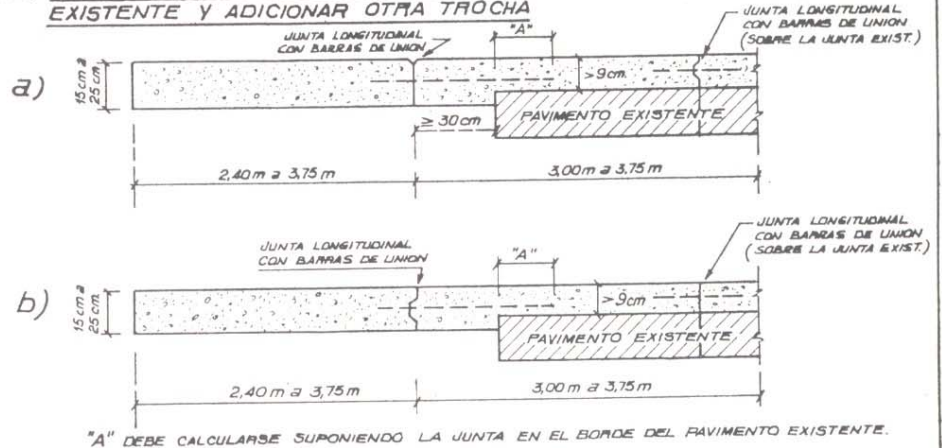
C : depende de la condición estructural del pavimento existente.

Se considera en la fórmula que 1 centímetro de pavimento rígido equivale a 2,5 centímetros de concreto asfáltico.

I) REFUERZO Y ENSANCHE CUANDO EL ANCHO ADICIONAL ES UNA TROCHA COMPLETA



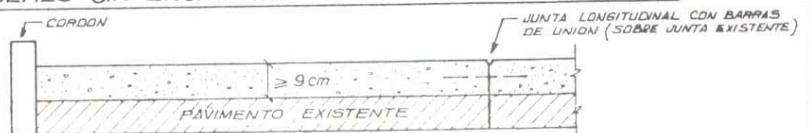
II) REFUERZO Y ENSANCHE CUANDO DEBE ENSANCHARSE LA TROCHA EXISTENTE Y ADICIONAR OTRA TROCHA



III) REFUERZO Y ENSANCHE CUANDO EL ENSANCHE ES DE ANCHO INFERIOR AL ANCHO DE UNA TROCHA



IV) REFUERZO SIN ENSANCHE CUANDO EXISTEN CORDONES



ESPESOR MINIMO DE CAPA SUPERFICIAL Y BASE
TABLA N° 1

V.S.R. MINIMO DE BASE						
Indice de diseño	100		80		50	
	Superficie (cm)	Base (cm)	Superficie (cm)	Base (cm)	Superficie (cm)	Base (cm)
1	Trat. simp.	10	Trat. mult.	10	5	10
2	Trat. mult.	10	4	10	6	10
3	4	10	4	10	6	10
4	4	10	5	10	8	10
5	5	10	6	10	9	10
6	5	10	8	10	10	10
7	6	10	8	10	10	10
8	8	10	9	10	11	10
9	8	10	9	10	11	10
10	9	10	10	10	13	10

El espesor totalmente bituminoso debe ser como mínimo de 10 centímetros para reducir a un mínimo las grietas reflejas del pavimento rígido de base.

La aplicación de la fórmula puede llevar a veces a diseñar refuerzos de espesor mayor al realmente necesario, lo que ocurre cuando la resistencia a flexión del pavimento existente es igual o menor a 28 Kg/cm², o cuando "K" es mayor que 5,6 Kg/cm³. En estos casos debe considerarse que el pavimento rígido de base es de valor soporte 100 % verificándose como refuerzo flexible de pavimento flexible.

Los refuerzos flexibles se diseñan tomando como base las recomendaciones de la tabla Nº 1.

IV) Detalles constructivos para refuerzo rígido de pavimentos rígidos.

En los refuerzos deben colocarse juntas en coincidencia con las juntas del pavimento existente, de lo contrario es probable que produzcan, en esos lugares, fisuras reflejas.

No es necesario que las juntas de refuerzo sean del mismo tipo que los existentes, así por ejemplo, si las juntas de expansión están muy juntas en el pavimento existente, las mismas pueden espaciarse más en el refuerzo, construyendo algunas juntas de construcción sobre las de dilatación existentes.

Las juntas transversales de contracción en refuerzos no deben espaciarse más de 6 metros, o menos aún según sea el tipo de agregado utilizado en el hormigón. Si las

losas de refuerzo son más cortas que las del pavimento original, el espaciamiento existente debe dividirse en longitudes iguales que no excedan 6 metros.

Deben colocarse pasadores en los refuerzos en todas las juntas de expansión y en las primeras 6 a 10 juntas de contracción a cada lado de la junta de dilatación.

Los pasadores deben espaciarse aproximadamente 30 centímetros y su diámetro debe ser menor que 1/6 del espesor de refuerzo.

Las juntas de contracción y longitudinales podrán ser "de ranura simulada", "premoldeadas" o "aserradas", la profundidad debe ser de 1/4 a 1/5 del espesor del refuerzo, las juntas longitudinales deben dividir al refuerzo en trochas de hasta 3,75 metros de ancho. Deben colocarse barras de unión a través de todas las juntas longitudinales de refuerzo, el tamaño y longitud de barras debe computarse empleando el método convencional para pavimentos de hormigón, si no existen barras de unión en el pavimento a reforzar, debe usarse en el cálculo el espesor total de ambas losas, de lo contrario se calculan usando sólo el espesor del refuerzo.

Los ensanches construidos en conjunto con refuerzos de hormigón son de dos tipos: de ancho necesario para ensanchar losas existentes o bien para obtener trochas adicionales. En el primer caso los ensanches verían entre 30 y 90 centímetros y deben ser construidos integralmente con el refuerzo; si el pavimento existente posee juntas longitudi-

nales centrales, el ensanche debe realizarse en anchos iguales a ambos lados para que la junta central coincida con la existente.

Si se adicionan trochas completas simultáneamente con el ensanche y refuerzo de losas existentes, deben colocarse barras de unión entre los ensanches y las nuevas trochas, extendiéndolas en longitud suficiente en el refuerzo para desarrollar una adherencia igual a la resistencia a tracción de la barra. Se esquematizan los diferentes tipos posibles de ensanches en la figura 4.

Las mezclas utilizadas en refuerzos deben ser de resistencia igual a la del pavimento a reforzar, aunque el tamaño máximo de agregado no debe ser mayor que 1/3 del espesor del refuerzo.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Nuevos conceptos y métodos para el diseño estructural del pavimento de hormigón —Ing. Raúl A. Colombo— Instituto del Cemento Portland Argentino.
- (2) TM-822-6/AFM 88-7 Corps of Engineers U.S. Army.
- (3) Diseño estructural de pavimentos - División Transportes - Universidad de California - Robert Horonjeff - Apuntes de clase.
- (4) The design and construction of concrete resurfacing for old pavements. Concrete information-Portland Cement Association.
- (5) TM-822-5 Roads, streets, walks and open storage areas, flexible pavement design- Corps of Engineers U.S. Army.

CANTERA

EL PEREGRINO

ruta 3 — KM. 333 — AZUL — PROVINCIA DE BUENOS AIRES

PIEDRA GRANITICA TRITURADA PRIMERA CALIDAD

Para Hormigones - Tratamientos y Carpetas Asfálticas

EL PEREGRINO S.A.

MAIPU 325 - 10º PISO "C"

TEL. 49-0049/5108

UNA EMPRESA DE ARGENTINOS CONSTRUYENDO PARA EL PAIS

— COMPLEJO HIDROELECTRICO DE	FUTALEUFU	CON	AGUA Y ENERGIA
— PLANTA DE PELETIZACION DE	SIERRA GRANDE	CON	HIPASAM
— EXCAVACIONES DE GALERIAS Y CHIFLONES EN	RIO TURBIO	CON	Y.C.F.
— TRANSFORMACION DE UNA PLANTA DE AMONIACO EN	RIO TERCERO	CON	FABRICACIONES MILITARES
— OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA LA RECEPCION DE PETROLEO Y CABECERA DE BOMBEO DEL FUELODUCTO EN	LA PLATA	CON	Y.P.F.
— AMPLIACION DEL ELEVADOR TERMINAL DE GRANOS EN	PUERTO NUEVO	CON	DIRECCION NAC. DE ELEVADORES DE GRANOS
— BARRIO DE VIVIENDAS EN	SAN FERNANDO		PLAN 17 DE OCTUBRE



El Cálculo de Replanteo de Distribuidores de Tránsito Resuelto Mediante la Aplicación de Calculadoras Automáticas Programables

Por el Arqto. Roberto C. Marengo y el Sr. Eduardo L. de la Barra

Un tema que siempre ha preocupado a los proyectistas viales, ha sido la tarea que representa el cálculo de un distribuidor de tránsito, trabajo sumamente engorroso, que insueme gran cantidad de tiempo de personal especializado, con alta probabilidad de cometer errores difíciles de detectar, especialmente en el cálculo de coordenadas para replanteo de bordes de calzada. La aplicación de una calculadora automática programable provista de una adecuada serie de programas diseñados para la resolución de problemas geométricos clásicos proporciona una solución rápida, económica y sumamente precisa a este viejo problema, sin tener que recurrir al costoso uso de grandes computadoras con las cuales no se ha llegado aún a resultados aceptables que lo justifiquen, al menos en nuestro medio.

Las experiencias realizadas con la calculadora automática de mesa demuestran las ventajas que se derivan de su uso, y los importantes ahorros de tiempo y mejoramiento de la eficiencia que pueden conseguirse mediante su utilización, en beneficio del proyectista en general y de la calidad del proyecto en particular.

ELEMENTOS NECESARIOS

Para la aplicación de la calculadora a la resolución del replanteo de un distribuidor, se necesita contar con un diseño aprobado del distribuidor, en escala 1:1000 como mínimo, dibujado en forma precisa. El grado de definición del distribuidor diseñado dependerá del nivel técnico del operario a cargo del cálculo, y en especial de su grado de conocimiento de las normas de diseño en lo que se refiere a detalles, como ser la forma de narices y ramas, anchos de calzada y radios de giro, etc.

Se necesitará también una serie de programas para resolver problemas geométricos, cuya elaboración, al principio, insumirá un tiempo aparentemente excesivo, pero que, como se verá más adelante resultará insignificante en comparación con los beneficios prestados, ya

que quedan disponibles para su uso cuantas veces se desee.

Estos programas se elaboran de acuerdo al proceso detallado a continuación.

PROCESO DE ELABORACION DE UN PROGRAMA

1) *Planteo y definición del problema.* En esta etapa es necesaria la intervención de la persona que conozca más profundamente el problema, para que lo defina y presente al equipo encargado de su resolución, aclarando a su entender todas las características del mismo. (Se hace notar que el tipo de problema puede ser referente a cualquier rama cuantitativa de la técnica y la administración, p. ej. geometría, contabilidad, estadística, etc.).

2) *Resolución matemática.* Una vez conocido y planteado el problema, la persona que lo presenta en estrecha colaboración con el programador, lo reducirá a una o varias expresiones matemáticas que permitan su resolución secuencial con la calculadora, tratando de aprovechar al máximo la capacidad de la misma para efectuar operaciones repetitivas automáticamente.

3) *Generalización.* Aún cuando las expresiones matemáticas de la resolución del problema sean correctas, puede suceder (y ha sido muy frecuente en los casos particulares resueltos) que no contemple los casos límites o especiales en los cuales dichas expresiones no sean aplicables, y haya que considerar especialmente la solución de estas situaciones, p. ej. casos límites o indeterminados de problemas geométricos.

4) *Confección del programa.* El programa con que trabaja este tipo de máquinas es una grabación de la secuencia de operaciones manuales necesarias para resolver un determinado problema en una calculadora común, a partir de una cierta cantidad de datos, y la capacidad de almacenar números en memorias para su oportuna utilización. Además incluye la

importante posibilidad de tomar decisiones lógicas basadas en el método de comparaciones de números, que determinan la bifurcación del recorrido de la programación en un sentido predeterminado a voluntad. Resulta entonces fundamental analizar y convertir las expresiones matemáticas citadas anteriormente en una secuencia de operaciones unitarias de orden lógico, que vayan manejando los datos de tal manera que se llegue al resultado correcto con un mínimo de pasos, y la mayor claridad operativa posible, de manera de aprovechar totalmente la capacidad de la máquina y permitir correcciones o modificaciones al programa en forma fácil y rápida, de ser necesarias.

5) *Clarificación operativa.* Si la máquina cuenta con un impresor alfabético, esta etapa consistirá entonces fundamentalmente en agregar títulos y leyendas a los programas, de modo que pidan directamente los datos del problema en el orden correcto durante su ejecución, así como la identificación de los resultados y las instrucciones al operador para los casos en que a mitad del programa deban tomarse decisiones no susceptibles de ser programadas. Esta incorporación de títulos permite el uso e interpretación más fácil y claro de cada programa, por el operador o por terceros, quienes tendrían acceso de esta forma a la resolución de un problema sin necesidad de conocer su planteo matemático.

Aplicando este sistema se ha desarrollado una serie de programas, para algunos de los cuales se detallan sus características someramente en el cuadro N° 1, consitiendo la mayoría de ellos en la resolución de problemas geométricos simples, pero que calculados con los métodos tradicionales como el uso de una calculadora eléctrica común y tablas trigonométricas y otras específicas para el diseño de caminos, resultan sumamente largos y laboriosos, cuando no repetitivos.

En la elaboración de estos programas, se invirtió un tiempo de programación (T.P.) que figura en la primera columna de la derecha indicado en horas de trabajo de un programador-calculista.

CUADRO N° 1

N°	CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA	T. P. Horas	Tiempo de Resolución Manual (Minutos)
1	Dadas dos rectas por coordenadas de 1 punto y pendiente de c/u y un radio cualquiera, calcula: Intersección de las rectas, y centro y puntos de tangencia de las circunferencias de radio dado inscripto.	30	30
2	Dado el centro de una curva circular, el radio, y el principio y fin de curva, calcula: tangente, externa, coordenadas del vértice, ángulo al centro, desarrollo y coordenadas de puntos intermedios de arco según un intervalo prefijado.	35	120
3	Dadas dos circunferencias por las coordenadas de sus centros y sus radios, da los puntos de tangencia de las tangentes externas o internas a las mismas	35	60
4	Dadas dos rectas por un punto y la pendiente, o por dos puntos de c/u , calcula las coordenadas de las intersecciones.	8	20
5	Dados un punto y una circunferencia (centro y radio), calcula las intersecciones de la circunferencia con la recta que pasa por el punto y el centro, y sus distancias al punto dado.	4	30
6	Dadas las coordenadas de un punto en un sistema cartesiano, calcula las nuevas coordenadas del punto respecto de un nuevo sistema girado y trasladado.	18	30
7	Dadas dos circunferencias secantes, calcula las coordenadas de sus intersecciones.	35	50
8	Dadas una circunferencia cualquiera y una recta secantes, calcula las coordenadas de sus intersecciones.	12	30
9	Dadas dos circunferencias cualesquiera y un radio, inscribe una tercer circunferencia en las dos dadas, calculando centro y puntos de tangencia.	36	90
10	Dadas dos rectas por: coordenadas de un punto y pendiente de c/u y tres radios, resuelve la curva de tres centros calculando los puntos característicos, centros, desarrollos, tangentes y ángulos.	12	90
11	Dados un punto y un azimut de partida, y sucesivos radios y longitudes de arco, calcula las coordenadas de los sucesivos puntos de tangencia y centros de las circunferencias que conforman la curva múltiple, para cualquier sentido de giro e incluyendo tramos rectos si los hubiera	3	120°
12	Dados los datos que definen una espiral, calcula las coordenadas de cualquier punto de la misma, o de una paralela a ella, y la pendiente de la curva en ese punto.	6	40
13	Dados el radio, el ángulo de las tangentes, y la longitud espiral de una curva circular con transiciones, calcula todos los elementos de la espiral, inclusive coordenadas intermedias y todos los elementos de la curva total.	20	60
14	Distancia de un punto a una recta, dada por un punto de la misma y su pendiente.	5	10
15	Resolución de una poligonal de n lados, error de cierre y superficie	10	variable
	TOTAL	270	
	* Para un caso de 5 curvas sucesivas.		

El tiempo promedio que llevaría resolver un determinado caso mediante dichos métodos clásicos, se indica en la columna de la derecha como "tiempo de resolución manual" (TRM).

Por otra parte, si bien el tiempo de resolución de cada problema mediante la calculadora es prácticamente nulo, debe computarse el tiempo de llenado de planillas, introducción y evaluación de datos, planteo de los distintos problemas y cierta cantidad de tiempo utilizado en cálculos auxiliares no susceptibles de ser programados, pero de rápida solución, por contar este tipo de máquinas con acceso directo a funciones matemáticas de uso frecuente.

Se hace notar que el tiempo total empleado para la elaboración de los programas indicados en el cuadro N° 1 fue de 270 horas de trabajo de un calculista-programador.

METODO OPERATIVO

A partir del diseño del distribuidor en escala se elige el sistema de ejes de referencia más conveniente. En general el origen de coordenadas, para una intersección de ejes de proyecto rectos, coincidirá con el punto de intersección, como lo aconseja la Dirección Nacional de Vialidad. Luego, cuando sea necesario se fijarán coordenadas a los puntos de partida para el cálculo tal como se procedería en un cálculo del tipo "manual".

Evidentemente esto surgirá del análisis de cada caso y en general el objetivo a seguir es el de reducir los problemas que se vayan presentando al "recorrer" el distribuidor, a otros tipos geométricos más simples que permitan la aplicación directa de algunos programas disponibles, que según las experiencias realizadas abarcan casi la totalidad de los casos posibles.

Al mismo tiempo, la existencia del programa, al facilitar en gran forma la tarea provoca un aumento de la aplicación de tal solución, de manera que ciertos cálculos engorrosos y/o difíciles, resultan ahora utilizados con una frecuencia mucho mayor que la habitual redundando en una mayor precisión en muchas tareas, además del obvio ahorro de tiempo.

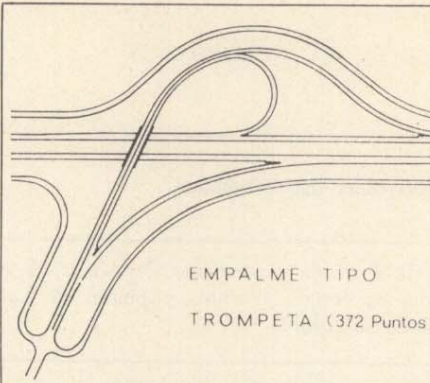
EJEMPLO PRACTICO

Se muestra un caso concreto de cálculo de coordenadas de replanteo de un distribuidor, para poder establecer comparaciones respecto del procedimiento convencional. Se trata de un distribuidor de empalme de tipo "trompeta", cuya planimetría se agrega.

Se calcularon en este trabajo las coordenadas de 372 puntos en total, entre puntos auxiliares de replanteo de curvas, centro y principio y fin de las mismas, centros de narices y puntos del límite de la zona de camino.

En total este distribuidor consta de 22 curvas. Como se desprende de la planimetría, se trata de un distribuidor relativamente sencillo.

CUADRO N° 2



1	2	3	4
Nº DE PROGRAMA	Nº DE VECES UTILIZADO	T.R.M. (UNITARIO)	T.R.M. (TOTAL)
1	8	30m	4 h
2	50	120m	100 h
3	4	60m	4 h
4	3	20m	1 h
6	6	30m	3 h
7	8	50m	6 h 40 m
8	5	30m	2 h 30 m
9	5	90m	7 h 30 m
13	5	60m	5 h
14	2	10m	0 h 20 m

Tiempo total de resolución manual = 134 h

El cuadro N° 2 detalla cuales programas resultaron necesarios para el cálculo de dicho replanteo, (columna 1) y la cantidad mínima de veces que fueron utilizados, (columna 2).

En la columna 3 figura el tiempo que hubiera llevado resolver "manualmente" el mismo problema geométrico una sola vez (T.R.M. = tiempo de resolución manual) y por último en la columna 4 se indica el producto de las columnas 2 $\times$ 3, de manera que la suma de toda la columna nos muestra el tiempo teórico de resolución manual de todo el distribuidor, en este caso 134 hs.

Debe hacerse notar que el total obtenido por la suma de la columna 4 es una aproximación teórica, ya que en la resolución manual se utilizan métodos que difieren en muchos casos de los utilizados en la resolución automatizada; sin embargo, la cifra obtenida aparece como perfectamente lógica al compararla con los resultados reales de trabajos similares efectuados anteriormente.

El tiempo real de resolución para el distribuidor del ejemplo con el uso de la calculadora automática fue de 16 horas, incluyendo el tiempo empleado en llenado de planillas, introducción y evaluación de datos, planteo de problemas y preparación de todos los datos necesarios para comenzar su dibujo definitivo.

Teniendo en cuenta que el tiempo de preparación de los programas del cuadro 2 fue de 235 hs en total, se puede determinar con cuántos distribuidores similares al del ejem-

plo, calculados automáticamente se "amortizará" el tiempo de programación.

Suponiendo que n es el número de distribuidores similares, calculados, se tendría:

Tiempo de programación	235 hs
Tiempo de resolución automática de n distribuidores	$16 \times n$ hs
Tiempo total de programación y resolución automática	$(235 + 16n)$ hs

En la operación manual clásica, se tendría:
Tiempo total de resolución manual de n distribuidores = $134 \times n$ horas.

La amortización se produciría cuando

$$(235 + 16n) \text{ horas} = 134 \times n \text{ horas}$$

$$n = \frac{235}{134 - 16} = 2$$

ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS

Si consideramos una retribución de \$ 40 por hora para un proyectista calculista que efectúe el trabajo en forma convencional, obtenemos un costo de \$ 5.360 para el cálculo completo de 1 distribuidor. En el caso que nos ocupa, el tiempo de resolución automatizada fue de 16 horas, que multiplicado por la retribución horaria considerada anteriormente nos da la cifra de \$ 640.—

Resulta entonces:

Costo de resolución manual	\$ 5.360
Costo de resolución automatizada	\$ 640
DIFERENCIA	\$ 4.720

En el ejemplo desarrollado bastaría con dos distribuidores para "amortizar" el tiempo de programación, y a partir de esa cifra la diferencia de costos de resolución se aplicaría a la amortización del costo de la máquina. Si este costo fuera C, y el número total de distribuidores fuera N, se podría plantear la siguiente relación:

$$C = \frac{(N - 2) \times 4720}{N + 9440}$$

$$\therefore N = \frac{4720}{4720}$$

Si admitimos que el costo de la computadora C = 120.000, tendríamos:

$$N = \frac{120.000 + 9.440}{4720} = 27$$

es decir que bastaría calcular 27 distribuidores del tipo considerado para amortizar los costos de la programación y de la computadora.

Resulta muy importante destacar que este ahorro se obtendría computando únicamente la utilidad que dicha técnica brinda en relación con el cálculo de coordenadas para el replanteo de distribuidores, y restaría efectuar un análisis completo de los beneficios que representan los demás usos que se le dan actualmente (rasantes, desagües, cómputos, etc.).

Se puede afirmar sin demasiado error que la cantidad de trabajo requerida por el cálculo de un distribuidor es proporcional a la cantidad de puntos resueltos. De esta manera y tomando el distribuidor del ejemplo como base se podría efectuar un cálculo del ahorro de tiempo que implicaría el uso de esta técnica para algunos de los tipos más corrientes de distribuidores proyectados hasta la fecha.

Del cuadro Nº 3 y en forma directa, se puede estimar aproximadamente el ahorro realizado.

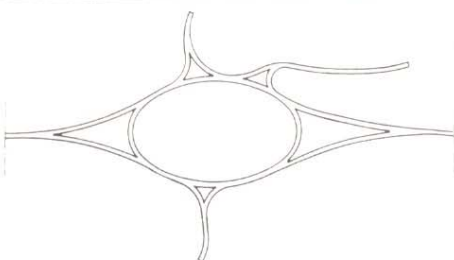
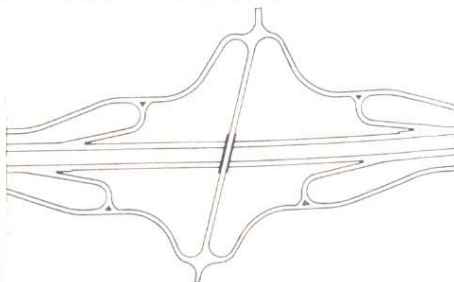
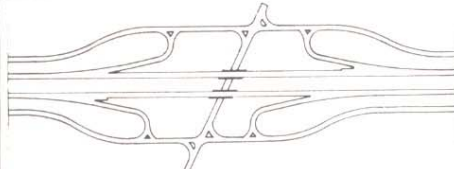
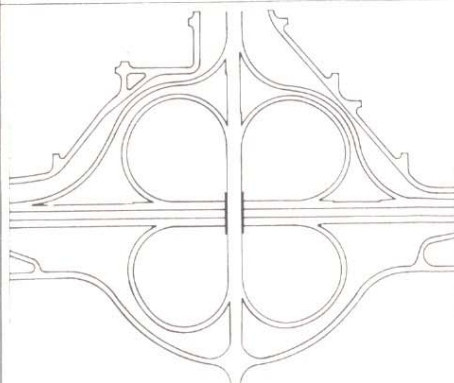
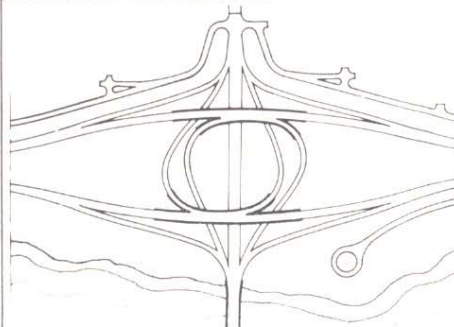
En la primera columna del cuadro se han dibujado los distintos tipos de distribuidores estudiados, para los cuales se calculó el tiempo de resolución manual (TRM) que figura en la tercera columna; en la cuarta columna se colocó el tiempo de resolución automática real (T.R.A.) empleado en el cálculo con la calculadora automática programable; por último, en la quinta columna consta el ahorro de tiempo estimado como diferencia de tiempo de ambos métodos.

Así vemos que para una rotonda a nivel, de 600 puntos aproximadamente, se consiguió un ahorro de tiempo de 174 horas; para un diamante con la calzada transversal en alto nivel, un ahorro de 156 horas; para un diamante con la calzada transversal bajo nivel se ahorraron 128 horas, para un trébol de 4 hojas completo se ahorraron 223 horas y en el cálculo de un distribuidor multidireccional se ahorraron 205 horas. Por supuesto que estos valores son elásticos, y se deben considerar con amplitud, según cada caso.

Las diseños que figuran en este cuadro han sido seleccionados de trabajos reales efectuados recientemente, y se puede asegurar que los resultados fueron altamente satisfactorios, porque aparte de las ventajas descriptas, para el proyectista la tarea se vuelve grata al poder apreciar rápidamente, los resultados buscados. Seguramente el lector interiorizado del problema, podrá encontrar en los ejemplos mostrados alguna similitud con trabajos realizados, y extraer sus propias conclusiones en cuanto al ahorro de tiempo.

Cabe aclarar que en todos estos análisis tampoco se ha considerado el trabajo de recalcular algunos sectores de los distribuidores, a veces importantes, debido a cambios de criterio por parte de las autoridades de la Dirección Nacional de Vialidad o la Empresa que tiene a su cargo la revisión del proyecto, así como a otros factores. La inclusión de estas consideraciones haría más favorable aún el

CUADRO Nº 3

TIPO DE DISTRIBUIDOR ESTUDIADO	DESIGNACION DEL DISEÑO			
	PUNTOS CALCULADOS	TRM (hs.)	T.R.A. (hs.)	DIFERENCIA (hs.)
	ROTONDA A NIVEL			
	600	200	26	174
	DIAMANTE TRANSVERSAL			
	550	180	24	156
	DIAMANTE LONGITUDINAL			
	500	150	22	128
	TREBOL DE 4 HOJAS			
	850	260	37	223
	MULTIDIRECCIONAL			
	800	240	35	205

balance hacia la resolución automatizada.

Otra consideración importante es que, si bien el ahorro de tiempo se ha computado como ahorro de dinero, no en todos los casos la relación es constante. Dicho de otra manera, en determinadas circunstancias el ahorro

de tiempo es un factor definitorio, ya que ciertos trabajos con fecha de entrega urgente ni siquiera podrían encararse de no contar con medios rápidos para solucionarlos, o bien el costo crecería en forma totalmente desproporcionada.

S A O P I M

*Construyendo caminos para el
desarrollo Latinoamericano*

Argentina

Costa Rica

Honduras

Paraguay

Venezuela

*5 DE OCTUBRE
"DIA DEL CAMINO"*



Otra Empresa Argentina
que hace al país

5 de octubre

DIA DEL CAMINO

PROYECTOS DE AUTOPISTAS:

- La Plata - Buenos Aires: Tramo común con el Acceso Sudeste
- Costera de la Ciudad de Buenos Aires
- Accesos Este y Sud a Mendoza
- Avenida de Circunvalación de Bahía Blanca
- Avenida de Circunvalación de San Miguel de Tucumán (en preparación)
- Ruta 215 - La Plata - Etcheverry

PROYECTOS DE CAMINOS Y PUENTES:

- Diversas obras en distintas zonas del país

ESTUDIOS DE INGENIERIA PARA LA DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA DE OBRAS VIALES:

- Región del Comahue
- Accesos a San Miguel de Tucumán

SUPERVISION DE OBRAS VIALES:

- 828 Km en distintas zonas del país, para la Dirección Nacional de Vialidad.

consultores argentinos asociados s.a.
CADIA

LIBERTAD 1039 TEL. 41-4785/3564 - BUENOS AIRES

ADHESION DEL

CONSORCIO AUTOPISTA MENDOZA

WELBERS INSUA S.A.C. y F.

HTA HOCHTIEF ARGENTINA S.A.C. e I.

PENTAMAR S.A.C.I.C.A. y F.

CONSULBAIRES INGENIEROS CONSULTORES S. A.

5 de Octubre - DIA DEL CAMINO

MAIPU 554 - 3º y 4º Pisos

Tel. 392-1925 - 2377

La
*Comisión Permanente
del Asfalto*
Saluda a la

Asociación Argentina
de Carreteras

y

LE REITERA SU ADHESION POR SU CONSTANTE LABOR EN
FAVOR DE LA VIALIDAD ARGENTINA.

5 de octubre
DIA DEL CAMINO

INGENECO S. A. CONSULTORES DE INGENIERIA

EN ADHESION AL DIA DEL CAMINO

CORRIENTES 640 - 2º Piso

Tel. 45-8246

SAE

SOCIEDAD ARGENTINA DE ESTUDIOS

PLANEAMIENTO DE TRANSPORTE
INGENIERIA VIAL

PROYECTO
SUPERVISION DE OBRA

ESTRUCTURAS
INGENIERIA DE TRANSITO

Adhesión al Día del Camino

CALLAO 1134 - BUENOS AIRES - ARGENTINA
TELEFONO 44-0547/1166
CABLES - SAESTUDIOS

ORGANTEC SOCIEDAD ANONIMA DE CONSULTORES

Adhesión al Día del Camino

Oficinas: Córdoba 632 - 3º

Laboratorio: Chenaur 1778 - Bs. Aires

Tel. 392-9579

392-8519

NOVOBRA

EMPRESA CONSTRUCTORA S. R. L.

En adhesión al Día del Camino

Hipólito Yrigoyen 1628, p. 12

Capital Federal

46-7238/39

Los Fanáticos...
de la calidad Dunlop
ya somos tantos que nos
cruzamos en todas las rutas.

D-101

Aguante a toda prueba,
por más y más kilómetros.
Resistencia y rendimiento
extraordinarios, ideal para
transporte en terrenos
agresivos, rutas y
caminos de tierra.

SUPERVIA HR

Rendimiento excepcional.
Para uso profesional de transporte
en ciudad y caminos pavimentados.
Diseñada y construida para resistir
el desgaste en calles destructoras
de neumáticos.



DUNLOP

Calidad para los que van adelante.



Ruta 3 — D.N.V. — Tierra del Fuego

En Tierra del Fuego, Y EN TODO EL PAIS ALCANTARILLAS ARMCO

LAS ESTRUCTURAS **ARMCO** EN SUS DIVERSOS TIPOS, CONSTITUYEN LA SOLUCION RACIONAL EN MATERIA DE OBRAS DE ARTE Y DESAGÜES AL REDUCIR AL MINIMO DE TEMPO EL PERIODO DE SU CONSTRUCCION, POSIBILITANDO ASI LA RAPIDA HABILITACION DE LA OBRA CON LAS VENTAJAS QUE ELLO REPORTA A LA COMUNIDAD.

Para información adicional:
ARMCO ARGENTINA S.A.I.C.
División Productos Ingeniería
Corrientes 330 - Tel. 31-6215 - Bs. Aires

Sucursales: Córdoba: Humberto 1º 525
Tel. 28157
Rosario: Córdoba 1749 - Tel. 24302

ARMCO ARGENTINA S.A.I.C.

